

弱电统一理论创始人之一——温伯格

张 会

(北京应用物理和计算数学所)

鲍淑清

(中科院物理所)

本世纪最伟大的科学成就之一便是弱电统一理论,它的建立,完成了人类历史上又一次大综合。人们都认为它可以与麦克斯韦电磁理论相媲美。为此,格拉肖、温伯格和萨拉姆分享了1979年度诺贝尔物理学奖。本文要介绍的正是弱电统一理论创始人之一——温伯格。

一、温伯格其人

S. 温伯格 (Steven Weinberg) 于1933年5月3日生于美国纽约。温伯格的父亲名叫弗雷德里克·温伯格,是纽约市的法庭速记员。母亲名叫爱娃·艾日瑞尔。由于父亲的鼓励,温伯格从小就热爱科学。他的中学是在布朗克斯理科中学完成的。同班同学中有G. 费恩伯格和S. L. 格拉肖。后来费恩伯格成了一名出色的物理学家,并且写过几本很有威望的书,还与温伯格就 μ 介子物理合作发表了几篇论文;格拉肖与温伯格一起分享了1979年物理诺贝尔奖,他还是温伯格的大学同学,并就弱作用问题与温伯格合作发表过论文。他们三人很要好,均是那所中学科学幻想俱乐部成员,而且常常参加这个俱乐部的活动,并一起为这个俱乐部主办的刊物撰稿。他们的早期物理大部分是在这个俱乐部的聚会中学到的。到十五、六岁时,温伯格的兴趣已集中于理论物理。

1950年,中学毕业后,温伯格来到康奈尔大学(格拉肖也同时来到这个大学)。当时康奈尔大学已成为国际重要的物理中心,R. 费曼也在这所大学任教。1954年,温伯格获得了学士学位。同年7月6日,与他的大学恋人L. 戈德瓦瑟结婚,后来她成为一位法学教授。此后,温伯格去了丹麦的哥本哈根理论物理研究所(即现在的玻尔研究所)。在该所G. 凯伦的帮助下开始了物理学的研究工作。1955年,他回到美国,进入普林斯顿大学继续他的学业。在导师

S. 特里曼的指导下,温伯格完成了关于重整化理论对弱作用过程中强相互作用效应的应用的博士论文,并于1957年获博士学位。重整化在他以后的工作中占有重要的位置。

1957—1959年,温伯格在哥伦比亚大学工作。此后,他在劳伦斯辐射实验室工作了一年。1960年—1969年受聘于伯克利加利福尼亚大学。其间1961—1962年在伦敦帝国学院;1964年温伯格升为正教授,这期间(1960—1965)他的研究课题相当广泛,包括量子场论中的高能行为,二级弱作用流, μ 介子物理、破缺对称性、散射理论以及宇宙学中的中微子问题等。选取如此广泛的题目是由于他希望自己谙悉物理的各个领域。1965年末,他开始从事流代数方面的研究工作,并把自发对称破缺的概念用于强作用;1966—1967年,他作为哈佛大学的洛埃(Loeb)讲座教授;1967年—1969年是麻省理工学院的访问教授。正是在麻省理工学院,1967年他发表了具有历史意义的论文“一个轻子模型”。

1969—1973年,温伯格担任了麻省理工学院物理系教授,当时的系主任是著名物理学家V. 韦斯考夫。1973年,温伯格受聘并接受了哈佛大学因著名物理学家J. 许温格离去而空缺的E. 希金斯物理席位,并一直担任到1983年。1973—1983年他同时被任命为史密斯天文台的高级科学家。其中1976—1977年,他是斯坦福大学的访问教授。70年代温伯格的工作主要是探讨强相互作用的有关理论——量子色动力学,以及朝着统一所有的相互作用的方向迈进。

从1982年开始到现在,他一直是奥斯丁得克萨斯大学J. 雷吉特尔理学教授,同时从1983年开始,他还是哈佛大学洛埃讲座物理学访问教授。

温伯格兴趣爱好广泛，他不仅是美国国家科学院院士，美国文学和科学院院士，美国物理学会会员，伦敦皇家学会外籍会员，而且也是国际天文学协会会员，美国中世纪学会会员，美国哲学学会会员和科学史学会会员等。他还曾在政府部门担任职务，他曾是美国军备控制和裁军机构的顾问(1960—1973)他还是美国国家科学奖章总统委员会成员(1979—1982)。

