

探寻对称性破缺的秘密

——访 2008 年诺贝尔物理学奖得主

水中月、镜中花,对称广泛存在于自然界.对称与不对称在人们的日常生活中是一个永恒的话题,也是物理学家们长期努力、苦苦探寻的一个基础而又深奥的科学问题.获得今年诺贝尔物理学奖的三位科学家提出的有关理论就是向我们诠释:因为有了对称性破缺,才有了延续至今的宇宙万物和五彩缤纷的世界,也才有了我们个性各异的人类自身.

2008年10月8日,本刊编辑通过电子邮件向美国的南部阳一郎教授和日本的小林诚教授分别表示了祝贺,并希望进行采访.小林诚教授很快回信并愉快地接受了采访.南部阳一郎教授因为年事已高,而且妻子智惠子目前身体状况欠佳,他表示近期将不再接受任何采访,也不出席12月10日在瑞典斯德哥尔摩举行的颁奖典礼.在他所就职的芝加哥大学新闻办公室 Steve Koppes 博士的帮助下,芝加哥大学物理学教授 Peter Freund¹⁾热情地回答了笔者关心的有关南部阳一郎教授的许多情况.

两位日本学者和一名日裔美国学者一起分享今年的物理学大奖(南部阳一郎分享一半奖金),在日本引起了很大的轰动甚至是举国欢庆.从1949年开始,日本物理学家先后已经有汤川秀树(1949年)、朝永振一郎(1965年)、江崎玲於奈(1973年)、小柴昌俊(2002)获得了诺贝尔奖.作为邻国的我国物理同行和公众也产生了浓厚的兴趣和震动.日本从明治维新以后,建立和创造的先进教育和科研环境无疑在其中起到了至关重要的作用.笔者根据采访的内容,结合《科学美国人》、《朝日新闻》等国外媒体发表的相关资料,综合整理成文,在此发表,希望能够从这三位物理学家的不同的个性和成长经历中,发现一些值得我们思考和借鉴的经验.

超前的思维和非同寻常的创造力



图1 美籍日裔科学家南部阳一郎

南部阳一郎的同事普遍被他超前的思维能力和非同寻常的创造力所折服.美国加州大学伯利克分校的布鲁诺·朱米诺曾经这样描写他和南部阳一郎的一次接触:“我想如果我能够发现他现在在想什么的话,对我来说就是已经领先十年了,所以我和他谈了很长时间.可是,等到我真的明白他当时所表达的意思,那已经是十年之后的事情了.”南部阳一郎教授最为信奉的格言是《论语》上的两句话:“学而不思则罔,思而不学则殆”.他自己认为,物理学研究中最重要的是解决谜题,这就像是做纵横字谜游戏一样.

有关南部阳一郎教授的个性, Peter Freund 教授在给笔者的回信中也提到:“我印象最深的是他的深刻并且完全独特的创造性.我不是说他不像别人

一样思考问题,而是他的思考方式实在是太具个性.像他这样独特思考问题的伟大物理学家中,我知道的还有费曼和狄拉克.”

南部阳一郎创造性思维能力的产生恐怕可以追寻到他在战前日本的一段非同寻常的童年生活.南部于1921年1月18日出生在东京,其父南部吉郎是位“浪子”,与生俱来的反抗心理使得父亲在年少时私自离家出走,在没有得到家人的允许下结婚,后定居于东京.在南部阳一郎两岁的时候,东京曾遭受了一次强烈的地震,他至今仍然还保留着一些模糊的关于大火记忆.地震迫使父亲带着妻子和幼小的南部阳一郎回到了家乡福冈.“浪子”的回归得到了家人的原谅,而南部的母亲却始终不被家人接受.南部阳一郎的父亲只好把房子盖到了市郊.父亲成了一名教师,并且从东京带回了一个包括各学派书籍的图书室.成长中的南部阳一郎从那里受到了熏陶,他已经习惯了在阅读图书中找到自己的兴趣所在,至少从精神上学会了逃离当地学校当局的痛苦折磨.

