

2013年诺贝尔物理学奖获得者

——彼得·希格斯

刘金岩[†]

(中国科学院自然科学史研究所 北京 100190)

The Nobel Prize winner in physics 2013

——Peter Higgs

LIU Jin-Yan[†]

(Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

2013-12-23收到

[†] email: jyliu@ihns.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20140706

摘要 彼得·希格斯(Peter Higgs)是英国著名的理论物理学家, 因是希格斯机制的主要贡献人之一及其名字命名的希格斯粒子而闻名于世。彼得·希格斯与弗朗索瓦·恩格勒(Francois Englert)共同获得了2013年诺贝尔物理学奖。文章简要介绍了彼得·希格斯的生平, 希格斯机制的提出以及希格斯粒子命名的由来。此外, 文章还简要回顾了希格斯粒子的发现过程。

关键词 粒子物理, 彼得·希格斯, 希格斯机制, 希格斯粒子

Abstract Peter Higgs is a famous English physicist who was known for his works on Higgs mechanism and Higgs particle. He won the 2013 Noble Prize in physics. This paper briefly outlines his life, the proposition of Higgs mechanism and the origin of the name of Higgs particle. The discovery of Higgs particle is also given here.

Keywords particle physics, Peter Higgs, Higgs mechanism, Higgs particle

1 引言

粒子物理标准模型被认为是20世纪物理学最成功的模型之一, 是人们理解物质世界微观结构及其相互作用的集大成之作。希格斯机制(Higgs mechanism)使得基本粒子获得质量, 同时预言了希格斯玻色子(Higgs Boson)的存在。欧洲大型强子对撞机在2012年的实验中发现了疑似标准模型的希格斯粒子。2013年10月8日, 瑞典皇家科学院公

布, 来自比利时布鲁塞尔自由大学的弗朗索瓦·恩格勒(Francois Englert)和英国爱丁堡大学的彼得·希格斯(Peter Higgs)因在理论上预言希格斯玻色子存在共同获得了2013年诺贝尔物理学奖。同年12月10日, 希格斯和恩格勒在斯德哥尔摩荣获诺贝尔奖章, 并分享了相当于775000英镑的奖金。本文着重介绍彼得·希格斯的生平, 希格斯机制的提出过程, 希格斯粒子名称的由来以及希格斯粒子的发现等。

2 希格斯生平简介

彼得·希格斯于1929年5月29日出生于英国泰恩河畔的纽卡斯尔, 父亲是英国广播公司的一位电机工程师。随后, 举家搬往伯明翰。1941年, 在德军将纽卡斯尔旧城市中心轰炸成废墟后, 希格斯全家又迁往相对安全的布里斯托尔。希格斯就读于布里斯托尔著名的可安文法学校, 著名物理学家狄拉克¹⁾曾早于他30年在此学习。“我在学校的

1) 狄拉克(Paul Adrie Maurice Dirac, 1902—1984)是英国理论物理学家, 1933年诺贝尔物理学奖获得者, 曾在量子力学和量子电动力学等方面做出奠基性工作。



图1 彼得·希格斯

荣誉板上看到过他的名字，出于好奇，很了解他做出什么贡献。”^[1]于是，希格斯对物理产生了兴趣。希格斯从小喜欢阅读他父亲的教科书，先于学校老师授课前学习了数学和牛顿的微积分。

1945年，布里斯托尔大学的两个物理学教授内维尔·莫特(Neville Mott)和塞西尔·鲍威尔(Cecil Powell)公开讨论美国空投到广岛和长崎的原子弹的科学背景。鲍威尔随后还做了一系列关于发现奇异粒子和宇宙线的公众讲座。希格斯积极参加这些讲座和讨论，这些经历更加激发了他对物理学的兴趣。

希格斯于1950年以一等荣誉学士学位从伦敦大学国王学院物理系毕业。此时，他计划选择粒子物理专业攻读博士学位。不过，当时指

导希格斯的库尔森(Coulson)教授不建议他选择粒子物理专业，误导希格斯说：“目前的粒子物理理论的情况很糟糕，你研究这个理论不会取得任何成绩，更不用说获得诺贝尔奖^[1]。”因此，希格斯选择了分子物理学。1954年，希格斯获得了博士学位，毕业论文的题目是“分子震动理论中的一些问题”。