温伯格成果卓著，论文众多。他已发表 200 多篇科学论文，并出版了 5 本著作。这 5 本著作分别是：《引力论和宇宙论》(1972)，《最初三分钟》(1978)，《光辉的篇章—从原子到基本粒子》，(1982)，《基本粒子和物理定律》(1987)和《终极理论之梦》(1992)。据美国科学情报研究所在 1978 年对 1961—1976 年间科学论文被引用次数的统计，发现温伯格是世界上论文被人引用最频繁的一位科学家。

由于温伯格的杰出的科学成就，他曾先后得到了多种荣誉和奖励。除了获得 1979 年诺贝尔物理学奖外，1973 年获美国物理学会的数学物理 D. 海涅曼奖，1979 年获富兰克林学院的 E. 克莱逊奖章。他还于 1977 年获美国物理学会和美国钢铁业基金会科学写作奖；授予《最初三分钟》的作者奖。1991 年他获得了普林斯顿大学 J. 麦迪逊奖章，并获国家科学奖章。此外，他还具有诺克斯学院、芝加哥大学、耶鲁大学等多所大学的荣誉博士学位。

二、早期研究工作

50 年代中期当温伯格正在作研究生之时，量子场论由于量子电动力学的发展而取得了巨大的成功，此时人们试图将量子电动力学推广应用到其它领域，但遇到不少困难。通过阅读 F. 戴逊的论文，温伯格学习了重整化理论。与其他人不同，温伯格认为可重整性是一个很重要的原理，人们可以通过要求理论的可重整性，找到正确的理论。正是由于对重整化的这种信念，1957 年，在导师 S. 特里曼的指导下，他完成了博士论文“强相互作用在衰变过程中的作用”。文中，他利用一种有限的可重整性来对弱相互作用加以限制。1957—1959 年，他在哥伦

比亚大学作为期二年博士后工作。这二年中，他与 R. 马夏克 S. 大久保和 E.C.G. 苏达香等人合作了九篇关于弱相互作用的论文。

在他博士毕业后发表的最初一些论文中，温伯格认为唯有 1960 年发表在《物理通讯》上的论文“量子场论中的高能行为”受到了权威数学家的赞誉。事实上，他将此文拿给普林斯顿大学的物理学家 A. 威特曼(偏重于数学)时，威特曼看后评价说，文章中每个引理中都有血腥味。温伯格对此感到很自豪。在这篇论文中，他得出了一个相当难的小定理，补全了戴逊和 A. 萨拉姆的论证，即在可重整化理论中，所有的紫外发散可消去。

60 年代早期，温伯格对自发破缺对称性深感兴趣。破缺对称性即一个场理论的拉氏量具有某种对称性，而该体系的基态却破缺这种对称性。这一概念最早出现在固体物理中，后来由 Y. 南部等人移植到粒子物理学中。

1961 年，J. 哥德斯通在《新试验》杂志发表了一篇论文，提出了所谓的哥德斯通定理，即：若体系的拉氏量在某种连续变换下具有不变性，而这种对称性是自发破缺的，那么此时将伴随出现零质量、零自旋的粒子(哥德斯通粒子)。但这种粒子显然是不存在的。当温伯格听到这一研究结果后心里很不平静。1961 年夏，哥德斯通在美国威斯康星州麦迪逊城的一次会议上报告了他的理论。温伯格就这理论与哥德斯通进行了长时间的讨论。哥德斯通关于对称的思考方式深深地打动了。他认为，自然界不会再留下许多明显的对称性等待人们去发现，显然过去那种寻找对称性的传统已经过时，它好象已经走入绝境。他深深迷恋于对称破缺，他认为“关于对称破缺，最奇妙的事情是，可能仍然存在许多深层次的隐藏的对称性。并不是对称破缺本身令我激动，强烈吸引我的是，仍有对称性等待我们去发现。”

参加这次会议的还有 A. 萨拉姆，与温伯格一样，他也对对称破缺深感兴趣。但哥德斯通的结果很令他们失望，因为对称破缺导致了不存在的粒子。因此他们经过一些讨论认为该理

