

狄拉克获诺贝尔奖的经过

王 正 行

(北京大学技术物理系 北京 100871)

20世纪物理学的第一位巨人当然是爱因斯坦。但谁是第二位,谁又是第三位呢?这个问题的答案就因人而异。扬振宁先生在一次演讲中曾经说过,他最佩服的3位当代物理学家,是爱因斯坦,费米和狄拉克。杨先生说,狄拉克解决问题的方法像是神来之笔,读狄拉克的论述有秋水文章不染尘的感觉。我们想在这里来说说狄拉克获诺贝尔物理奖的事。

20世纪20年代中期参与量子力学建立的,主要是格丁根学派的玻恩、海森伯和约尔丹,剑桥的狄拉克,法国的德布罗意和奥地利的薛定谔。1924年玻恩意识到需要有一种新的数学规则来从经典力学过渡到量子力学。1925年夏天海森伯猜到了这种数学的基本形式应该是二维的数组即矩阵,写了一篇论文。玻恩和约尔丹写了第二篇论文,随后他们与海森伯合写了第三篇论文。这3篇论文奠定了量子力学的基础,在物理学史上分别称为一个人的论文、两个人的论文和三个人的论文。狄拉克看了海森伯一个人的论文预印本后,提出了一套量子力学与经典力学对应的规则,独立地得到了与玻恩和约

尔丹两个人的论文相同的结果,并进而发展了一个系统的理论。另一方面,德布罗意在1924年提出物质波假设。1926年薛定谔在这个思想的启发下提出了一个波动方程,算出氢原子的能级,建立了波动力学,后来又进一步证明波动力学与量子力学完全等效。量子力学的这6位奠基人,除了约尔丹外,余下5位后来都相继获得了诺贝尔物理奖。

狄拉克在物理学史上具有里程碑性的工作,是两年后的1928年发表的。这就是他关于电子的相对论性波动方程,这个方程现在称为狄拉克方程。这个方程从几个简单和明显的假设出发,出乎预料地自动包含了电子的自旋,并且给出了电子的与实验符合的朗台 g 因子2,立即为物理学界所接受,并激起了对它进一步和深入的研究。

这种深入的研究揭示出一个相对论所固有的问题。在经典力学中,自由粒子的能量正比于动量的平方,所以总是正的。但是在相对论中不然。在相对论中,自由粒子能量的平方与动量的平方成线性关系。所以,对于给定的动量,粒子的能量有正负两

子核的自转轴绕磁场的进动以一种很细微的方式依赖于自转轴和磁场的夹角。国家标准局一直未发现此效应使我相信:原子核的非线性效应对其能量的贡献不会大于 10^{-27} 。在此以后,温兰德和其余几位实验家先后在哈佛大学,普林斯顿大学和一些实验室内改进了这些测量,结果发现,非线性效应甚至还要小。因此,如果说量子力学的线性性质只是一种近似的话,那它毕竟是一种很好的近似。

这一切也并不非常令人奇怪,因为即使存在对量子力学的微小非线性修正,我们也没有理由去要求它能大到在第一轮实验中就能清晰地观察到。真正对这种理论感到失望的地方在于这种非线性修正存在一些纯理论上的困难。一方面,我没能找到一种能将这种量子力学的非线性修正建立在爱因斯坦狭义相对论的理论基础之上。另一方面,在我的论

文发表之后,日内瓦的吉辛和我的同事、德克萨斯大学的约瑟夫·波琴斯基都分别指出,根据爱因斯坦-波多斯基-罗森(EPR)的思想实验,这一非线性理论可以用来在长距离间瞬时传递信息,但这与狭义相对论相违背。至少在目前,我已经放弃了我的非线性理论,原因很简单,由于我不知道如何对量子力学作一点小改动而不将其彻底破坏掉。

不仅仅是对线性性的精确验证,而是寻找另一种可行的量子力学新理论的失败使我相信:对量子力学的任何修改都会导致逻辑上荒谬的后果。如果确是这样的话,量子力学将是物理学中永恒的一部分。这就是说,量子力学不是深层次理论的一种近似,即不像牛顿引力理论只是爱因斯坦的广义相对论的一个近似那样,而是像终极理论那样具有精确成立的特征。

个解。具有负能量的粒子,速度与动量的方向相反;设法增加动量,其能量却相应地减少。这就像驴一样,打着不走拉着倒退,在哥本哈根的玻尔研究所里被伽莫夫诙谐地称为“犟驴电子”。而我们在实验上还从来没有看到过这种具有负能量的犟驴电子。

