

原子核的手征对称性

陈惕生 周善贵

(北京大学技术物理系 100871)

手套有左右两只, DNA 有左旋右旋两种, 许多分子也都有两个相互镜象对称的形式, 通常称为左手形式和右手形式。现在, 物理学家又发现原子核也有左手性和右手性两种模式。

物理学家一直在寻找对称性和对称性破缺, 从而揭示出基本的物理原理。最初, 人们认为原子核是球形的, 有着高度的对称性。后来实验发现原子核可以在很大程度上被拉长, 甚至会像一支雪茄。20 世纪 60 年代, 理论物理学家预言原子核可以有三轴形变(即非轴对称形变)——对称性进一步降低, 但是一直都没有被实验证实。

1997 年, 弗劳恩多夫(S. Frauentorf)和孟杰在研究三轴不对称原子核性质时发现, 三轴形变的奇奇核(质子数和中子数都是奇数的原子核)可能具有手征性。他们提出, 对于原子核手征性的观察将给原子核有稳定的三轴形变的假设一个强有力的证据, 而且也使手征性成为原子核的一个新的性质。

就像原子中的电子一样, 原子核中的核子也倾向于两两配对并形成壳层结构。但是, 在奇奇核中将剩下一个质子(奇质子)和一个中子(奇中子)不能成对。奇质子和奇中子分别在“核芯”外旋转。对于轴对称的原子核, 奇质子、奇中子与核芯绕着共同的旋转轴(即对称轴)旋转, 就像一个垂直定向的陀螺。但是, 对于具有恰当质子数和中子数的三轴形变核, 这两个独立的核子可以分别绕最短的和最长的主轴旋转, 而“核芯”绕第三个主轴, 即中等长度的主轴旋转。这三种转动的合成, 就导致原子核的左手性和右手性: 若奇质子和奇中子旋转方向保持不变, “核芯”顺时针方向旋转和逆时针方向旋转对应的状态不同, 即三轴形变核具有手征性。

由美国和德国的研究人员组成的一个研究组在

2000 年 2 月 5 日的《物理评论快报》上报道了他们关于原子核手征性的实验结果。同时, 他们的发现也提供了强有力的证据表明非轴对称原子核确实存在。

该研究组研究了中子数为 75、质子数分别为 55、57、59 和 61 的原子核。原子核具有多种自旋态。他们通过测量这些原子核发出的伽马射线的能量和方向, 确定了每个态的能量和相对自旋, 由此在每个原子核中都发现了“手征双重带”——在一定的自旋范围内, 一条转动带中的每个态与另一条转动带中具有相同自旋的态(即左手态和右手态)能量不同但很接近, 这是由上述三轴形变原子核的手征性造成的。实验结果表明这些核是严格的非轴对称椭圆形, 3 个主轴长度都不相同。由于对称性本质上和基本相互作用有关, 而上述实验表明原子核并没有我们原来预料的那么对称, 这让科学家们非常感兴趣, 他们期望这将有助于更加深入地了解原子核结构。

正如美国《科学》杂志所报道的: “三轴形变核是否存在的问题已经争论了几十年”, 该实验“首次获得了直接的证据, 这在核物理学界引起了一个不小的波澜”。