论一定有错误,一定不存在哥德斯通粒子.1961年秋,温伯格来到英国的帝国学院与萨拉姆一起继续寻找哥德斯通定理的缺陷.有趣的是,他们不但没有找到任何缺陷,反而至少用两种不同的方式证明了哥德斯通本人未证明的哥德斯通定理的正确性.他们将其写成论文,不过又怀疑他们所讨论的也许不是与哥德斯通所交谈的.于是他们打电话给当时在麻省理工学院工作的哥德斯通,问他是否愿意合作,哥德斯通表示同意.就这样,1962年他们三人合作发表了题为“破缺对称性”的论文.当时写这篇论文时,对那些无质量粒子的无可奈何使温伯格在论文中加了一段莎士比亚戏剧《李尔王》中的一段引语.这段引语是李尔王反驳柯黛迪丽娅时说的,“没有只能换到没有:再说一遍”.但《物理通讯》将这段引语删去了.

因此,60年代初期,如何避免哥德斯通粒子乃是场论研究的一个问题,许多物理学家进行了大量的研究.其中最引人注目的是P. W.希格斯在1964年发表的论文,文中指出,当规范场和基本标量场相互作用时,若有对称性自发破缺出现,那么哥德斯通玻色子和规范粒子以特殊的机制结合起来,使规范粒子成为质量不为零的粒子,而相应的哥德斯通玻色子自由度将变成矢量规范玻色子的纵向自由度,这就消除了零质量的哥德斯通粒子.此即现在所说的希格斯机制,它为弱电统一模型奠定了基础.

三、弱电统一理论

1965—1967年,温伯格开始了对手征对称性的研究.李政道和杨振宁早在1956年就已发现弱作用破缺手征对称性.由于手征对称性被弱作用所破缺,与这个破缺对称性相应的无质量粒子是 π 介子.或者说,由于手征对称性是近似的,所以 π 介子近似地为一个哥德斯通粒子,但具有很小的质量.因此看来哥德斯通玻色子零质量问题是可以避免的.也正是由于这个原因,温伯格对希格斯的工作没有产生太大的兴趣,认为它只是技术问题.

在随后的工作中,温伯格导出了 π 介子散射长度的一般结果,并引入了可以用手征性不

变的现象学的拉格朗日量去计算所有软 π 介子过程的一般方法.

1967年,温伯格一直在考虑强相互作用破缺 $SU(2) \times SU(2)$ 对称性的含义.他认为 $SU(2) \times SU(2)$ 对称性或许是“定域”对称性,而不仅是“整体”对称性,即强相互作用有可能用象杨-米尔斯理论那样的东西来描述.他构造了一个模型,其中的中间传播子是介子三重态.他试图构造这样一个关于 π 介子、 ρ 介子和轴矢量介子 A_1 的杨-米尔斯理论.为了使 ρ 介子获得质量,必须在拉格朗日量中加入一个共同的 ρ 和 A_1 的质量项.于是 $SU(2) \times SU(2)$ 对称性的自发破缺通过象希格斯机制那样的东西使 ρ 和 A_1 分裂.不过,由于这个理论不是规范不变的, π 介子应仍是物理哥德斯通粒子.对这个理论的研究,使他得出了 A_1 和 ρ 的质量比为 $\sqrt{2}$,对这个结果的进一步研究使他发现了“谱函数求和规则”,随后又发现了它的许多应用.但 $SU(2) \times SU(2)$ 理论不是规范不变的,因此不能重整化.但如果要理论满足规范不变性,因而是可重整化的,那么 A_1 应为重粒子, ρ 介子是无质量的, π 介子应该是不存在的,这好象与观察结果相抵触.

1967年秋天的某一天,当他驱车前往他在麻省理工学院的办公室时,他突然意识到他一直将一个正确的思想用到了错误的问题上.他意识到,他用于构造强作用的整个数学工具,正是他在研究弱作用和中间矢量玻色子问题中所需要而未真正想到的东西.因此,没有质量的粒子不是 ρ 介子,而是光子.伴随它的粒子不是 A_1 ,而是有质量的中间玻色子,它用来传递弱相互作用.这样,弱相互作用和电磁相互作用就可根据严格的但自发破缺的规范对称性的思想统一的描述.而且这一理论象量子电动力学那样,由于满足规范不变性是可重整化的,温伯格兴奋异常,“上帝!这正是弱作用的答案.”

