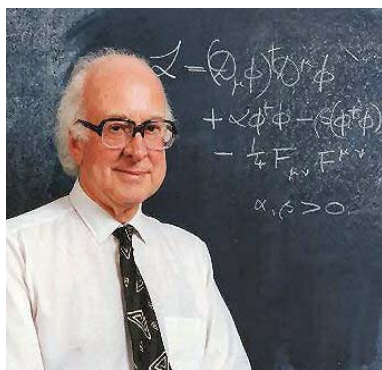


希格斯与他的“上帝粒子”

梁 剑 邢志忠

因提出“希格斯机制”和预言“希格斯玻色子”而闻名于世的彼得·希格斯（Peter Higgs）2009年获得瑞典皇家科学院诺贝尔物理学奖评委会和斯德哥尔摩大学联合颁发的奥斯卡·克莱因（Oskar Klein）奖。10月1日，希格斯在Alba Nova大学中心做了题为“我作为玻色子的一生”（My Life as a Boson）的获奖演讲。随着坐落在西欧核子研究中心（CERN）的大型强子对撞机（LHC）即将开始运行取数并寻找那个给予基本粒子以质量的“上帝粒子”——希格斯玻色子，越来越多的人开始关注希格斯机制和它背后的物理，甚至为LHC能否找到希格斯粒子而打赌。为了以简单通俗的语言还原四十多年前发现希格斯机制的真实过程，我们在此翻译了《Physics World》由编辑彼得·罗杰斯（Peter Rodges）于2004年7月采访希格斯本人后所撰写的文章《Peter Higgs: the Man behind the Boson》，以飨读者。



彼得·希格斯

对称性在物理学中是一个强有力的概念，但有时你可能会嫌它碍事。假如粒子物理学的标准模型是严格对称的，那么模型中就没有任何粒子可以拥有质量。从另一方面来看，大部分的基本粒子拥有非零质量这一事实破坏了模型中的某些对称性。因而总会存在这样一种东西，它可以用来打破模型的对称性并且产生质量。这种东西——尽管尚未被任何实验探测到——就叫做希格斯场。

以爱丁堡大学的彼得·希格斯命名的希格斯场充斥着整个宇宙。正如标准模型（其中夸克和轻子

构成物质，矢量玻色子传递相互作用）中的所有粒子都与场相关联一样，有一种叫做希格斯玻色子的粒子对应着希格斯场，探测到希格斯粒子将标志着粒子物理学的一大突破。

然而，希格斯自己似乎有点尴尬，原因就在于那种以他的名字命名的玻色子带给他的名望。在与记者谈话中他说起那些“所谓的希格斯场”和“所谓的希格斯模型”，总是热切地将荣誉分给一大批其他的物理学家们，并强调正是他们的工作导致了我们在当前标准模型框架内对于质量产生的理解。

希格斯粒子到底是什么

1993年，当时的英国科技大臣威廉·沃尔德格雷夫（William Waldegrave）要求物理学家们用简单通俗的语言来解释什么是希格斯粒子和为什么人们渴望找到它，简单到仅用一页A4纸的单面就能把意思说清楚。为了那瓶奖给最佳答案的葡萄酒香槟，物理学家们发明了各种各样的比喻来应对挑战。有人把希格斯机制比喻成鸡尾酒会，也有人把它形容成一块像木头那样拥有“纹理”的空间，虽然该空间是抽象空间而非真实空间。在后一个例子中，顺着纹理运动的粒子质量为零，比如传递电磁相互作用的光子；而那些逆着纹理运动的粒子则拥有较大的质量，比如传递弱相互作用的W玻色子和Z玻色子。

希格斯场中纹理的方向取决于一种被称为对称性自发破缺的过程。在早期宇宙中，希格斯场是各向同性的，但是大爆炸之后，这种对称性很快地就自发破缺掉了。非常相似的情形是，一支竖立的铅笔在倾倒时，原有空间严格的对称性便自发地破缺了，同时，也在空间中定义出一个方向来。

对于希格斯本人，那种与他同名的粒子的故事开始于1961年，就在他刚刚获得爱丁堡大学讲师职位不久。在伦敦大学国王学院靠一篇分子振动光谱的论文拿到博士学位之后，他就把研究方向转到了粒子理论。之后的6年，他在爱丁堡大学、伦敦大学和皇家研究院阿布杜·萨拉姆（Abdus Salam）的小组之间来回奔波，直到他最终得到了一个固定的位子。

