

# 重访斯德哥尔摩

侯儒成 编译

欧洲核子研究组织(以下简称西欧中心)的物理学家卡洛·鲁比亚和西门·范·德·梅尔在发现 $w$ 和 $z$ 粒子中做出决定性的贡献,被授予1984年诺贝尔物理学奖。五年前,谢尔登·格拉肖、阿巴达斯·萨拉姆和斯蒂芬·温伯格因发现把弱相互作用和电磁力统一起来的“弱电”规范理论曾前往斯德哥尔摩领取诺贝尔物理学奖。他们在发现规范理论的时候,同时还预言了在什么能区可找到 $w$ 和 $z$ 粒子。

去年12月,这三位理论物理学家又到斯德哥尔摩,同1984年诺贝尔物理奖获得者一起参加了为斯德哥尔摩学生们特意安排的一次小型座谈会。

在介绍物理工作的进展情况时,斯德哥尔摩皇家技术学会的本格特·纳格有选择地放了一段1979年的录音。这段录音生动地说明了当时预见中的粒子在短短的几年内被发现是多么出人预料!纳格高度赞扬了西欧中心的对撞机所取得的成就。

在诺贝尔获奖年鉴里,理论上的预言和实验中的发现,如此相辅相成,确属罕见。在座谈中,温伯格首先发言。他说:“到十九世纪中叶七十年代,我们好像对在实验室就可创立的粒子理论有了很好的了解,这一了解如同对物理学的了解一样,是很不全面的。过去有现在仍然有大量的未定参量,其值需从实验中确定,比如质量、标度、耦合参量、混合参量,等等。另外,在弱电和强相互作用之间、夸克和轻子之间等方面,都缺乏明显的统一。

为找到某种能够使它们统一起来的理论,世界上的理论物理学家们曾付出巨大的努力,但结果总是使人感到失望。当我们的同事实验物理学家们正阔步前进并取得新的成果时,我们理论物理学家又在探索一个又一个的新的思想。虽然我们花费了很大的心血,但都没有取得成功。

譬如为把强和弱、电相互作用按弱电统一的办法搞一个大统一理论而做出的努力(我的同事谢尔登·格拉肖和阿巴达斯·萨拉姆都积极参加了这一工作)。这些大统一的理论,使人们普遍期待着质子是不稳定的,其寿命在实验中可以勉强看到。但非常遗憾,到目前为止,人们尚未发现质子衰变。

理论物理学家们提出了几种理论,但迄今为止,没有一种能完全站得住脚。他们虽然做了大量工作,但

在具体预言方面,还拿不出任何东西来可与实验相比。尽管许多新的想法认为,在能量非常高的情况下,将会趋向于大统一,但我个人认为,利用现有的技术进行实验,发现一些新的东西是可能的,况且,现在已有了一些迹象。

实验物理学家可能会给理论物理学家确定方向,但新的理论思想因为非常成功,因而会对所有未知数都能加以解释,也是可能的。”

在回答有人提出的关于把基本的物理思想同宇宙论联系起来的问题时,温伯格解释说:“尽管在对宇宙论的问题提出定量的解决办法中取得了重大成绩,但迄今还没有一种定量的预言具有说服力,比如六十年代对氦丰度的预言就是如此。

我认为,这一工作是饶有趣味的,但还看不出有能对任何这种思想加以肯定的希望,遗憾的是,用这些思想不能从定量上做出精确的预言,因为宇宙在经过各种初期阶段以后,走过了一个漫长的统计平衡时期,在这种平衡中,所有早期的那些有趣的现象均被淘汰,在宇宙空间这个大锅里,只留下宇宙剩余物,不知道还有其它成份在里边。”