于是他便开始构造精确的弱电统一规范理论,因为他已用他所重新创造的希格斯机制的数学形式消除了哥德斯通粒子.他首先集中钻研轻子,这是由于他感觉对强相互作用的理解

信心不足.有两种左旋电子型的轻子,即 ν_{eL} 和 e_L 一种右旋电子型轻子 e_R , 因而他以 $SU(2) \times U(1)$ 群为出发点, $SU(2) \times U(1)$ 自发破缺成具有普通电磁规范不变的 $U(1)$. 这将使四个矢量玻色子中的三个粒子: 荷电玻色子 W^\pm 以及他称作 Z' 的中性玻色子获得质量. 第四个玻色子: 光子保持无质量. 他还估算出 W^\pm 和 Z' 的质量大小, 其中引入, 即 γ - Z' 混合角, 也称温伯格角. (事实上格拉肖早在他 1961 年的论文中也提出了这个混合角, 但没有引起人们的注意.) 这样, 温伯格利用对称性自发破缺机制, 解释了光子和中间玻色子的质量差异, 在规范场理论的基础上建立了弱电统一理论.

很快温伯格就发表了这篇题为“一个轻子模型”(1967)的论文. 文章虽然只有三页长, 但却充满了自信. 怀着非常激动的心情, 温伯格在 1967 年的索尔维国际会议上解释了他的弱电理论. 但得到的回答仅是“*So What?*”(那又怎样呢). 第一次面对现在已成为粒子物理基石的理论, 参加会议的物理学家们竟然如此地不感兴趣, 这主要是由于它仅局限于轻子, 不能说明当时实验上为什么不存在中性流; 另外也没有证明理论的可重整性. 由于这些原因, 温伯格只好独自继续努力.

与此同时, 萨拉姆也提出了相同的理论. 萨拉姆早在 1959 年就发表弱电统一理论的论文, 并在 1961 年和 1964 年发表论文进一步讨论这样的模型. 1967 年他将希格斯机制应用到 1964 年的文章中重新构造了一个弱电统一规范模型, 并在英国帝国学院作了一系列报告. 1968 年 5 月在瑞典举行的第八届诺贝尔会议上报告了他的成果“弱作用和电磁作用”. 人们将这样的弱电统一模型称作温伯格——萨拉姆模型.

但是, 温伯格——萨拉姆模型仍然没有引起人们的重视. 在温伯格的文章发表后的两年中, 唯一在发表的文章中引用他的论文的人是萨拉姆(他是 1967 年底见到与其模型完全相同的温伯格的文章的). 1971 年, 温伯格将他自己的 $SU(2) \times U(1)$ 模型称为是“不受人欢迎”的模型. 正如哈佛大学的 S. 科尔曼所说,

“很少有如此伟大的成就被如此广泛的忽视”.

尽管如此, 温伯格坚信这是弱相互作用的唯一正确理论. 因此他开始着手证明理论的可重整性问题. 但几年来他只是断断续续的研究这个问题. 一个使他分心的原因是当时他正在写他的著名的《引力论和宇宙论》一书; 另一个原因是当时他积极投身于反弹道导弹的辩论和武器控制的工作中. 就重整化问题, 他还与他的学生合作, 但进展不大. 主要原因是他采用的方法使可重整性变得完全模糊了.

1971 年, 荷兰年轻的 G. 特胡夫特采用一种新的规范, 证明了关于对称性自发破缺的规范理论是可重整的, 亦即证明了温伯格——萨拉姆模型是可重整的. 但温伯格此时还不相信特胡夫特的证明, 因为他不熟悉特胡夫特所用的方法. 随后经过李等人的工作, 将特胡夫特所用的方法翻译成了温伯格熟悉的方法, 这才使温伯格确信可重整性的证明.

1970 年, 格拉肖等将弱电统一规范模型推广到同时包含夸克的体系. 实际上格拉肖早在 1958 年就提出过弱电统一模型, 并在 1961 年发表了题为“弱作用的部分对称性”的论文, 此文使他分享了 1979 年诺贝尔物理学奖. 因此成功的弱电统一模型也叫 GWS 模型.