“当我在 1960 年 10 月回到爱丁堡大学时，我并不确定我接下来要去哪里。”他回忆道。然而，接下来的一年，一切都改变了。他读到了一篇南部阳一郎 (Yoichiro Nambu) 所写的论文，该论文以超导 BCS 理论为基础提出了一种类似的基本粒子理论。“这篇文章首次提出了一种自发破缺的对称性是质量产生机制的想法。”希格斯说，“虽然在这方面我的名字随处可见，但却是南部最先证明了费米子质量可以怎样由一种类似于超导体能隙形成的方式被产生。”

然而，南部的的方法存在一个问题。尽管对称性的自发破缺确实会产生具有质量的粒子，但杰弗里·戈德斯通 (Jeffrey Goldstone)、萨拉姆和斯蒂文·温伯格 (Steven Weinberg) 证明了它同时也会产生一种没有质量的被称作戈德斯通玻色子的粒子。这可是个坏消息，因为据我们所知并不存在这样一种粒子。

1963 年，凝聚态物理学界为粒子物理学界的发展带来了又一次的启发和支援。菲尔·安德森 (Phil Anderson) 指出，超导体中类似戈德斯通玻色子的粒子，会因为电磁相互作用而拥有质量。但是，安德森的观点是否适用于相对论情形呢？不适用——七月中旬沃尔特·吉尔伯特 (Walter Gilbert) 发表在《物理评论快报》(Physical Review Letters) 上的文章如是说：适用——希格斯在思考了一个周末后反驳道。

三篇文章的故事

希格斯发现在戈德斯通与其合作者的证明中存在一个漏洞，并写了一篇短文，题目叫做《破坏了的对称性、无质量的粒子和规范场》。1964 年 7 月 27 日该论文寄到了欧洲核子研究中心的《物理快报》(Physics Letters) 编辑手里。希格斯能够证明，在被称为规范不变性的一种微妙对称性形式被引入之后，戈德斯通、萨拉姆和温伯格在证明中所做的某些假设不再成立。希格斯用来说明这一点的论文仅仅包含了 79 行文字和 5 个方程！

希格斯迅速开始酝酿他的下一篇论文。“第一篇论文仅仅是说这个理论并没有障碍，”他说，“显然，我们将要做的是尝试把它应用到最简单的规范理论——电动力学上，去打破它的对称性来看看究竟会发生什么。”希格斯发现他拥有了这样一个理论，其中存在一种有质量且自旋为 1 的粒子，它能

够传递相互作用；还存在另一种有质量却没有任何自旋的粒子。后者是一类全新的粒子，它作为希格斯玻色子的雏形首次亮相——至少在理论上如此。

这第二篇同样短小的论文也寄给了《物理快报》，然而，它被拒绝了。原因是——希格斯事后从第三方听说——那个编辑感觉这篇文章“跟物理学没什么明显的关系”。希格斯于是决定修改文章，加上额外的一段来说明其理论在强相互作用中可能的应用。“这并不是特别现实的，”他回忆道，“但那证明了你可以用这种方法来打破味对称性并产生有质量的矢量玻色子。也许正是这一段，为我赢得了用自己名字命名那种粒子的信誉。”

1964 年 8 月的最后一天，修改过的论文被寄到了《物理评论快报》。也是在同一天，该杂志发表了一篇由来自布鲁塞尔自由大学的弗朗索瓦·恩格勒特 (François Englert) 和罗伯特·布罗特 (Robert Brout) 联合撰写的文章，他们用费曼图得到了本质上与希格斯相同的结论。

希格斯机制提出之后

那么 1964 年之后发生了什么呢？“关于真正发生了什么流行着一个传说，但事实并不是那样。”希格斯说，“我们中没有人——我没有，布罗特和恩格勒特也没有——去尝试该理论机制正确的应用方向，我们那时都为强相互作用而着了魔”。真正的应用应该出现在电磁相互作用和弱相互作用的统一理论中，那是一个为萨拉姆、温伯格和谢尔登·格拉肖 (Sheldon Glashow) 赢得 1979 年诺贝尔奖的伟大壮举。

但是，如果有时希格斯感觉他因专注于强相互作用而错过了弱电理论的话，他应该同样意识到他可能会错过希格斯粒子本身，假使菲尔·安德森在他 1963 年的论文中提及更多的基本粒子相关的话。“我做的两件事情是安德森本应该都做了的。”希格斯说，“他本可以指出戈德斯通理论的缺陷，本应该去做一个简单的相对论模型来证明这会发生（指上文所述的产生质量的机制）。然而，每当我做关于所谓的希格斯机制的报告时，我还是会从他开始说起。他当时确实走在了正确的路上，但是没有人能够理解他。”