当时的福冈学校的军事化色彩浓厚,在全日本

1) Peter Freund 在粒子物理学和弦理论方面有重要贡献,是2007出版的《A Passion for Discovery》一书的作者.

也是出了名的。学校的课程里尽是一些关于“帝国英雄”的传奇故事。男孩子们都要穿上破旧的军服，练习行军列队，射击和敬礼。“你必须眼睛盯着每一个人，要是你遇到了一个高年级的男孩而没有敬礼，他会狠揍你一顿。”南部阳一郎回忆说：“大冬天的凌晨4点，你就要走一英里的路赶到学校，光着脚在没有暖气的屋里学习武士剑击。”上高中时，父亲给他买了一些科学杂志，使南部阳一郎对科学产生了真正的兴趣。由于受父亲反政府言论的影响，南部阳一郎与其他的学生显得格格不入。当他长大后，他开始意识到他父亲的观点在军国情绪主义日益高涨的战时日本是十分危险的。因此，南部阳一郎学会了把想法留在自己的头脑中。他的这一个性后来对于他在军中的服役，甚至后来作为一名物理学家看来都是很有帮助的。他的创造性也许缘于他什么事情都要经过自己的独立思考，而不过多地受外部世界的左右。

曲折的生活经历赋予了南部阳一郎教授独特的个性，但这丝毫没有影响到他谦虚、乐观的天性。Freund教授告诉笔者：“南部教授还是一个非常谦逊的人，做事低调，平常也十分的安静，他和许多人都进行过合作研究。”Freund教授饶有兴趣地说，南部阳一郎还是一名业余的天文学家，他自己做望远镜，甚至还曾经发现了一颗彗星，这颗彗星结果没有算到他的名下，只是因为其他人比他早几小时进行了报道²⁾。

作为南部阳一郎的学生，美国西北大学的 Laurie M. Brown 评价说：“我非常欣赏他的思想和欢笑带来的乐趣，尽管我不总是能够领会、理解他的玩笑。由于他认为过度的工作是有害的，他还鼓动我去看棒球比赛，读探险故事和小说。”

结缘物理学

1937年到东京上了大学以后，南部阳一郎遇到了比较自由的学术环境和聪明的同学。在他学习的课程中，物理学最初曾经让他很是头疼。但受到了从事早期粒子物理学研究的老师汤川秀树教授的启发后，南部阳一郎还是选择了在东京大学攻读物理学的硕士。然而学校为了让学生应征入伍，缩短了学业，南部阳一郎的硕士课程提前6个月就结束了。在部队中，南部阳一郎挖战壕，搬运船只，都是一些重体力活。尽管身体疲劳，但他感觉精神上还比较自由。一年后，南部阳一郎被派遣去帮助陆军建立短波雷达。他后来还被派去窃取一份与雷达有关的海军

秘密文件。从中，他对物理学有了一些新的认识。

后来部队临时搬进了一个高尔夫俱乐部。在这里，南部阳一郎和他的助手智惠子的爱情开始萌芽。生活变得也美好起来，似乎远离了战争。然而有一天，南部阳一郎看见一个 B-29 机群掠过大阪，但却没有对这个城市投弹，而是转到了福冈。南部阳一郎因此失去了祖父母，父母由于住在市郊才得以幸免。

战后，南部阳一郎和智惠子结了婚，此后去了东京，获得了一个有长期保障的研究职位，而妻子由于要照顾生病的母亲不得不继续留在大阪。由于东京住房很紧张，南部阳一郎在办公室住了3年。煤气和用电都是免费的，他甚至还可以在那预备用来浇灭空炸大火的水盆中洗澡。在这期间，熬夜做大量的计算成了最吸引他的事情，他特别喜欢做数学计算，坐在那里慢慢地思考，重新规划，再把一个非常复杂的问题分解成一个个很小的问题。由于用两张办公桌拼起来睡觉，他的办公室的同事木庭二郎来得早，常常让他十分尴尬。此时，他可以从断断续续的“时代周刊”上获悉西方科学的进展，后来占领军的图书馆里的杂志，填补了南部阳一郎渴望阅读这些期刊的空缺。南部阳一郎回忆说：“那时我老是感到饥饿。每周大多数的时间用在了寻找食物上，剩下的时间才能用到物理学上。”