获得博士学位后，希格斯在爱丁堡大学学习两年。随后，他又陆续在伦敦大学学院和国王学院工作。希格斯于1960年返回爱丁堡大学担任讲师，并于1980年成为爱丁堡大学讲座教授。他在1983年被选为英国皇家学会会员，1991年被选为英国物理学会会员，并于1984年获得卢瑟福奖，1996年退休后担任爱丁堡大学荣誉教授。

3 对称性自发破缺

在伦敦的4年，希格斯几乎在粒子物理领域迷失了方向，遂对量子引力产生了兴趣。虽然从学生时代希格斯便开始对对称性²⁾感兴趣，但粒子物理里的近似对称性(现在称之为味对称性)使他感到迷惑。希格斯从1964年开始从事对称性自发破缺的工作，当时他被任命为爱丁堡大学的数学物理讲师。上任前，希格斯被邀请参加苏格兰大学第一届暑期物理学校，负责买酒和保管酒³⁾。

对称性自发破缺的最早例子可

以追溯到海森伯(Heisenberg)于1928年在凝聚态物理中提出的铁磁理论。与粒子物理关系最密切的例子是超流性和超导性。超流性源自玻色凝聚的形成，而超导性则与带电粒子的玻色凝聚的形成有关。受巴丁(Bardeen)、库珀(Cooper)和施里弗(Schrieffer)于1957年提出的BCS理论影响，南部阳一郎(Nambu)意识到超导电性的BCS理论就是一个对称性自发破缺的例子。在1961年发表的文章中，南部阳一郎提出了一个场论模型，一方面可以说明质子、中子如何获得质量，又可以解释为何 π 介子的质量比质子的质量小很多，即 π 介子在本质上即为自发对称破缺下的无质量粒子。戈德斯通(Goldstone)也研究了对称性破缺的问题，并且指出对称性破缺的结果之一是又产生出一个无质量的粒子⁴⁾。这些新的无质量粒子后来被称为南部-戈德斯通玻色子。1961年，戈德斯通在此基础上提出了著名的戈德斯通定理，即每一个自发破缺的整体连续对称性都必然伴随一个无质量标量粒子。

1961年，希格斯读了南部阳一郎和戈德斯通的文章后，对对称性自发破缺表现出极大的兴趣。当时，大多数粒子物理学家并没有注意到南部阳一郎和戈德斯通的想法。尽管量子场论在量子电动力学中取得了成功，但却不能描述强相互作用和弱相互作用。在1960年的康奈尔研讨会上，魏斯考普夫

2) 对称性一直都是物理学家关注的问题：杨振宁曾指出，21世纪物理学的主旋律是量子化、对称性和相因子；李政道认为，21世纪物理学的挑战是夸克禁闭、对称和对称破缺、暗物质暗能量；周光召则认为，对称性和对称破缺是世界统一性和多样性的根源。

3) 实际上，希格斯并没有管理好酒。学生中的卡比波(Cabibbo)、格拉肖(Glashow)、罗宾逊(Robinson)以及韦尔特曼(Veltman)经常讨论理论物理问题直至深夜，并且拿了希格斯在储藏室里的剩酒当助兴剂。这导致他们第二天早上不能按时起床而迟到第一节^[2]。

4) 戈德斯通于1960年发表了用超导方法处理场论的文章，这比BCS理论在概念上更清晰。文中引入了所谓的酒瓶势或墨西哥帽势，从而很容易看到对称自发破缺是如何发生的，因为系统中的最低能态在酒瓶的底部，而不是在对称点上。

(Weisskopf)曾说过：“粒子物理学家如今感到如此绝望，以致于他们不得不向多体理论(如BCS理论)借用新东西。这可能会有些结果。”由此看来，对于这种奇异的场论是否管用当时还存在许多疑虑^[1]。