温伯格以及格拉肖、萨拉姆弱电统一理论中都预言了由中性中间矢量玻色子 Z' 来传递的中性流的存在. 特别是在温伯格 1967 年的论文中, 已经明确预言了中性流的强度(因为预言了 Z' 粒子的质量大小). 因此检验弱电统一理论的最好方法是寻找中性流的存在. 1971 年末, 温伯格分析了以往对中性流相互作用的观察结果, 发现没有任何实验否定中性流的存在. 因此, 他积极倡导从实验上寻找中性流, 并于 1972 年发表了题为“半轻子过程中中性中间玻色子效应”. 他还于 1971 年去费米实验室鼓励实验工作者开始这样的探索. 大约同时, 欧洲的理论家们也在劝欧洲核子研究中心(CERN)的实验工作者进行这样的实验.

1973 年欧洲核子研究中心和费米实验室均从实验上发现了中性流的存在. 随后的实验

均表明中性流相互作用的性质与 GWS 模型预言一致。1983 年,欧洲核子研究中心又相继发现了弱中间矢量玻色子 W^\pm 和 Z^0 , 进一步证实了 GWS 理论的成功。弱电统一理论的成功,完成了人类历史上又一次大综合,人们都认为它可以与麦克斯韦电磁理论相媲美。

四、其他重要贡献

1. 量子色动力学

温伯格不仅对弱电统一理论作出了杰出贡献,而且对描述强作用的量子色动力学也作出了重要工作。1972 年,温伯格将用规范理论描述相互作用的思想扩展到强相互作用领域,并证明如果强相互作用象弱电相互作用那样,由规范理论描述的话,那么奇异数守恒、电荷共轭不变性等均可被解释。后来,他又指出,这种规范理论对许多弱相互作用和强相互作用的性质:如破缺手征对称性;矢量流,轴矢量流;CVC(矢量流守恒)和 PCAC(轴矢流部分守恒)等均可给出很自然的解释。1973 年, H. D. 波利策, D. J. 格罗斯和 F. 维尔切克分别独立地发现关于强相互作用的规范理论具有渐近自由的性质。然而温伯格发现仍然存在一个问题,如果象弱电统一理论那样给传递强相互作用的矢量玻色子以质量的话,那么包括强相互作用标量场的理论会破坏渐近自由。另外虚中间矢量玻色子还会带来别的问题。1973 年春天,温伯格想到(格罗斯和维尔切克也分别独立地想到),强相互作用的标量场可以被全部去掉,强相互作用的规范对称性保持不破缺,这样矢量玻色子或“胶子”是无质量的,而这种理论中的夸克和无质量的胶子,由于它们之间的相互作用随距离增大而增大,是不可观察的。这就解释了实验室为何观察不到它们的存在。假定强相互作用不是标量场,夸克具有“三色”,再加上 SU(3) 规范群,这就是量子色动力学(QCD)。此外,温伯格还发展了导致 QCD 的新方法;阐明了 U(1) 问题;进行了夸克质量比的运算;而且还与 G. 斯特曼一起证明如何在微扰理论中计算喷注产生的截面。

2. 大统一理论

鉴于规范理论在描述弱电统一理论和 QCD 理论的成功,人们希望将 QCD 和弱电理论统一在一个更大的规范理论,即大统一理论中。J. 帕蒂和萨拉姆于 1973 年最早提出了这样的模型。1974 年温伯格与 H. 乔治和 H. 奎因合作,最早对大统一理论中的统一质量进行了估计。他们用重整化群技术研究得出,强、弱和电磁相互作用其“耦合常数”不再是常数,而是随着相互作用能量的改变而改变。大统一标度是在能量极高时实现的,在大统一标度上,各种耦合常数全部是彼此相比拟的。他们还认为,在通常的能量范围内,强耦合之所以比弱耦合强的多,是因为量子色动力学是渐近自由的。这样当能量从大统一标度降到普通数值时,其中耦合常数缓慢地增长。强耦合随能量的变化很慢,所以大统一的能量标度(Λ_u)必然很大。他们还估算出 Λ_u 、质子寿命值以及混合参数 $\sin^2\theta$ 的值。此后人们设计了新实验,测定质子会不会衰变,以验证大统一理论。但迄今为止,实验上质子的衰变还未被确证。1979 年,针对自发对称性破缺的困难,如实验上一直找不到希格斯粒子等,温伯格等人提出了人工色理论。事实上,早在 1976 年他就提出过这种设想,即用费米子-反费米子凝聚来代替希格斯粒子。这个理论由于存在一些问题没有成功。近几年,又有人重新讨论这些问题提出了所谓“走动耦合”人工色理论和“标度不变的人工色理论”。