一般人在自己的理论与实验观测不一致时,总是相信实验事实而怀疑理论有问题。狄拉克则不同,在他的天平上理论的优美远远高于实验的测量。如果理论在数学和形式上十分完美,他就要想到是不是实验有问题。评论家把狄拉克的这种态度称为他的贵族风格。为了解释为什么在实验上看不到这种具有负能量的电子,狄拉克假设真空并非空无所有,而是所有的负能态都被电子填满了,由于泡利原理,具有正能量的电子不能跃迁到负能态去,不能产生可观测的效应。这就是著名的狄拉克海。如果这种负能态空出一个来,亦即在狄拉克海中出现一个空穴,那就像是多出了一个具有正能量和正电荷的粒子。

狄拉克的这个假设是经不起推敲的。填满无穷多个负能态的电子就是一个无限大的负电荷分布,会产生无限大的电场。所以,狄拉克又想办法来说明为什么观测不到这个无限大的电场。他的解释是很牵强的。狄拉克关于负能态电子的这个理论实在不能看做是一个严格意义上的理论,至多只能说是一个过于简化的模型。包括玻尔和泡利在内的许多很有影响的物理学家都持怀疑的态度。

可是,狄拉克据此预言了具有正电荷的电子,这是可以用实验来检验的。美国加州理工大学的安德森和英国卡文迪什的布莱克特以及意大利物理学家奥夏里尼于1932年在宇宙射线中发现了这种正电子,安德森并且把它命名为“正子”。虽然安德森和他原来的老师和研究计划主持人密立根都认为这并不是狄拉克理论中的正电子,但是这个粒子的电荷和质量确实与狄拉克预言的一致。实际上,狄拉克方程的负能困难后来在量子场论中才得到合理和满意的解决。这就是狄拉克获奖前的背景。安德森后来在1961年回忆说:尽管在事实上狄拉克的相对论性电子理论是关于正子的一个恰当的理论,以及尽管在事实上几乎所有的物理学家都知道有这个理论,但是它在正子的发现中并没有起什么作用。当时安德森和密立根都相信正子是从宇宙线光子引起的原子核反应中发射出来的,而不是来自正负电子对的产生。

在1928年,爱因斯坦就提出应给量子力学的奠基人授予诺贝尔物理奖,他提出的候选人有德布罗意,薛定谔,海森伯,玻恩和约尔丹。1929年,维也纳的物理学家梯林格(Hans Thirring)又提名德布罗意,海森伯,薛定谔和狄拉克。诺贝尔奖委员会说海森伯和薛定谔的理论“还未能给出任何新的更基本性质的发现”,所以1929年的诺贝尔物理奖只授予了德布罗意,他预言的物质波已经被实验证实。1931年爱因斯坦又提名薛定谔和海森伯,1932年爱因斯坦接着提名薛定谔。

1932年没有授奖。1933年被提名的有海森伯,薛定谔,狄拉克,索末菲,朗之万,布里奇曼,戴维孙,帕邢和伍德,等等。提名薛定谔的有7位,其中包括爱因斯坦、玻尔、奥辛、夫兰克、莫里斯·德布罗意和路意·德布罗意。提名狄拉克的有威廉·布拉格和波兰物理学家比阿洛布采斯基(Czeslaw Bialobrzanski)。比阿洛布采斯基提名的第一候选人是朗之万和伍德,狄拉克是他提的第二候选人。布拉格提的候选人是薛定谔、海森伯和狄拉克,他说:“在薛定谔,海森伯和狄拉克这3人之间很难作出区分,是否有可能开一个先例,把奖金分给他们3位,特别是去年没有授奖,我觉得这样授奖是公正的,会让大家都高兴。”

后来诺贝尔奖委员会采纳了布拉格的建议。实际上,海森伯获得了1932年的奖,而薛定谔与狄拉克分得1933年的奖。有意思的是,狄拉克只获得了两个提名,并且都不是第一候选人,而上面提到的其他候选人获得的提名数都比狄拉克多。如果诺贝尔奖委员会只单纯考虑提名数的话,狄拉克就会失去这次机会。

更有意思的是诺贝尔奖物理委员会对狄拉克的评价。当时诺贝尔奖物理委员会有5位委员:奥辛(Carl Wilhelm Oseen),胡尔森(Erik Hulthen),普莱杰尔(H. Pleijel),西格班(Manne Siegbahn)和卡莱姆—吉楞斯可尔德(Vilhelm Carlheim-Gyllenskold)。其中只有奥辛与胡尔森两位对量子理论有很好的了解,西格班是一位得过诺贝尔物理奖的X射线专家,普莱杰尔来自瑞典皇家技术学院,而卡莱姆—吉楞斯可尔德已经74岁,不接触近代物理了。奥辛是乌普萨拉大学的教授,玻尔的好友。他小心谨慎地为狄拉克写了长达28页的备忘录。奥辛认为,狄拉克虽然是一位有独创性的多产的科学家,但是对于物理学的基础来说,还不是一个真正的开拓者。他

