

# 中子的自述

谢谔成

编辑同志让我给高能物理学爱好者写几句话，因为今年是我被命名的五十周年纪念。

## 我的命名

在物理学发展史上的这个划时代事件，应归功于当年伦敦皇家学会会员、后来的诺贝尔奖金获得者查德威克先生，是他首先认出了我的身份。德国的博脱教授也是值得一提的，当年，他和他的朋友贝克尔在一次实验中，发现了从受 $\alpha$ 粒子轰击的铍板上发出的一种比质子穿透力更强的辐射，他俩着实惊讶了一番，也思索了许久，却没有迈出决定性的一步，最终在实验纪录上写下“发现高能 $r$ 量子”这样错误的结论。如果不敢大胆提出新思想，新现象就会在自己鼻子尖下偷偷溜走，我真为他俩可惜！毕竟，他俩发现的这种现象还是引起了物理学家的兴趣，例如法国的约里奥·居里夫妇，但他们也未提出新的见解，只是简单地重复了前面的结论：“穿透力极强的 $r$ 射线”。1932年2月，卢瑟福的学生查德威克先生给某杂志编辑部的信中认为“铍的辐射是由质量与质子相等但不带电荷的粒子构成”，十分准确地描绘了我的肖像。他是对的，在博脱教授的计数器上纪录下来的正是我的踪迹。从此我就被命名为中子了。

## 我成了打开原子核大门的钥匙

那时物理学家正在为原子核的组成大伤脑筋。他们已知道在原子内部电子围绕原子核转，原子核内有质子，但仅由一些带正电荷的质子可以组成稳定的原子核吗？要知道同性电是相斥的！在原子核内发现我的存在使他们能够解决这一难题，所以，有人高兴地称我为“打开原子核大门的钥匙”。物理学家推测在质子与我之间存在着互相吸引的相互作用，在原子核范围内，这种力应比质子间斥力强。事实上，经过几年的探索，人们发现了，当质子与我接近到 $10^{-13}$ 厘米这么近时，我们之间存在吸引力，远远强于这个距离上质子之间的电磁力，差不多是后者的千倍，这样，我和质子就互相紧紧束缚在原子核内。但这是一种短程力，当距离比 $10^{-12}$ 厘米大时，我们之间几乎没什么作用。这种与电磁力迥然不同的力就是核力。

这样，五十年前物理学家找到了组成物质原子的三个基本砖块：电子、质子和我——中子，便称我们为“基本粒子”。以后，随着加速器的出现，“基本粒子”的名单扩大到几百种，“基本粒子”的含义也改变了，这是

后话。

我已经不只一次地提到质子了，他是最亲密的兄弟，物理学家甚至给我们起了一个统一的名字：核子，我想这是由于我们共同组成了原子核。另外，我俩几乎一样重，又都是自旋量子数为 $1/2$ 的粒子，重子数都是 $+1$ 。虽然我的兄弟带有一个电荷单位的正电荷，而我是电中性的，但是我俩之间及质子之间和我们中子本身之间都有核力作用，而且几乎相等，表现了强相互作用的电荷无关性。物理学家在研究强相互作用时，把我俩放在同等的位子上，即把我俩看作孪生兄弟，用一种同位旋的两种状态来分别描述我俩，这是一个聪明的做法。后来，人们常常采用类似的手法，在某些情况下把一些粒子看作是孪生的兄弟来简化问题。

另一方面，要把我和质子兄弟区别开来当然也不难。质子兄弟常被卷入电磁作用，我却与电磁作用无缘，我比质子兄弟重一点大约与此有关，你们知道我俩之间质量的差被称为“电磁质量差”。虽说这质量差仅是我自身质量的千分之一，倒是举足轻重呢！它使我的寿命比质子兄弟至少短了 $10^{34}$ 倍。因为质子是我们重子大家庭中质量最小的，除非重子数不守恒，例如：象大统一模型预言的那样——他才会平均在 $10^{30}$ — $10^{32}$ 岁时衰变，否则是不会自行改变成其他粒子的。与他不同，我会自发地变成一个质子、一个电子和一个反中微子。因为我的质量大于他们的质量之和，而且他们三者总的重子数是 $1$ ，总电荷是 $0$ ，都与我一样，所以“能量守恒”、“重子数守恒”及“电荷守恒”等紧箍咒都不能禁戒我的衰变。当我静止时，平均只能活 $917$ 秒，只有当我快跑时，才能靠相对论效应延长一些寿命，但是你们不必担心原子核的稳定，我在那里是极其不自由的，与我们中子束缚在一起的质子用电磁斥力阻止了我的衰变，使我与他们长期共存在原子核内。

## 我活跃在宇宙之中

五十年来，科学家对我作了许多研究，我也为人类作了许多事情。当初一发现我和质子间存在比电磁力强千倍的吸引力，科学家就想到了如果能利用这种力，那将是一种新的能源。核力把我和质子结合成原子核，要释放出这个结合能，就要想法把原子核轰开，拿什么作“炮弹”呢？人们想到我是电中性的，不会受电磁力引起的原子核库仑位垒的阻挡，因此，我就被当作一种理想的“炮弹”去轰击重原子核。不久，科学家果然用我把 $92$ 号铀元素轰开分为二个中等原子核。随后，约里奥·居里测出在铀原子核裂变时，不仅放出大量的能量，还放出 $2-3$ 个新的中子。这样，由我们中子一代代地接力，有可能使铀核的裂变成为一场自持的链式反应。我清楚地记得当年科学家们是如何地为此欣喜若狂啊！在我被命名的十年以后，世界上第一个原子能反应堆在美国芝加哥终于建成。当时，正值