固体物理学家安德森(Ander-son)起初不相信戈德斯通定理，但他在1963年指出：在超导体中由于电磁相互作用，戈德斯通模式变成了有质量的等离子模式。这种模式得到的正是横向极化电磁模式的纵向配偶子(partner)，后者也有质量。安德森说：“戈德斯通的零质量问题并不是一个很严重的问题，因为我们可以通过一个等价的杨-米尔斯理论⁵⁾中的零质量问题来消掉它”^[2]。希格斯也认为，戈德斯通零质量问题并不是一个大的难题，可以比照一个等价的杨-米尔斯零质量问题把它消去。但是粒子物理学家对此表示怀疑。

克莱因(Klein)和本·李(Ben Lee)在1964年3月建议，正如同凝聚态理论中那样，在一个特定的方程中加入附加项，从而能避开戈德斯通定理，并可以推广到相对论性的情况。但是到了6月，吉尔伯特(Gilbert)指出，由于破坏了洛伦兹不变性，我们不能在相对性理论中这样做⁶⁾。但是在一个月以后，希格斯发现，在一个规范场与电流耦合起来的规范理论内可以实现上述

想法。

1964年7月24日，希格斯将题为《对称性破缺，无质量粒子和规范场》⁴⁾的文章投稿到*Physics Letters*(《物理快报》)，编辑很快接受该文章并予以发表。写完这篇文章后，希格斯觉得应该采用最简单的 $U(1)$ 对称性来处理最简单的与标量场有关的对称自发破缺模型，并且把它与麦克斯韦场耦合起来。于是第二个周末，即7月31日，他把第二篇短文发给了*Physics Letters*。但是编辑却以这篇文章不宜发表为由拒绝了。这使希格斯倍感震惊：“我不懂他们为什么接受一篇讲一种可能避开戈德斯通定理的论文，却又拒绝一篇解释如何做到这一点的文章。因此，我认识到把文章修改完后发给欧洲核子中心(CERN)的*Physics Letters*不是明智之举，CERN的人不懂这类事情(我的同事斯奎尔后来证实了这种看法，事后不久他从CERN回来)^[3]。”于是，希格斯用了另外一个星期的时间对文章进行了修改，该文首次提出了现在大家所知的希格斯模型。他在修改时加了几段，实质上是想强调一点：这一理论有实验结果。在增加的段落中有一句话：“值得注意的是，这种理论的一个重要特征，是它预言标量和矢量玻色子有不完全的多重态(incomplete multiplets)。”由于担心*Physics Letters*再次拒绝发表该文

章，8月31日，希格斯将修改后的版本投送到*Physical Review Letters*(《物理学评论快报》)，该文章最终于10月19日发表^[5]。倘若*Physics Letters*接受了原来的文章，关于希格斯玻色子的文章或许永远不会出现。

巧合的是，希格斯将第二篇文章投送到*Physical Review Letters*的当天，恰巧布鲁特(Robert Brout)和恩格勒⁷⁾的文章在*Physical Review Letters*上发表^[6]。布鲁特和恩格勒的文章是在6月26日投送到*Physical Review Letters*的。当布鲁特和恩格勒看到希格斯文章的最后发表版本时，令他们吃惊的是希格斯的文章中竟然引用了他们的文章：“希格斯不可能看到我们的文章，那么他是怎样知道我们的工作的呢？”对此希格斯解释说：“南部阳一郎是这两篇文章的审稿人，注意到两个工作的关联性。所以让我在文章中加上对布鲁特和恩格勒工作的评论^[3]。”因此希格斯在论文中增加了一个脚注：本质上相同的东西已经由恩格勒和布鲁特完成。关于恩格勒、布鲁特以及希格斯工作之间的区别，希格斯指出：“我们之间的最主要区别在于恩格勒和布鲁特从费曼图出发，并在检查他们理论的规范不变性时遇到困难，因为规范不变性要分配到所有费曼图；而我则从传统的经典拉格朗日场论出发，只要我