在这个备忘录中写道：

“无论我们必须多么高度地评价狄拉克的工作，这个工作仍然不像海森伯的工作那样具有基本的意义。在以实现海森伯大胆思想为己任的一群研究者当中，狄拉克处于前列。与玻恩和约尔丹相比，他是独立的。刚才提到的材料表明了这一点，而且对论文的研究也支持这一点。但是，相对于海森伯来说，狄拉克是一个后继者。”

无可怀疑的是，狄拉克 1928 年的相对论性电子理论在为他获得诺贝尔奖的天平上加上了最大的砝码。按照奥辛的看法，“迄今为止，这个工作对他的名气贡献最大。”在写给诺贝尔奖委员会的备忘录中，奥辛的结论是：

“如果要问，狄拉克是不是普朗克、爱因斯坦或玻尔那样水平的科学开拓者，我想，现在来说，对这个问题的回答肯定是不。但是，必须承认，一个科学家能否成为一位伟大的开拓者，这不仅取决于他自己，还取决于他所生活的时代。当狄拉克睁眼面对科学的世界时，他无疑看到了发展海森伯的思想是最重要和当务之急的事。狄拉克把他的全部生活和精力都投入了这一事业，以至于至今他还没有时间做出他真正伟大的具有革命性的工作。但是，这种工作仍然可能会出现，这不是完全不可能的。值得指出的是，狄拉克的多数真正具有开创性的论文都是最近几年才提出来的。”

关于狄拉克对物理学的贡献，奥辛的这种批评性的评价是值得商榷的。看来，奥辛确实是低估了狄拉克的工作的革命性特性。这种特征在今天比在 1933 年看得更清楚。但是，即便是在当时，量子理论的大多数专家们也都认为狄拉克是一位可与玻尔和普朗克相比的革命性天才。

如果根据诺贝尔奖物理委员会的意见来作决定，狄拉克肯定就失去了这次机会。有利于狄拉克的转机出现在瑞典皇家科学院的全体大会上。按照诺贝尔奖的工作程序，诺贝尔奖委员会根据提名数来确定候选人，但并不是根据提名数来确定受奖人。授奖的最后决定权不在诺贝尔奖委员会，而在瑞典皇家科学院的全体大会。那么，瑞典皇家科学院的全体大会根据什么来作出判断和选择呢？须知大部分院士对于物理都不是行家，更不要说量子力学了。文件上没有细说，只含糊其辞地说因为狄拉克“发现了新的关于原子理论的富于活力的形式及其应用”而授予他诺贝尔物理奖。也就是说，并不是为了狄

拉克的某一件具体工作，而是为了他 1925 年以来的所有工作。毋庸置疑，院士们心中想的当然是狄拉克 1928 年的相对论性理论以及他对于正电子的预言。后来历史的发展证明这个决定是完全正确的，狄拉克方程现在是任何一本完整的量子力学教科书必不可少的一章，是任何一本量子场论讨论的基础和出发点。

狄拉克被邀请参加 1927 年索尔维会议，与爱因斯坦坐在一起讨论量子力学的解释问题，这意味着他已经被接纳进入科学殿堂的最顶层。这时他才 25 岁。1930 年狄拉克当选为英国皇家学会会员，在那个年代的英国科学家来说，完全可以与获诺贝尔奖媲美了。到 1932 年，狄拉克又接替拉莫尔爵士，成为剑桥大学卢卡斯数学教授。主持过这个历史性教席的，第一位是牛顿的老师巴罗，第二位是牛顿本人。现在担任这个教席的则是斯蒂芬·霍金。评论家说，狄拉克是担任过卢卡斯教席的人中真正可以与牛顿相比的人。可以说，在 1932 年他 30 岁时，狄拉克已经达到了名誉的顶峰。

当得知被授予诺贝尔物理奖时，狄拉克最初的反应是想拒绝这份瑞典人给他的殊荣。因为他性格内向，不愿意成为轰动社会的新闻人物。但是卢瑟福说服了他。卢瑟福对他说：你如果拒绝接受诺贝尔奖，就会成为更加轰动的新闻人物。与海森伯一样，狄拉克是由他妈妈陪着去斯德哥尔摩领奖的。伦敦的一家报纸形容他“腼腆害羞得像个小小羚羊，典雅文静得像维多利亚时代的处女”，文章的标题是“害怕所有女人的天才”。

• 书讯 •

《现代科学技术大众百科》出版

从 2001 年 9 月 4 日中国科学院召开的《现代科学技术大众百科》出版座谈会上获悉，由路甬祥担任主编的该书，共有 620 名院士、教授和专家参加编撰，计 400 余万字，是一部展现现代科学技术全貌的百科上品，尤其适合具有中等文化程度的广大读者。

《现代科学技术大众百科》共分 3 卷，《科学》卷主要编撰了当代 9 门重大的基础学科的成就和前沿领域的新进展；《技术》卷主要编撰了 14 种当代技术特别是高新技术的成就；《科学与社会》卷的内容囊括 12 类当代科学、技术与社会之间发生相互作用的领域，增进了科学与人文文化的交融。