从日本到美国

1950年29岁的南部阳一郎成为大阪市立大学的物理学教授。他发表了一篇关于两个粒子如何结合的公式方面的论文。和其他人一起，他还预测，奇特的粒子应当是成对地产生的，这一发现通常被归功于 Abraham Pais³⁾。1952年，他师承1965年诺贝尔物理学奖得主朝永振一郎。朝永振一郎将南部推荐给了奥本海默(J. Robert Oppenheimer, 美国的“原子弹之父”)。南部阳一郎应奥本海默之邀来到了著名的普林斯顿高级研究所。在那儿，他遇见了许多非常聪明并积极进取的年轻人，每个人都可以钻自己喜欢的牛角尖，这样思想开放的学术气氛，让南部阳一郎意识到自己的能量可以得到完全的释放。几十年以后，南部阳一郎对一位同事这样坦陈道：“每一个人看上去都比我聪明，我认为我无法取得

2) Steve Koppes 博士在给笔者的回信中，对此说法作了如下的更正：我的一位同事本周谈到南部教授的这件事情时叙述了事情的原委，南部阳一郎其实是买了一台望远镜，他并没有自己做。他见到了这颗彗星，但并没有报道。

3) Abraham Pais 是爱因斯坦传记《Lord is subtle》的作者。

我期望的成功,我的神经都有些崩溃了”。

1954年,南部阳一郎获准移民美国,成为芝加哥大学的一名助理研究员,从事超导现象的理论研究。1957年,他首次将描述超导现象的自发对称性破缺应用于粒子物理学的世界,提出了一种新的粒子,当时却受到了人们的嘲笑。1960年,南部阳一郎对亚原子物理学中的自发对称性破缺进行了明确的数学描述,并绘制了一幅质量形成的路线图,他通过对一种超导理论的考察,提出了对称性自发破缺的概念,两篇论文均发表在1961年的《物理评论》上(Physical Review, 1961, 122: 345; 124: 246)。文章中他提出了南部-戈德斯通定理,首先将凝聚态物理方法运用于粒子物理理论,在某种程度上揭示了大自然混乱表象下面所隐藏着的对称性,彻底变革了基本粒子及其活动空间的科学概念。

Peter Freund教授告诉笔者:南部阳一郎教授在物理学上最重要的贡献至少包括三点:一是发现了自发性对称破缺现象的机理;二是对色规范理论的重大贡献;第三他是弦理论的创始人之一,这一理论现在被公认为是物理学的基本理论, Freund教授认为除了南部阳一郎教授外, L. Susskind和 H. B. Nielsen也独立地提出了这一理论设想。

两位性格迥异的物理学家的完美合作



图2 日本科学家小林诚(左)和益川敏英(右)

和他们的前辈南部阳一郎教授不同,小林诚和益川敏英是土生土长的日本学者。小林诚1944年4月7日出生于日本名古屋市。益川敏英1940年2月7日出生于日本爱知县。

小林诚和益川敏英是两位个性完全不同的学者。小林诚不善言谈,却擅长进行精密试验;而益川敏英性格开朗,善于理论思维。他们都毕业于名古屋大学,并且在研究生院的时候一起进入了坂田昌一博士的实验室。益川敏英于1967年获名古屋大学博士学位,小林诚于1972年获名古屋大学博士学位。