5) 杨-米尔斯理论是由杨振宁和米尔斯于1954年提出的一种定域非阿贝尔规范理论。该理论是对量子电动力学的 $U(1)$ 定域规范对称性的推广，最初是想用来描述同位旋对称性。但这一理论所具有的定域规范不变性将导致无质量的矢量粒子的出现。但除光子外，我们从未在实验上观测到任何这样的无质量矢量粒子。

6) 据希格斯回忆，吉尔伯特的文章是于1964年7月16日送来爱丁堡的。希格斯当时的工作之一是将新近的期刊标上日期后放到期刊架上。在看过吉尔伯特的论文后，希格斯说：“我想我当时的反应是骂了一声，因为他似乎已经关上了通往南部阳一郎设想的大门。”^[2]周末过后，希格斯渐渐想起一个具有这种特征的量子场论，即施温格钟爱的量子电动力学理论，尽管吉尔伯特说不可能有这种场论。

7) 恩格勒于1932年出生在比利时布鲁塞尔郊区。他先后在布鲁塞尔自由大学获得电子工程学位和自然科学博士学位。恩格勒曾在美国康奈尔大学工作过两年，1961年后便一直在布鲁塞尔自由大学工作。需要指出，布鲁特已于2011年5月3日去世，未能与恩格勒一同分享诺贝尔物理学奖。

在把它转变成量子理论时加倍小心，规范不变性应该没有问题。我认为恩格勒和布鲁特从未提到所谓的希格斯玻色子是因为他们认为这是显而易见的，因为如果你想系统陈述这套理论，显然需要一个具有质量的标量模型。这一点与场在波谷上下方的变化而不是在波谷周围变化是一致的。”

1966年，希格斯受戴森(Dyson)邀请于3月15日在普林斯顿做了讲演。随后，又在哈佛报告了自己的工作。虽然大多数听众对他的机制抱有怀疑态度，但格拉肖表示，希格斯构建的模型非常好。可惜，格拉肖此时没有看出希格斯机制与自己几年前所做的电弱相互作用工作的联系，该理论预言的无质量的规范玻色子需要以某种方式获得质量。1967年，温伯格(Weinberg)、萨拉姆(Salam)把希格斯、布鲁特和恩格勒的模型应用于格拉肖的 $SU(2)*U(1)$ 的轻子模型中。1970年，特霍夫特(Gerard't Hooft)和韦尔特曼证明纯杨—米尔斯理论的重整化。1971年，特霍夫特把它推广到有质量的杨—米尔斯理论。至此，一个关于电磁相互作用和弱相互作用的可重整化的、自发对称性破缺的 $SU(2)*U(1)$ 的场论问世了。

4 希格斯粒子命名的由来

1964年8月，布鲁塞尔大学的恩格勒和布鲁特最先提出了希格斯机制背后的物理，他们的文章是在6月26日投送到*Physical Review Letters*的。毫无疑问，布鲁特和恩格

勒是最先完成和发表这项工作的。为何希格斯粒子不是以布鲁特和恩格勒命名的呢？同时代的物理学家的错误引用是有责任的。在上个世纪60年代，文章初稿是经过打印之后以普通邮件的形式进行提交的。如果此时互联网已经普及，布鲁特和恩格勒会将自己文章的电子版第一时间放到Archive上，如此一来该文章就会被全世界的物理学家知道。那么，接下来的历史也许会被改写。

华裔美国理论物理学家本·李⁸⁾在1966年最早使用“Higgs Boson”一词。1966年于伯克利举行的国际高能物理会议上，本·李提到了“希格斯玻色子”和“希格斯机制”。第二年，1979年诺贝尔物理学奖获得者温伯格发表了一篇意义重大的文章，该文章提出了统一电磁作用和弱相互作用的模型⁷⁾。温伯格在该文章中首先引用了希格斯发表在*Physics Letters*和*Physical Review Letters*的两篇文章，随后才引用恩格勒和布鲁特的*Physical Review Letters*的文章。温伯格在1971年发表的文章中又延续了这一引用错误。这个引用错误在粒子物理领域的文章中一直延续了几十年。被粒子物理学界认为权威的Particle Data Group所著的*Review of Particle Physics*的2010年版中也出现了类似的引用错误。直至2012年5月，温伯格发表在*The New York Review of Book*(《纽约书评》)上的短文中澄清了自己之前的引用混乱⁸⁾。对于以自己名字命名的希格斯玻色子，希格斯总是很谦虚，他觉得用自己的

