

液体闪烁探测器和  $D_2O$  探测器检测重子数改变的原子核衰变, 得到的核子平均寿命在  $10^{29} \sim 10^{30}$  年, 甚至更低, 在  $10^{23} \sim 10^{25}$  年。但是, 到目前为止, 仍未观测到令人确信的质子(或核子)衰变事例。

按照粒子物理标准模型, 重子数和轻子数是绝对守恒的。质子是最轻的重子, 应该是绝对稳定的, 但是, 超出标准模型理论范畴的大统一理论却预言质子可能发生衰变:  $p \rightarrow e^+ + \pi^0$ , 也就是说, 有可能存在重子数不守恒的相互作用过程。虽然目前实验上尚未观测到令人信服的质子衰变事例, 但是, 宇宙中“物质比反物质多”所反映出的重子-反重子不对称性却为其提供了佐证。这个有趣的想法, 最初, 是由日本科学家吉村(M. Yoshimura)提出的, 随后, 斯坦福的埃利斯、盖利亚德、内诺波洛斯、温伯格、萨斯坎德和普林斯顿的特雷曼、威尔切克对它进行了详尽的阐述。他们指出, 为了使宇宙大爆炸过程中产生的重子多于反重子, 要求能够改变重子数的相互作用在反向进行时会显示出差别来, 大统一理论满足了这个要求。总之, 解决质子衰变问题, 不仅可以验证大统一理论, 而且有可能对重子数起源, 进而对宇宙的未来有更多的了解和真理性的认识。

综上所述, 外尔当初提出时空坐标的定域规范变换是试图统一电磁力和引力, 但未能如愿; 杨振宁和米尔斯将其推广为同位旋空间的定域规范变换, 或者说, 将阿贝尔群(即  $U(1)$  群)推广为非阿贝尔群(即  $SU(2)$  群), 建立了杨-米尔斯规范场理论; 格拉肖

在杨-米尔斯场的基础上引入  $SU(2) \times U(1)$  规范场来统一描述弱力和电磁力, 但仍然没有解决困扰杨振宁多年的“质量问题”; 温伯格和萨拉姆, 引入希格斯机制, 解决了“质量问题”, 建立了弱电统一理论, 即规范场理论。差不多同时, 盖尔曼和诺依曼提出夸克模型, 格罗斯、波利策和威尔切克创建量子色动力学, 即  $SU(3)$  规范场理论, 确立了粒子物理标准模型, 即  $SU(3)$  和  $SU(2) \times SU(1)$  规范场理论, 进而导致乔治和格拉肖、帕梯和萨拉姆提出强力、弱力和电磁力的大统一模型, 并预言质子会衰变。但是, 实验上至今尚未发现质子衰变的真实事例, 因此, 现在还不能说强力、弱力和电磁力的大统一已经实现<sup>⑤</sup>。

① 当然, 这里没有提到实验上尚未发现的引力子和将要在后面再次谈及的希格斯粒子。

② 粒子物理标准模型中的参数包括: 万有引力常数  $G$ ; 电子电荷  $e$ ; 夸克、轻子和中间玻色子质量  $m_u, m_d, m_s, m_c, m_b, m_t, m_e, m_\mu, m_\tau, m_Z, m_W$ ; 卡比波角  $\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31}$  和 CP 破坏相因子  $\delta$ ; 希格斯粒子质量  $m_H$ ; 以及量子色动力学中的强力耦合常数  $\alpha_s$ , 一共 19 个。如果再考虑三代中微子质量不为零, 以及它们的混合参数和轻子 CP 破坏参量, 那就更多了。

③ 现在文献中常用红(R)、绿(G)和蓝(B)作为夸克的 3 色指标, 但是, 在乔治和格拉肖的文章中用的是 (r, w, b), 可能因为小写“g”已经用来标记胶子。

④ 其实, 早在 1954 年, 莱因斯和哥德哈伯就实验探测过质子衰变, 当然, 他们那时不是为了验证大统一理论, 而是凭着物理学家的直觉, 这里就不细说。

⑤ 大统一理论还应包含超对称理论, 我们将在下一讲谈及超弦理论时再作介绍。

DOI:10.13405/j.cnki.xdwz.2015.01.009

## 科苑快讯

为什么你总是迷路

当 GPS 稀里糊涂的指引你向“东”时, 你是否盯着手机地图茫然无措? 原来这可能部分归咎于大脑内嗅区(entorhinal region, 最著名的记忆形成功能区), 造成你方向感很差。根据发表在《当代生物学》(Current Biology)网站上的研究论文, 内嗅区帮助人类决定哪个方向可以到达目的地。为了适应各种环境, 向导必须拥有良好的方向感, 清楚他们当前所面对的方向和目的地所在方向。

在研究中, 参与者探索一间虚拟的方形房间, 四个角落各有一个独特物体, 四面墙上都有不同的风景。志愿者熟悉环境后, 就要通过一系列路径从一个角落

到另一个角落, 研究者与此同时会用功能性磁共振成像监控其大脑活动。内嗅区一直以来被认为帮助确定已经面对的方向, 但是向导规划一条线路时, 必须想清楚目的地所在方向。

研究表明, 大脑的该区域可能也决定下一次所去地点所面对的方向。当参与者想象他们通过方形房间的路径时, 研究者发现信号强度与导航表现直接相关。为什么有些人从不为走哪个方向而迟疑, 而有些人甚至不能顺利走出停车场, 该研究也许可以提供新的见解。

(高凌云编译自 2014 年 12 月 18 日 www.sciencemag.org)