西门·范·德·梅尔向广大听众详细介绍了目前加速器的状况。他说,为了探索越来越小构成物质的最基本组成部分,需要越来越大的加速器。他还说:“现在人们得出的结论是,不能再用固定靶加速器了,因为在打击静止靶粒子时,损失了大量的能量。取而代之的是对撞机,因所有的能量都能得到有效的利用。要搞对撞机,人们往往都乐意搞正负电子的而不是质子对撞机。质子和反质子碰撞往往一团糟,因为粒子充满了夸克和胶子。人们不愿意搞质子对撞机的另一个原因是,粒子都要用去能量,故使对撞能量大大降低。但另一方面,质子在加速器中却易于控制,因为轻的粒子像电子一样,在环中运行时因同步辐射而损失了能量。在西欧中心,我们可以利用现有的超质子同步加速器环中的质子和反质子。用这种办法来处理单一环中按相反方向运行的束流是比较划算的——比造一个新的环要省钱得多。但是考虑要造能量更高更大的环,建造反质子的办法是否仍可采用呢?

我们是这样做的,而且取得了成功,但在建造过程中,困难重重。我们得整天收集反质子,稍有一点儿小的毛病,就全部丢失,一切工作都得从头做起。如果要造一台新的加速器,我认为最好是搞两个环的质子加速器,因为造起来容易,运行时性能稳定,比造单环的也多花不了多少钱。

西欧中心正在建造LEP加速器,建成后能使100 GeV的正负电子对撞。美国费米实验室的新的超导环把质子加速到800 GeV,正在计划建造一台1 TeV的加速器。美国还在研究建造一台20 TeV的加速器。如果建成了,我们欧洲人就会处于不利的地位。我们现

在讨论的计划是,把 LEP 隧道用作质子环。由于该隧道不是很大,所以提供的能量只相当于美国拟议中的 20TeV 加速器所提供能量的二分之一,但造价较低。如果美国高能物理学界申请不到足够的经费来建这台加速器,我们欧洲人就会处于有利的地位。”

萨拉姆在发言中,首先感谢 1984 年诺贝尔物理学奖获得者以及承担建造质子反质子对撞机的造价者们所做出的贡献。他说:“范·德·梅尔讲了加速器建造的近期规划,我想展望一下未来,即 2006 年。”接着又说:“理论物理学家们注视着  $10^{19}$  GeV 的能量——爱因斯坦公式所给出的所谓普朗克能量。怎样才能达到这一能量呢?目前的加速器都受到每米 0.1GeV 能量加速场的制约。考虑到这一因素,我们可提出建造  $10^4$  GeV 的加速器。要记住  $10^{19}$  GeV 这一数字。拍波激光等离子加速器已经出现,其能量可能会比普通加速器高上千倍。即使是这样,要达到  $10^{19}$  GeV 的能量也遥遥无期。但我相信,到 2006 年一定会出现实现这一能量的比较新的思想。”

然后,萨拉姆又把话题转到了棘手的经费问题上。他说:“我们具有好奇心,要探索基础知识,就必须付出一定的代价。一般说来,所需经费只相当于国民经济总产值的 2% 的十分之一,通常情况下,用于科学、研究和发展的开支都保持在 2% 的水平。因我来自发展中的国家巴基斯坦,对于用在加速器上的大笔开支,人们问我怎样加以解释。我的回答总是:在技术领域里,大的科学就要花钱多,将来核军备竞赛一停止,大的科学就会取而代之。如果技术领域要想取得进展,我们将成为它的救世主。建造加速器所需要的资金与用于核潜艇上的投资相比,简直是微不足道的。一些国家一方面不断削减科学经费,另一方面又在发展核潜艇上投资。一想到这种做法对未来究竟意味着什么,我便不寒而栗。”

最后,萨拉姆谈到人们长期以来试图把所有自然力统一起来的梦想。他说:“好像我们的路子走得不对。认为可以说明强相互作用统一的质子衰变,似乎没有奏效。但是,有一种令人难以置信的漂亮的对称性可能存在,即玻色子和费米子之间的超对称。遗憾的是,只有我们理论物理学家能够使它成为一个规范理论时才能够理解,这就是超引力理论。超引力理论意味着相互作用混杂在一起,它们不能干净地单个地显示出来。

深一步地讲,关于超对称问题,近来的研究工作表明,在高维空间里可得到统一,统一的最佳维度是十一维度。该十一维度理论被斯台芬·霍金称之为“包罗万象理论”。但这一理论若行不通,我们不得不向后倒退。