名字命名这种粒子不合适。希格斯曾经说过：“我在1964年的工作量(这里指的是以其名字命名的希格斯粒子相关的两个工作)是非常小的，确切地说只是三个星期，假设*Physics Letters*接受我的第二篇文章，那么就只是两个星期了。……对于后面的结果(以我的名字来命名这个有质量的标量粒子)我也感到很震惊。”当然，对于人们通常说的“上帝粒子”，希格斯则更加反感这个别称。在公开场合，希格斯总是这样称呼希格斯粒子：“那个含有我名字的粒子”。

由于希格斯玻色子在粒子物理理论中的重要地位，而长期以来实验上又捕捉不到它，1998年，诺贝尔物理学奖获得者莱德曼在他编著的题目为《上帝粒子：如果宇宙是答案，那么问题是什么？》的一书中，将希格斯玻色子称作“上帝粒子”⁹⁾。2012年9月，CERN的官方网站将“希格斯机制”正式更名为“布鲁特—恩格勒—希格斯机制”(BEH机制)。

5 为什么需要希格斯粒子？

下面有必要从物理上解释为什么需要希格斯粒子。在描述相互作用力及基本粒子方面取得极大成功的粒子物理标准模型预言了62种基本粒子的存在。希格斯粒子则是实验上长期以来在寻找的最后一种粒子。根据标准模型，物质世界由夸克和轻子组成，这些粒子之间通过4种力产生相互作用：引力、电磁力、弱相互作用力和强相互作用

8) 本·李(即李辉昭，1935—1977)曾被同行公认为是该时代卓越的基础粒子物理学家之一，他的工作对于标准模型、重整化和C夸克的发展产生了重要影响。1977年6月16日，李辉昭因交通事故去世。

9) 此后，希格斯粒子经常被媒体称之为“上帝粒子”。这种称呼的流行应归功于媒体对粒子物理学和大型强子对撞机兴趣的增加。

力。例如，强相互作用力使得夸克束缚在一起形成质子和中子，剩余的强力将质子和中子结合在一起形成原子核。电磁力将原子核和电子（一种轻子）结合在一起形成原子，剩余的电磁力将原子结合在一起形成分子。弱相互作用力则负责特定形式的核衰变。

通常情况下，一个量子场当它消失时会到达能量最低状态。但是场可以由自相互作用产生一个能量图景，类似于酒瓶的底部，中间隆起，周围有圆槽围绕，场可以通过从中间的顶峰上滚到底部来使其能量最小化，正像在啤酒瓶底部放一个大理石球要滚到边缘的底部一样。如果这样做的话，粒子必须有非零的力并且随机选择一个方向，停留在二维抽象的相空间，从而打破了这个状态的对称性。当这种自发对称性破缺发生时，出现不同种类的粒子，在这里，这些粒子还是用前面提到的大理石球做对比。假设大理石球在轻轻摆动，这个大理石球对应于量子场论中提到的粒子。当大理石球围绕着圆槽运动时不需要任何能量，这对应于无质量的戈德斯通粒子。大理石球从周围的圆槽向中间的高处运动时需要能量，这对应于有质量的粒子。

希格斯机制可以使得这些基本粒子获得质量，也可以说，粒子“吃掉”戈德斯通玻色子来获得质量。即对称性破缺产生的无质量的南部—戈德斯通玻色子被无质量的、自旋为1的玻色子所吸收，使之成为后者的纵向自由度。假设真空充满了希格斯场，其他粒子通过与希格斯粒子耦合而获得质量。粒子通过与希格斯粒子耦合获得质量的方式类似于吸墨水纸吸收墨水。