1972年,当28岁的小林诚与32岁的益川敏英在京都大学再次相遇时,两人一拍即合,当即决定进行合作研究,从而踏上了他们的破解夸克谜团之路。

当时,两人经常在实验室讨论,晚上回家了还要想。有时候,益川敏英晚上在脑子里构思好模型,早上告诉小林诚,让他再计算验证。两人预测的夸克种类是四种,这样才符合“自发对称性破缺”的设想。但是当时的实验只发现了三种夸克,两人的研究一时陷入了窘境。工作中断了半年后的一天,益川敏英正在家里洗澡,突然想到了“六元模型”。他兴趣盎然地给大家解释当时的情景:“洗完澡,脑子特别清醒,虽然只是单纯的设想,但是总算突破了四元模型的限制。”第二天早上,益川敏英向小林诚解释了他的设想。利用暑假的两个月时间,两个人顺利完成了验证工作。小林诚将研究结果写成英文,解释了对称破缺的起源。

1973年,研究结果出版,震惊了物理学界。根据他们的理论,只要存在六种以上夸克,对称破缺就能发生。这一大胆预言之后得到了精确验证。1973年发表这篇论文时,科学家只发现了三种夸克;1974年,粲夸克被发现;1977年,底夸克被发现;1994年,顶夸克被发现。2001年,位于美国斯坦福的线性加速器中心和日本高能加速器机构的两个巨型粒子探测器分别独立从实验上实现了对称性破缺,完全证明了30年前提出的“小林-益川理论”。笔者好奇地问小林诚教授:“当你和益川敏英1973年合作发表这篇论文的时候,预言了三个家族夸克的存在,你们有没有想到需要多长时间你们的预言才能被实验所证实呢?”小林诚坦白地说:“对此,当时我们真的一点想法也没有。”

日本物理学家的平常生活

两位日本物理学家的生活经历或许比不上南部教授的传奇色彩。然而,有一点似乎是共同的,家庭的教育和影响以及良好的科研环境造就了他们日后的成就。有趣的是,小林诚和益川敏英虽然性格不同,但都从小就偏爱数学和科学,而不大擅长语言类的学习。

小林诚的父亲是一位物理学家。小林诚两岁的时候,父亲便去世了,他之后和母亲在表哥海部俊树(日本前首相)的家中生活了一段时间,因此他更多受到母亲的影响。据海部俊树回忆说:“小林诚是一个很绅士的男孩,总是阅读很难的书,我觉得他显示了天才的特质”。或许父亲留给他的是一笔宝贵的

物理学家的基因。

儿童时期的小林诚非常贪玩,不喜欢记东西,因此日文和汉字都学得不好。上初中的时候,他对网球很感兴趣,还参加了网球俱乐部。他比较擅长数学和科学,高中的时候开始对物理产生了兴趣。他阅读了爱因斯坦和英费尔德合著的《物理学的进化》(“The Evolution of Physics”)并且觉得能够解决似是而非的问题是如此的有趣,而且他对于一些简单而原理性的问题更加感兴趣。

小林诚说,他不是那种专注于一事物的人。他喜欢许多事情,并认为这是他的优点,也是他的缺点。他说自己通常很容易放弃一件事情。同时,家庭生活在他的心目中占有重要的位置。小林诚15岁的女儿小林由佳说:“他对我来说是一名普通的父亲。他在家的时候,通常都是很悠闲的,没有什么业余爱好,节假日也就是看看电视,如足球或者美式橄榄球一类的。对我来说父亲有时真的是有些烦人的,他总是想要教我数学或者其他许多的东西。”

如果说南部阳一郎的独特个性和思维方式曾受到了父亲很大的影响的话,那么益川敏英能成为物理学家,应当说父亲有很大的直接功劳。益川敏英是家中的长子,父亲曾经当过电子工程师。他回忆说:“我父亲教我为什么日蚀能够产生,电动机的原理是什么等等,因此我对科学也就产生了兴趣”。从上小学开始,他就喜欢数学和科学的课程,而且学得很好。在初中和高中他的数学和科学课程都是出类拔萃的。

益川敏英的妹妹冈田妙子对自己的哥哥是这样评价的:“益川敏英是一位友善的、可以信任的兄长,对物理学他总是十分疯狂。在我小的时候,他老是教我玩,教我棒球和戏剧等。当我读高中的时候,他还教我学习。现在我才知道了当时教我的是一名多么伟大的老师。”高中的时候,益川敏英听说了名古屋大学坂田昌一博士的科学成就,他非常兴奋,“就在我现在生活的名古屋市科学取得进展真是太棒了,所以我决定进入名古屋大学”。