80 年代初,温伯格还研究了超对称理论和超引力理论以及高维理论,80 年代中后期(85—87 年),他还研究了超弦理论。他对粒子物理学的许多前沿课题都进行了探讨,如质子衰变,中微子物理,弱作用理论,粒子质量问题,重子、轻子数不守恒问题,规范场问题等。目前他正在粒子物理学的前沿领域继续研究。

3. 宇宙学贡献

除了在粒子物理和场论的许多领域的重要工作,温伯格还对宇宙学深感兴趣。他是最早将粒子物理应用到宇宙学的科学家之一。

还是在上高中的时候,温伯格就对这方面的问题很关心而且很感兴趣。但真正产生科学

兴趣是1959—1961年期间当他在旧金山阅读了H. 邦迪的《宇宙学》一书时。通过这本书温伯格第一次认识到宇宙学不仅仅是一门观察者的学问,而是具有足够的数学深度,因此理论工作者也可以去学习和研究。他认真研究了邦迪书中的内容,发现其中存在有关中微子问题。对这个问题的深入探讨使他于1962年发表了一篇宇宙学论文,“宇宙学中的中微子问题”。

1969—1971年,他在伯克利加州大学和麻省理工学院给研究生讲授广义相对论。据他回忆他主动承担了这门课是由于他想学习广义相对论和宇宙学。正是在这门课的讲义的基础上,温伯格于1971年写成了他的著作《引力论和宇宙论——广义相对论的原理和应用》,并于1972年出版。这本书的特点是,他没有采用一般教科书中所用的黎曼几何,而是把从实验导出的引力与惯性的等效原理作为讨论广义相对论的基础。他认为这样可以解除引力理论和物理学其余分支之间的隔阂,比如我们不能指望强作用,弱作用和电磁作用均可由几何语言来理解。该书已成为引力理论、相对论和现代宇宙学方面的一个重要文献。

事实上,这本书的写作使他不能集中精力证明自己1967年提出的自发对称性破缺的规范理论的可重整性。结果特胡夫特给出了这个证明。他后来说“事实上,发现一个理论比出版一本书更令人兴奋。”他对这本书感到很自豪,不过他也对仅提出了弱电统一理论而没有证明其可重整性感到遗憾。

1977年,当他在斯坦福大学作访问教授时,他又发表了他的得奖科普著作《最初三分钟——宇宙起源的现代观点》。此书包括了宇宙学和现代物理学的观点。既适合普通读者也适合宇宙学工作者。此书出版后已译成22种语言,已成为全世界宇宙学爱好者喜爱的读物。1981年我国科学出版社发行了该书的中译本。

1979年,温伯格以及其他科学家指出,与大统一理论相关的物理过程应用于宇宙早期时,可能决定两类基本粒子:光子和重子的相对比率。此前,这一比率一直是作为宇宙的性

质无须理解而被接受。温伯格的这一想法以及相关的工作鼓舞了一代粒子物理学家(包括A. 古斯)去从事宇宙学的研究。

1990年,A. 莱特曼和R. 布拉沃出版了《起源:现代宇宙学家的生活和世界》一书,该书根据对现代宇宙学家的采访而写成。其中温伯格作为现代宇宙学家而被收入此书,书中详细地展示了温伯格是如何对宇宙学产生兴趣,以及他对宇宙学许多问题的观点。

由于“对统一基本粒子间弱相互作用和电磁相互作用的理论所作的贡献,特别是有关弱中性流的预言”,温伯格与格拉肖、萨拉姆三人共同获得1979年的诺贝尔物理学奖。瑞典皇家科学院的B. 内格尔教授在授奖仪式上指出,他们的工作,“通过显示弱力和电磁力的密切关系,扩大并加深了人们对弱力的理解:这两种力作为统一的弱电相互作用的不同方面而出现”。“这种新理论的重要性首先在于它的跨学科性质。它为说明强力和进一步统一基本粒子间各种相互作用树立了典范。”

温伯格始终对对称性原理和可重整性原理有着极大的爱好,正如他在诺贝尔讲演中指出,“我们现在关于基本粒子相互作用的详细理论,在很大程度上是对称性原理和可重整性原理的演绎结果。”事实上,他的许多重要工作正是对这两个原理的坚强信念支配下完成的。他还指出,“物理学的前途是越来越乐观的,没有什么比发现破缺对称性理论会使我高兴。……这些对称性尽管是破缺的,但却是支配一切现象的严格的原则,是外部世界完美性的表现。”

