

物理学史中的十月

1955年10月19日:宣布发现反质子
(译自 *APS News* 2016年10月)



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

20世纪初期,科学家以为粒子的能量一定都是正数。但当1928年狄拉克(Paul Dirac, 1902~1984)以方程式说明相对论性电子在电磁场内的行为时,看法就改变了。狄拉克提出说,反粒子可能和粒子都存在,两者成对,质量相同,只是电荷和能量相反*。

在狄拉克的研究之后,科学家开始竞争,要找出实验的方法来证明反粒子的存在——这过程只花了4年的时间。1932年8月,一位年轻的加州理工学院的博士后研究员安德森(Carl D. Anderson, 1905~1991)记录下一张历史性的照片:带正电荷粒子通过云雾室的轨迹。它既不是质子,也不是朝反方向运动的电子;它是反粒子,后来被称之为正电子。尽管最初有其他物理学家质疑,但他的结果来年就得到了证实。此发现很快地使安德森于1936年获得诺贝尔奖,时年31岁,是最年轻的得奖者之一(狄拉克早3年获得诺贝尔奖)。

狄拉克的理论成功后让物理学家下结论说,他的理论也可应用到质子上——也就是说一定有反质子。但当时已有的加速器尚不够强大,无法产生反质子。因此,劳伦斯(Ernest O. Lawrence)在他加州伯克利的“放射实验室”开始建造一个同步加速器,可以生产20亿电子伏特,足以用来产生质子-反质子对。这个机器叫做(Bevatron)加速器,因为在当时10亿电子伏特缩写的单位是BeV(现在称之为GeV)。

当时有两个不同的团队负责寻找反质子的任务:洛夫格伦(Edward Lofgren)领导一个团队,塞格

雷(Emilio Segre)和张伯伦(Owen Chamberlain)带领另一个(图1)。Bevatron加速器有很高的加速电压,可以产生反质子。他们的挑战是,要在千万分之一秒碰撞中所产生的反质子,在和质子接触相互湮灭后所产生大量的粒子中去探测反质子。他们下结论说,他们必须很精确地测量两个性质:动量和速度,才能基于质量和电荷来做认定。

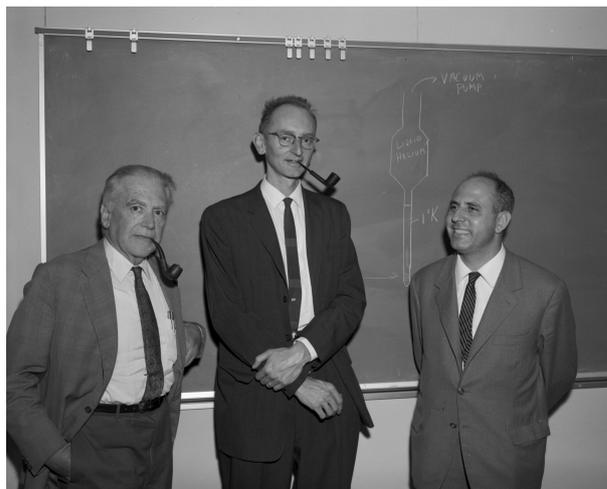


图1 1965年10月12日,西班牙的访客卡尔玻(Manuel Calvo)和张伯伦(中)、塞格雷(左)合照(图片来源:PICRYL's archive of photos)

两个团队都选用一个精心制作的磁四极透镜系统来测量动量,当质子束和铜标靶碰撞时,粒子碎片会四处飞散,而只有那些在特定动量区间的粒子碎片可以通过透镜系统,让每一个负粒子偏转通过准直仪孔,正粒子则被挡下来。

关于速度测量,物理学家使用闪光计数器来测定粒子经过两个相距12米探测器之间的时间。这

可以帮他们分辨 π 介子和反质子,因为前者可以快11纳秒走完全程。然而,也有可能两个 π 介子类似一个反质子的讯号,因此物理学家也会使用两个契伦柯夫辐射(Cerenkov radiation)探测器,一个使用液态氟碳化物当介质,另一个使用石英。第一个将测量所有比反质子快的粒子速度,而第二个设计用来探测那些速度和所预测反质子的速度完全相同的粒子。

为了防止探测错误,他们还会配置另一检验,当作最后一道保护。它使用照相乳胶把显示出质子-反质子对相互湮灭事件的星型讯号挑出来。

两个团队于1955年8月开始轮流实验运作,虽然Bevatron加速器于9月5日,塞格雷和张伯伦第二轮的中途故障,但一修复好,洛夫格伦(图2)即慷慨地让出他的质子束排定时间给他们,因此他们可以完成实验。结果那是具决定性的一轮,得到反质子的第一个证据。

为要从成万个粒子反应中分析所有数据,团队招募操作员,例如研究生的太太,来和这大的测量机器(绰号“怪物”)一起工作,追寻粒子的踪迹。操作员使用脚踏板将数据打孔在IBM的卡片上,由早期的计算机重建那些粒子踪迹,计算出每一个粒子的动量和能量,让他们能辨识所产生的粒子。最后,再检查乳胶影像以确认每一个湮灭的事件。

塞格雷和张伯伦的实验总计探测到60个反质子,团队于1955年10月19日的记者招待会宣布此重大的发现,论文于11月1日在《物理评论快报》(*Physical Review Letters*)发表,距论文送出后仅8天。当然,此发现成了全国头版新闻,虽然有当地



图2 伯克利物理学家洛夫格伦和马可密伦(Edward McMillan)在Bevatron加速器屏蔽板上,马可密伦是同步加速器的共同发明者
(图片来源:Lawrence Berkeley Nat'l Lab)

《伯克利报》(*Berkeley Gazette*)的一位记者误解了物质/反物质湮灭的本质,而宣称它是“令人担忧的新发现”,很显然地,他相信假如人接触到反质子的话,那个人会爆炸。

塞格雷和张伯伦两人都因此发现获得了1959年诺贝尔物理奖。至于Bevatron加速器,它又持续运转了40年,于1971年重新改造成重离子注入器。质子束正式于1993年关闭,机器最后于2011年拆除。

*编者注:从场论或数学的角度来看,狄拉克方程的负能解对应的就是反粒子;但反粒子作为真实粒子,其能量当然是可测量的正值。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心“CASE报科学”,网址<http://case.ntu.edu.tw/blog/?cat=3145>)



科苑快讯

长寿命生物混合机器人

在柔性衬底基于心脏或骨骼组织组成的生物混合机器人,由于组织收缩和功能丧失会缺乏灵活性和耐久性。现在,受到现实中生物体的启发,东京大学(University of Tokyo)的森本雄矢(Yuya Morimoto)和同事开发了一种“对抗性”的骨骼肌组织,一个收缩、一

个伸展,使生物混合机器人克服了这些缺陷。这项技术将用于制造更逼真的机器人,能够拾取和放置物体。

(高凌云编译自2018年7月9日《欧洲核子中心快报》)