在这种情况下，纸张代表粒子，墨水代表能量或质量。正像不同大小和厚度的纸张吸收不同的量的墨水一样，不同的粒子吸收不同的能量或质量。观测到的粒子质量的大小依赖于粒子的能量吸收能力以及空间中希格斯场的强度。或者说还可以说，希格斯的真空期望值(VEV)更像胶水或一种介质，有的粒子与该介质作用大，运动阻力大，从而获得的质量大，而作用小的粒子质量小。

6 希格斯粒子的产生、衰变和发现

根据标准模型的预言，希格斯是一种不稳定的粒子(寿命预期只有 10^{-22} s)，产生后便很快衰变成其他粒子。因此，实验上只能从其衰变产物反推出其质量及其他性质。虽然标准模型没有预言希格斯粒子的质量，但预言了其作为质量函数的产生率和衰变道。

实验上探测希格斯粒子时要求从非常大的非希格斯粒子背景中提取出希格斯粒子信号，大约每 10^{10} 个质子—质子对撞才会产生一个希格斯粒子。在由标准模型预言的125 GeV希格斯玻色子的衰变道中，b—反b道所占的比例最大(57%)，其次依次是 W^+W^- 道(21%)，胶子—胶子道(9%)， τ —反 τ 道(6%)，c—反c道(3%)，Z—Z道(3%)和 $\gamma\gamma$ 道(0.2%)。目前，CERN研究了Higgs玻色子5条主要衰变道(b—反b道， τ —反 τ 道， W^+W^- 道，Z—Z道， $\gamma\gamma$ 道)，其中最重要的是Higgs玻色子衰变到双光子道。尽管双光子衰变道占全部Higgs粒子衰变的0.2%，但是由于高能光子很容易探测，超环面仪器(ATLAS)和紧凑缪子线圈(CMS)都安装了高精度的电

磁量能器来探测光子能量，所以该衰变道是位于法国和瑞士边境地区的CERN重点探测的衰变道。大型强子对撞机(LHC)到目前为止的全部运行可以给出上百个事例。

Higgs粒子可以衰变到一对规范玻色子ZZ或 W^+W^- 。由于Higgs粒子质量约为125 GeV，故它不可能衰变到两个Z玻色子或两个W玻色子(Z玻色子质量约为91 GeV，W玻色子质量约为80 GeV)。因此，在这种情况下，至少一个粒子必须是W或Z场的短寿命扰动的虚粒子。W玻色子和Z玻色子通常衰变到夸克和反夸克，随后强子化为难以辨认的喷注。但W粒子也可衰变为轻子(包括e， μ 或它们的反粒子)和相应的中微子，Z玻色子可衰变成一对可观测的轻子—反轻子对。CERN实验也是通过这种衰变事例来寻找W和Z玻色子的。由于通常夸克和胶子是以喷注的形式(即锥形喷射的强子的形式)出现的，所以CERN团队没有试图观测c—反c衰变道和胶子—胶子衰变道。但b—反b衰变道是有可能被观测到的，因为这一衰变道有大的预期分支比和更多的可鉴别的喷注。

τ 轻子寿命很短，其衰变产物很难与背景分开，且衰变产物中伴随着至少一个中微子，故 τ —反 τ 道的探测同样棘手。由于ATLAS和CMS探测器不能探测到中微子，所以希格斯粒子质量的探测精度在这个道不如其他道好。尽管如此， τ —反 τ 衰变道仍是CERN各组分析的一部分。长期以来，美国芝加哥的费米实验室(Fermilab)以及CERN一直致力于希格斯粒子的搜寻工作。

2012年7月4日，LHC的CMS和ATLAS合作组负责人报告了他们



图2 希格斯(右)与恩格勒(左)在2012年7月4日CERN的新闻发布会上交谈,这是二人第一次相遇

寻找希格斯粒子的初步结果。两个实验组在分析前两年累积的数据后,以5个标准差¹⁰⁾的显著度观测到了一个质量为125 GeV的具有类似希格斯粒子性质的新粒子。费米实验室Tevatron对撞机的CDF和D0合作组也报道了与CERN结果一致但显著性稍差的希格斯粒子迹象。所声称的发现几乎完全来自于双光子和4个带电轻子道。CMS团队在双光子道和4个带电轻子道同时在125 GeV看到了明显的信号。而ATLAS的数据进一步排除了观测室统计涨落的可能性。两个团队还探寻了 W^+W^- 衰变道,发现了与125 GeV Higgs自洽的信号。