益川敏英和小林诚一样,似乎对语言的课程都不喜欢。他不喜欢日语和外语。研究生入学考试的时候,他对德语考试的问题一道也没有答。但因为数学和物理特别优秀,他还是通过了入学考试,得以顺利进入了研究生院。益川敏英也不喜欢英语。一生没有出过国,他甚至没有一本护照。他也从来没有接受过国外的特邀报告或者授奖等仪式。每次都只是小林诚去参加。不过,这一次他终于决定要参加诺贝尔奖

的颁奖典礼,当然也是第一次出国了。有一次采访他的人问他是否会在颁奖典礼上用英语发表演讲,他回答道:“为什么要用英语呢?如果是必须的话,我就不去了。”

迟到的礼物

今年的三位物理学家在自发对称性破缺的机制和起源方面的研究开创性成果举世公认,获得诺贝尔奖可谓是实至名归。然而,他们都表现得十分谦逊。

对于已经87岁高龄才获得诺贝尔奖,许多同事认为南部阳一郎教授早就应当获得这一最高荣誉。对此 Freund 教授告诉笔者:“南部教授过去30年来,不断地获得诺贝尔奖的提名。很多人认为,他的档案材料在诺贝尔物理学奖的整个历史上也是最丰富的。”诚然,对于87岁的理论物理学家南部阳一郎来说,诺贝尔奖的桂冠或许来得有点晚,不过这些年,他还是拿了许多大奖:沃尔夫奖、奥本海默奖、富兰克林奖、狄拉克奖和美国国家科学奖章。对于得到诺贝尔奖,他的反应是:“我感到惊讶和荣幸,我没有预料到这个奖。”

对于今年能获诺贝尔物理学奖,小林诚更加谦虚地认为:“我不觉得我的工作值得这一大奖”,他说“南部阳一郎博士是一名伟大的物理学家,我对他一直充满了敬意,读研究生的时候我阅读了他所有的文献。它们奠定了我后来研究的基础。能和他一起分享这一大奖,我感到非常的荣幸。”

谈到获得诺贝尔奖的感受时,益川敏英也说:“这是我们过去的工作,能够得奖并没有让我感到特别地高兴。作为一名科学家,我最大的快乐是实验的成功”。

其实对于年轻许多的两位日本物理学家,今年的诺贝尔奖同样是一份迟到的祝福。1972年,小林诚和益川敏英就提出了著名的“小林-益川理论”,根据这一理论作出的有关预言,如今正逐渐被实验所证实,这一理论也得到全球基本粒子物理学家的普遍认可。从30年前开始,“小林-益川理论”获诺贝尔奖的呼声从未停止。他们也一起获得了日本的物理学大奖,也获得过包括2007年“欧洲物理学会高能粒子物理学奖”在内的许多国际大奖。

小林诚的妻子小林惠美子说:“由于父亲去世早,小林诚从小就只和母亲一起生活,母子感情非常深厚。每年小林诚的母亲都关心他能否得奖,但遗憾的是母亲去年就去世了,要是能够早一点得奖,她会

感到很高兴的。不过，我们会在她的坟前告诉她这一消息。”

永无止境的探索之路

三位日裔科学家的获奖对本国年轻一代的学者无疑是一个巨大的鼓舞。当谈到对他们有什么希望的时候，益川敏英说到：“现在的青年科学家们都需要写项目或基金的申请报告，在我看来，他们不应当满足于仅仅对过去的论文做修修补补的工作，研究者应当写出属于自己工作的原创性的论文来，这样才能真正推动科学的进步。你还应当一步一步地直面有挑战性的问题。”

三位获奖者都在探究物质世界基本构成中作出了突出贡献，拓展了人类的认知疆域。但到目前为止，人们仍无法解释一种宇宙大爆炸之初产生的同类型的对称性破缺。2008年9月刚刚启动的日内瓦大型强子对撞机让全世界的科学家都充满了期待。