对科学家必须具备的素质温伯格曾发表过精辟的见解。他认为,这些素质包括:对自然界要有进攻性;不要安于书本上已给出的答案,而是要去尝试发现与书本上不同的东西;要积累经验;此外他还认为,要有哲学上的独立见解以指导研究;要读些科学史等等。温伯格自己就是美国哲学学会会员和科学史学会会员。

温伯格具有作家那种边走边思考的工作习惯,因此他喜欢在家里作物理,而并不常去办公室工作。在家里工作他可以在办公桌放上电视

费米的研究风格

俞 成

意大利物理学家费米(1901—1954)是一位全能的物理大师。费米在其有限的一生中,对现代物理诸多领域做出了杰出贡献。他创立了费米——狄拉克统计法;对电磁辐射量子论进行了富有成效的研究;建立了原子核 β 衰变的量子理论;他用中子轰击原子核产生了人工放射性,并发现慢中子效应;他领导并参与了世界上第一座自持链式反应堆的建立,并且为第一个原子弹的研制做出了重要贡献;他在粒子物理和天体物理方面也有很深造诣。此外,费米还是一位杰出的学术带头人和优秀的教师,他先后在罗马和芝加哥建立了影响深远的物理学派。费米之所以做出如此多的重大贡献,是与他研究物理的独特风格分不开的。

1. 理论和实验相结合。杨振宁曾指出,战后美国高能物理的成功是在于同时做了两件事:实用的和不实用的,并且配合得非常之好,体现了美国物理的真正精神,而这种精神是费米带来的(曹天予“从 π 介子到夸克”,《自然辩证法通讯》1985年第5期,第79页)。费米的夫人劳拉在《原子在我家中》一书中也曾形象地写道:“费米一生中总是摇摆于理论物理学和实验物理学之间,很方便地适应着变化中的需要。无论什么时候,只要看来没有进行令人感兴趣的实验的机会,他就在办公室里埋头计算。但是,只要他对一个实验研究有了一种想法,或者只要有人在设计和制造一种新仪器设备,他就任凭他的稿纸落满灰尘,而把他的全部时间花在

机,这样可以边看电视边作物理。

温伯格从外表上看给人一种严肃、稳健、高贵的感觉,他说话深沉、简洁。业余时间他还对中世纪史一直有着浓厚的兴趣,他可能是美国中世纪学会会员中唯一的物理学家。

1978年秋季,温伯格教授一家应邀来我国

实验室里”。

2. 时刻关注物理学前沿领域。20年代中期是量子力学发展的激动人心的时期,此时费米致力于量子统计和电磁辐射量子论领域;30年代核物理正在兴起,费米专心于原子核的 β 衰变理论、人工放射性和中子物理学;战后,粒子物理方兴未艾,费米的兴趣转移到 π 介子物理领域。正是由于费米有敏锐的洞察力,紧跟物理学新潮流,及时调整研究方向,才使他在物理学诸多领域均做出了突出贡献。

3. 非凡的估算能力。费米具有很强的物理直觉,对复杂的问题,能抓住本质,忽略次要因素,提炼简要的物理模型,迅速地解决它。这里提一下一个众所周知的事情,第一个原子弹爆炸时,费米撒下了手中的小纸片,当爆炸来的气浪把它们卷走后,费米测出纸片飞行的距离,很快就估算出爆炸的威力。费米的结果与精密仪器测得的结果是一致的。

4. 勤奋刻苦的探索精神。费米在探索的一生中,让自己生活中的一切都服从于工作。他的劳动日很早,早晨6点到8点按时构思和写作,然后到大学上班或去实验室工作直到深夜,只有在吃午饭和午休时才放下工作。著名物理学家蓬泰科尔沃曾写道:“费米的生活过得就象有一种什么荷尔蒙在支配着他的感情和生活方式,使其自动地保证有最佳条件从事科学研究。”(戈林著《著名物理学家略传》,第172页)

进行了为期6天的访问。他是参加了第十九届国际高能物理会议后来我国访问的。尽管在北京逗留时间很短,但是他还是积极地为我国高能物理工作者作了三次学术报告,同时还与我国从事层子模型研究的学者就物质的层次问题等,进行了广泛的讨论。