在CERN公布发现疑似标准模型希格斯粒子后,英国著名物理学家斯蒂芬·霍金(Stephen William Hawking)在接受英国广播公司的采访时表示:“这是一项重要的结果,希格斯教授应当为此被授予诺贝尔奖。但是与此同时这样的

结果也是让人感到遗憾的,因为物理学的进展总是通过在实验中发现出乎意料的结果而实现进步的。”他说:“因为这个原因,我和密歇根大学的卡尼打了赌,我说希格斯粒子是不会被找到的。

但现在看起来我似乎刚刚输掉了100美元。”

2013年10月8日,瑞典皇家科学院公布2013年诺贝尔物理学奖的获得者为恩格勒和希格斯。两人因“在理论上发现了有助于我们理解亚原子粒子质量起源的机制,而且经由它所预言的基本粒子最近已经被CERN大型强子对撞机的ATLAS和CMS实验证实。”得知自己获奖后,恩格勒表示获得这个奖是“非常令人愉快的事,当然,我非常非常高兴被授予这个奖项。”希格斯也在爱丁堡大学发布的一个声明中说:“我对被授予这一奖项感到不知所措,感谢瑞典皇家科学院。我也祝贺对发现这个新粒子做出了贡献的人,并感谢我的家人、朋友和同事对我的支持。我希望对基础科学的这项褒奖将有助于提高大家对纯科学研究的价值重视。”在评论该项诺贝尔奖时,另一位对提出希格斯机制做出

贡献的基布尔(Kibble)说:“我们的论文毫无疑问是1964年在*Physical Review Letters*上发表的3篇论文中^[9]最晚的一个,尽管我们的文章讨论的最全面、彻底。……因此,毫不奇怪,瑞典科学院觉得不能把我们包括进来。”^[10]

7 结束语

粒子物理标准模型自建立之初已经得到了实验的精确检验,希格斯粒子的发现是标准模型的又一成功。但这并不代表物理学家试图理解宇宙结构的脚步已经停止。在标准模型建立之初,中微子的质量为零。但是近年来的大气层中微子振荡实验和太阳中微子振荡实验都表明中微子是有质量的。要解决中微子的质量问题以及标准模型本身存在的自由参数太多、不自然性等问题,都暗示着新物理的存在。

目前,物理学家还没有清楚地认识暗物质和暗能量的本质,二者被称为是21世纪物理学上的两朵乌云。同时夸克禁闭、重子起源、引力量子化、味混合等问题也亟待物理学家的解决。

致谢 台湾清华大学的黄达和中国科学院理论物理研究所的刘卓在本文写作过程中提供了宝贵的建议,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] Frank Close. *The Infinity Puzzle: Quantum Field Theory and the Hunt for an Ordered Universe*. United State of American: Basic Books, 2011. 166
- [2] 彼得·希格斯著,肖润喜译,杨建邺校. 现代物理知识, 2012, (6): 48
- [3] Peter Higgs' Nobel Lecture, December 2013
- [4] Higgs P W. *Phys. Lett.*, 1964, 12: 132
- [5] Higgs P W. *Phys. Rev. Lett.*, 1964, 13 (16): 508
- [6] Englert F, Brout R. *Phys. Rev. Lett.*,

10) 在粒子物理研究中, 5个标准差的统计显著度意味着发现这个新粒子的可信度为99.9999%。

- 1964, 13(9):321 [9] Guralnik G S, Hagen C R, Kib-
 [7] Weinberg S. Phys. Rev. Lett., 1967, 19:1264 ble T W B. Phys. Rev. Lett.,
 [8] Weinberg S. The New York Review of 1964, 13:585
 Book. May 2012 [10] 树华. 物理, 2013, 42(11):820