那么，对于他的名字同粒子物理学最求之不得的东西相关联这件事，希格斯做何感想呢？“已经关联到我名字的大部分贡献其实不属于我，”他回

答说,“但也许以我的名字来命名希格斯粒子是恰当的,因为我可能正是那个在论文中对它关注最多的人。然而,如果谈及产生矢量玻色子质量的机制,我通常会写下一连串名字,从安德森开始,包括恩格勒特和布罗特、杰拉尔德·古拉尔尼克(Gerald Guralnik)、迪克·哈根(Dick Hagen)以及汤姆·基伯(Tom Kibble),当然也少不了杰拉德·特霍夫特(Gerard 't Hooft)。”

直到20世纪70年代,希格斯依然保持了在粒子理论方面的研究活力。但当马丁努斯·威特曼(Martinus Veltman)和特霍夫特在这个领域做出又一个巨大突破——他们证明了重整化可以去除弱电理论中的发散困难,因此他们分享了1999年的诺贝尔奖——的时候,希格斯觉得自己“已经相当落伍了。”最终,他确信自己“作为一个理论家已经不会再有大的作为了”,并打算从此专注于教学和“一两件小工作”,包括研究量子力学中其他类型的对称性。

2002年9月,希格斯又创造了一个大新闻,这回是因为一篇题为“大师级学者的冲突”的文章出

现在了苏格兰报纸上,相关故事讲述了希格斯在一次晚宴上向一位记者评价斯蒂芬·霍金(Stephen Hawking)的事情。报道称,希格斯认为别的且不说,霍金由于其特殊的名望获得了本不该有的、顺手拈来的权威性,同时他与其他领域的理论家们交流起来很困难。这个被其他报纸广泛转载的故事,也报道了霍金是怎样赢得了一次赌局的胜利——他认为在欧洲核子研究中心的大型正负电子对撞机(LEP)上不可能发现希格斯玻色子。

希格斯迅速写信给霍金对自己有关霍金的评论内容做出了解释。霍金回信说道他并不介意,不过他又说,他依然不认为希格斯玻色子能够真的在实验中被发现。

然而,希格斯对于希格斯粒子能够被发现保持了“相当的信心”。“还有别的什么机制可以让标准模型和实验数据能够如此相符呢?”他问道,“如果不存在希格斯玻色子的话,那整个理论就没有丝毫意义了。”

(梁剑,南开大学 300071;邢志忠,中国科学院高能物理研究所 100049)

科苑快讯

微地震不能预测大地震

最新的研究表明过去通过中型地震预测大地震的观点不适用于所有地域。许多学者认为,小规模地震活动表明当地地壳应力正在不断累积,从而可能在未来造成大地震。美国密苏里大学(University of Missouri)刘勉和西北大学的斯坦因(Seth Stein)在《自然》上发表论文,称远离板块边缘的腹地发生的地震可能只是几十年前或几个世纪前大地震的余震。

斯坦因和刘勉收集分析了世界范围的地震数据。就像许多构造边界一样,如果断层以每年平均10毫米的速度移动,余震将在10年后消失。如果速度为几毫米,大地震的回声则将持续百年。虽然远离地震板块的边界线,但在大陆内部,地球需要更长的时间恢复。

刘勉说,不能只是把焦点放在那些少数经常发生地震的小地方,科学家应该运用像GPS这样的导航卫星和计算机模型的方法来寻找地震可能发生的其他地方——这些地方正在为将来的大地震累积巨大的能量。

(高凌云编译自2009年11月4日
www.sciencenews.org)

鸟类迁徙并不依赖磁场

以前对于鸟类迁徙导航问题分为两派。一派认为鸟通过喙中的微小铁晶体感应地磁场确定方向。另一派认为磁场可以影响感光色素对光的反应,于是这些色素分子相对于磁场的方向决定了感受细胞对光线的反应程度不同,于是鸟类就“看到”了磁场。

德国奥尔登堡大学(University of Oldenburg)生物学家莫里特森(Henrik Mouritsen)的小组将一只知更鸟的喙与脑之间神经切断,结果其依然能够正常导航。另一只知更鸟脑中的N神经簇(cluster N)切断后就失去了方向感,甚至不能感知实验室内的磁场。

实验证明,鸟类体内确实有导航系统。不过,感光蛋白质和微小铁晶体这两种磁感应机制是相辅相成的。鸟喙中的细胞或许在磁感应方面存在其他作用,譬如感受地磁感线强度变化。

(高凌云编译自2009年11月12日
www.sciencemag.org)