第二次世界大战，美国加紧对新武器的研究，1945年7月制成第一个原子弹装置，我这把“钥匙”既揭开了原子核结构的奥秘，又打开了利用原子能的大门，现在，我们中子在一些国家的原子能发电站中日夜辛勤工作，也在原子能破冰船、核潜艇中作贡献。

当今世界，战争的威胁还是存在，在研制新式武器时，人们常找到我，原子弹、核动力航空母舰是早就众所周知的了。你们一定也不会忘记1977年6月轰动世界舆论的一大新闻，就是美国政府宣布研制成功中子弹。这是一种能发挥特殊威力的战术核武器，主要是产生致命的中子雨，来大量杀伤战场上包括坦克乘员在内的有生力量，因为我们中子能贯穿很厚的钢板和混凝土屏障，而这种武器爆炸时产生的冲击波、热辐射和放射性沉降物只有相当量战术原子弹的十分之一，因此对建筑物和设施的破坏有限，被称为“干净的原子弹”。然而，对熟知我的习性的人来说，防护这种武器的措施也是不难找到的，例如，我们虽能贯穿重金属，却很容易被硼、氢、氧等轻元素吸收，只要给坦克装甲上垫糊或铅薄板的塑料，我就无能为力了。

在我的历史上还有一件大事，就是1968年英国射电天文工作者发现了脉冲星，即中子星，在天文学史上被称为六十年代四大发现之一。早在1932年查德威克发现我存在的当年，就有人提出了这种星体存在的可能性，理论计算表明我们中子大量密集在一起可能被束缚成一种特殊的物质，1968年的发现证实了这一点，从那时至今，对中子星的研究始终是天文学的一个前沿领域。

天文学家对我如此关心，化学家对我的重视更不必说了。“中子活化分析”是他们的拿手好戏，离了我就开不了场。现代化农业和其它方面常用的放射性同位素是我显身手的场所；作为凝聚态物质研究的特殊实验工具，我已被引入地质、冶金、材料等学科；生物物理中发展了“热中子（及冷中子）散射”的新领域；医生们还请我们中子为人类解除病痛，创立了“中子治疗学”。读者们大约还记得“中子嬗变掺杂单晶硅”、“用快中子非弹性散射 $\gamma$ 能谱测油井”及有关“中子测量”、“中子辐照”、“中子照相”等文章所介绍的内容，无怪乎有人称我是“一种活跃的基本粒子”。

### 我和物理学结下了不解之缘

尽管我在世界上活跃了五十年，在物理学工作者眼里，我却仍然是他们的一个研究对象。他们从我身上找出一个个问题去解决，深信有些问题的答案会推动物理学发展，确实，当他们把对物质结构的研究从强子深入到下一层次时，我和质子曾起过重要作用，记得那是1963年，霍夫斯塔特荣获了当年的诺贝尔奖金，这是对他从事研究和发现核子电磁结构的表彰，在那以前，已经测出了我的磁矩。一个不带电的粒子哪

来的磁矩呢？而且质子磁矩也不象电子那样满足 $e\hbar/2mc$ 关系。于是，人们就思索起来，象质子和我这样的“基本粒子”是象“点”一样没有结构呢，还是有一定的尺寸？霍夫斯塔特第一次用快电子散射实验揭示了质子和我（即核子）有复杂的结构，这一结果促成了基本粒子复合模型的出现。理论上又经过几年的探索，到1965年左右，人们确信了，强子是由层子（或夸克）组成的，作为强子的一员，我被恰当地放到了强子分类图的一个角上。现在，你们都知道我是由一个 $u$ 层子和二个 $d$ 层子组成的。层子带电荷，我的磁矩是由组成我的那些层子贡献的。当我的一个 $d$ 层子改变为一个 $u$ 层子及一个电子、一个反中微子时，我就衰变成质子了。

近年来，还有一批物理工作者把我作为专门研究对象，发展起了一门新学科——“中子物理学”，他们把对我的实验研究推向 $10^{-7}$ 电子伏这样的低能范围，这相当于我的有效温度只有 $0.0003^\circ\text{K}$ ，故而称为“超冷中子”。在这种条件下，我们中子不论从那个角度入射到介质表面，都会被毫不客气地反射回来，这种特点用来作许多重要实验。例如可更精确地测量我的寿命来检验弱作用理论，还可知道我是否有电偶极矩，因为这是关系到时间反演不变性是否破坏的问题，等等…。1979年在西德建成了一个“中子贮存环”，就是为了进行这些研究的。目前，研究工作已经取得不少进展。

### 结 语

回想起来，自从五十年前查德威克先生把我带入科学领域以来，我亲身感受到了半个世纪科学技术的迅猛发展，当年的重大科学发现如今已成为中学课本的内容，现在的科学又进入了更深更广的范围。另一方面，我也亲眼看到，每一个成果都是科学工作者共同心血的结晶。许多人为了研究我和其他粒子兄弟献出了毕生的精力，虽然物理学史上没有他们的名字，但我们粒子兄弟也不会忘了他们的贡献。科学使我有用于人类——这就是我所能说的一切。