麦克斯韦妖式量子算法冷却

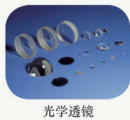


有效的冷却方法不仅是研究低温下基础物理性质必不可少的手段, 还促使了一系列重要实验现象的发现, 如超导, 玻色爱因斯坦凝聚以及量子霍尔效应等。最近量子信息科学的发展及其展现的优势越来越激发人们的研究热情。要实现量子计算、量子模拟等量子信息过程, 通常需要系统初始时处于能量最低的量子态, 即基态, 这就需要量子冷却。我们提出并实验实现了一种量子算法冷却的新方法。通过引入辅助量子比特并对其测量, 实现待冷却系统高能量部分和低能量部分的区分。将高能量部分剔除后就可以实现系统的量子冷却。这就像一只量子的麦克斯韦妖可以轻而易举地除去量子态中能量高的部分, 因此这种方法被称为麦克斯韦妖式量子算法冷却。封面是我们方法原理的手绘示意图: 麦克斯韦之妖在控制着大门, 并使用魔法把激发态量子(长着翅膀的红色小球)驱赶出去, 而让基态量子(冷色小球)保留下来。这项工作提供了一种新的途径用以量子模拟经典方法难以实现的物理系统和化学系统的低温性质, 并可以为普适量子计算和量子模拟提供初始量子资源。相关结果发表在 *Nature Photonics*, 2014, 8: 113 上, 并且国际知名的量子信息学专家 Seth Lloyd 教授还在同一期 *Nature Photonics* 的 News and Views 栏目上对这项工作进行了介绍 (*Nature Photonics*, 2014, 8: 90)。

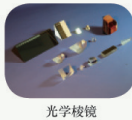
(中国科学技术大学 许金时 李传锋 供稿)

标准光学元件库存---供您随时选用

总量多达10万片,
 超过700个品种规格的透镜,
 棱镜, 反射镜, 窗口,
 滤光片等常用光学器件;
 涵盖紫外, 可见,
 近红外,
 红外等光学应用领域。



光学透镜



光学棱镜



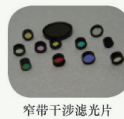
可见光学元件



红外元件



颜色滤光片



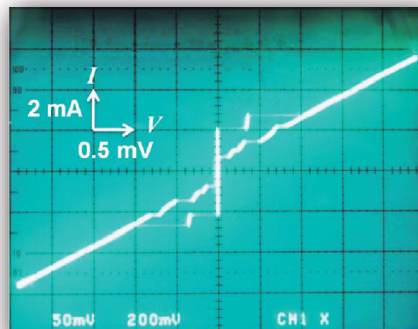
窄带干涉滤光片



北京欧普特科技有限公司
 Beijing Golden Way Scientific Co., Ltd

地址: 北京市朝阳区酒仙桥东路1号M7栋5层东段
 电话: 010-88096218/88096099 传真: 010-88096216
 邮箱: optics@goldway.com.cn

高温超导约瑟夫森效应演示仪



设备组成: 测量仪+样品+测量杆;
 测量仪: 高温超导约瑟夫森效应演示仪
 微波源: 固态微波发生器;
 频段: 10GHz;
 最大输出功率: 80mW;
 衰减器: 最大衰减20dB;
 样品: 高温超导晶界约瑟夫森结
 尺寸: 10mm×10mm×1mm;
 工作温度: 77K (液氮沸点温度)
 测量杆: 采用快速真空接头的漏热式恒温器;
 工作温度: 300K至77K;
 性能指标: 能测量、显示高温超导约瑟夫森结和超导体的临界转变温度 T_c 和交直流约瑟夫森效应(约瑟夫森结的I-V曲线)。配置一些其它部件还可显示约瑟夫森电流随磁场的变化或用于超导直流超导量子干涉效应的演示和利用该效应开展微弱磁场的测量的扩展实验。



北京西燕超导量子技术有限公司
 地址: 北京市海淀区中关村北大街116号
 2209室
 电话: 010-58874105
 E-mail: xiyanCD@163.com