Freund教授也告诉笔者：“大型强子对撞机目的是寻找希格斯玻色子。该粒子之所以被预测存在是因为在弱相互作用规范场中发生了南部型的弱对

称自发性破缺。”

笔者请小林诚教授谈谈他对最近启动的大型强子对撞机有什么期待以及最近思考最多的是什么问题，他回答说：“我感兴趣的是超出标准模型之外的新物理学问题。我认为，大型强子对撞机在这一方面具有很大的发现潜力。”

或许，有了大型强子对撞机，再加上更多物理学家的智慧，我们能够在不久的将来就发现被人们称为“上帝的粒子”的希格斯玻色子，从而帮助我们解答2008年诺贝尔物理学奖工作还无法回答的悬念。但无论如何，人类对微观物质世界的探索还将不停地继续下去。

致谢 衷心感谢芝加哥大学 Steve Koppes 博士和日本的楠桥直博士对本文的热情帮助，感谢中科院物理研究所曹则贤研究员和中科院理论物理所刘寄星研究员对文稿提出的修改意见。

(本刊编辑 王进萍)



· 书评和书讯 ·

探索高等科教书店物理类书目推荐 (19)

作者	书名	定价	作者	书名	定价
W. Demtroder	激光光谱学 第3版(影印)	139.0	郭永怀	边界层理论讲义	48.0
张明生	激光光散射谱学	88.0	李政道	李政道讲义·粒子物理和场论	138.0
萧泽新	现代光电仪器共性技术与系统集成	28.0	刘恩科	半导体物理学 第7版	39.5
Born and Wolf	光学原理 第7版(影印)	150.0	徐克尊	近代物理学 第2版	48.0
羊国光	高等物理光学 第2版	38.0	梁瑞生	信息光学 第2版	30.0
M. Mansuripur	经典光学及其应用(影印)	110.0	陈家璧	激光原理及应用 第2版	29.0
Fundamentals	相干光学(影印)	49.0	萧泽新	工程光学设计 第2版	33.0
J. W. Goodman	傅里叶光学导论 第3版·秦克诚译	55.0	M. Orszag	量子光学	58.0
M. O. Scully	量子光学(影印)	98.0	H. C. Lefèvre	光纤陀螺仪·张桂才译	25.0
Leonard Mandel	光学相干性和量子光学(影印)	190.0	饶云江	光纤光栅原理及应用	68.0
周海宪	全息光学——设计制造和应用	68.0	张伟刚	光纤光学原理及应用	38.0
刘颂豪	光子学技术与应用(上下册)	380.0	C. Rullière	飞秒激光脉冲——原理及实验 第二版	68.0
李桂春	气动光学	64.0	陈义良	物理流体力学	29.0
李晓彤	几何光学·像差·光学设计	29.5	陈永甫	红外辐射红外器件与典型应用	35.0
潘君骅	光学非球面的设计、加工与检验	28.0	Orazio Svelto	激光原理(第四版影印版)	99.0
W. Koechner	固态激光工程(影印)	98.0	王之江	实用光学技术手册	180.0
M. Young	光学与激光——光纤和光波导 第5版(影印)	79.0	C. F. Klingshirn	半导体光学 第3版(影印)	118.0
姚建铨	全固态激光及非线性光学频率变换技术	120.0	E. Hecht	光学(第四版)(影印)·张存林改编	86.0
谈和平	红外辐射特性与传输的数值计算	39.8	张三喜	高速摄像及其应用技术	20.0
唐晋发	现代光学薄膜技术	29.0	王庆有	光电技术 第2版	36.0

我店以经营科技专著为特色，以为科技工作者和大专院校师生提供优质服务为宗旨，欢迎广大读者来店指导或来电查询。

电话 010-82872662、62556876、89162848

网址 <http://www.explorerbook.com>

电子邮箱 explorerbook@vip.163.com

通讯地址 北京市海淀区海淀大街31号313北京探索高等科教书店

邮政编码 100080

联系人 徐亮、秦运良