目前的状况不佳。竞争性的理论虽多,但对自然力的统一却都解释不了。由此得出的结论是,物理学

总是一门实验科学,我们得经常回来请教梅尔和鲁比亚以及加速器。”

鲁比亚也强调了这一点。他说:“我们都在期待着一个重大的惊人的发现,但不知来自何方。”他又说:“正像梅尔谈的那样,强子和正负电子对撞束都是从固定靶发展过来的。这一重大革命改变着五十年前从劳伦斯就开始搞的加速器的面貌。

与此同时,非加速器科学也有了很大发展。不久前人们认为,要出名的唯一办法是自己拥有加速器。现在已认识到,没有加速器,也有许多办法可使人出名。

实验有两种:一种是寻找非常小的质量、中微子质量或中微子振荡的实验;另一种是寻找非常大的质量效应的质子衰变实验。寻找质子衰变的实验目前正在进行中,如果真的有,很可能在近几年内发现。

在加速器方面,我们的确不知道在哪台加速器上会做出惊人的发现。我个人认为,用不着再造比目前的对撞机能量高上百倍的加速器了。新的物理工作可能比我们想的要接近得多。在西欧中心对撞机上看到的证据,已经展现出了我们还不懂的新的现象。

还记得  $J/\psi$  粒子发现的情况吧。当时西欧中心的交叉储存环运行的能量为 60GeV,而  $J/\psi$  新粒子的能量才仅是 3GeV。由此可以看出,不单单是个能量问题。发现这一新的粒子,完全是靠人们对以前曾做过的工作的细致的观察。

$w$  和  $z$  粒子的发现,如同  $\pi$  介子的发现一样,使人们了解了新的质量标度。但当  $\pi$  介子发现时,对会产生的大量共振态没有持怀疑态度。同样,我们不知道  $w$  粒子互相接近时会产生什么现象。 $w$  粒子的相互作用怎样?不同的理论会有不同的答案,但是作为一位实验物理学家,我想知道的是新的光谱学是什么样子。这是个实验中有待解决的问题,解决的唯一办法是做更多更细致的实验。”

最后发言的是希尔登·格拉肖。他在高度评价西欧中心的对撞机时说:“我们当中很少有人相信,用这台加速器不仅能发现  $w$  和  $z$  粒子,而且还能发现顶夸克。这台加速器工作得非常出色,真是奇迹。”

为了找到令人吃惊的东西,高能物理学界以外的人们曾做了努力,如寻找自由夸克、磁单极、中微子质量和质子衰变这些实验,我一度曾认为这是方向,但现在看来,并非如此。令人吃惊的事正从高能物理而来。虽然鲁比亚和梅尔非常谦虚,他们还是正在讨论意外中的发现。”

然后,格拉肖采取了一种更富有哲理的观点。他说:“对解基本粒子物理之谜,有两种迥然不同的做法,我把它们称之为上行法和下行法。萨拉姆和温伯格采取的就是第二种做法——像爱因斯坦的做法那样,从某种光辉的思想出发,试图从包罗万象理论到加

速器上看到的小的效应去解释自然力的统一。采取这种下行法，显然是行不通的。它始于爱因斯坦 1917 年对广义相对论的光辉发现，但从 1917 年开始，这种方法一直在走下坡路。

上行法比较麻烦。我们需要听取实验物理学家的意见，搞清不符合我们标准的点点滴滴和难以解释的宇宙的图画。

正像理论界的同事们讲的，下行法不会取得多大成功。上行法也同样如此。

梅尔谈到了高能物理领域中的国际合作。他认为，我们不应再把此看作为竞争。加速器的造价低时是竞争，但现在造价越来越高。希望过去的竞争转变为卓有成效的合作。西欧中心十三国合作的成功，将会扩大国际合作的范围。我现在就讲，五年后当宣布诺贝尔物理奖获得者时，获奖的将是那些当之无愧的欧洲人，这将标志着与世界上其它国家进行高能物理合作的开端。”