

共同分享了 1990 年度诺贝尔物理学奖。

弗里德曼、肯德尔和理查德·泰勒有关电子与质子和束缚中子的深度非弹性散射实验,是在美国斯坦福大学直线加速器中心(SLAC)进行的。在建设 SLAC 时,泰勒负责磁铁和谱仪的安装,后来成了实验项目的总负责人;弗里德曼和肯德尔为谱仪研制了粒子探测器,后来负责处理实验数据,并在 1972 年代表实验小组全体成员作了总结报告。1967 年,大型电子直线加速器建成并达到设计能量,作为试运行开始了一系列电子-质子散射实验,包括电子-质子弹性散射实验、正电子-质子弹性散射实验和电子-质子非弹性散射实验。但是,这些实验的结果只是证实了已有的结论。当入射电子能量进一步加大时,就进入了从未有人探索过的深度非弹性散射区域。这时,电子的能量是如此之高,以至于可以深入到质子内部,甚至将质子打碎。由于质子分裂成碎片要吸收更多的能量,散射电子的能量应当比平常低的多。然而,实验发现电子-质子深度非弹性散射的大角度散射截面比弹性散射的大得多。起初,他们认为,是实验结果不正确,或者是解释有错误,还可能是因为出现了系统误差,误差的来源也许是所谓的“辐射修正”,即入射电子或散射电子以光的形式辐射掉了相当大的能量。于是,他们对辐射修正作了仔细研究。结果证明,辐射修正并不重要。他们把电子-质子深度非弹性散射和电子-质子弹性散射以及电子-电子弹性散射分别进行了比较,发现随着

散射角增大电子-质子弹性散射截面急剧下降,而深度非弹性散射截面与电子-电子弹性散射截面之比却变化不大。这一事实表明,电子以极大的能量深入到质子内部时,遭遇到的不是“软”的质子靶,而是和电子类似的点状“硬”核。然而,当时实验物理学家们并没有领悟到这一点。SLAC 理论组的成员布约肯(J. D. Bjorken)运用流代数求和规则对实验结果作了分析,并提出标度无关性对实验结果作了解释。但是,由于流代数是抽象的数学方法,他的工作一直未能得到人们的理解。后来,费恩曼把质子看成是点状部分子的复合体,把电子-质子深度非弹性散射看成是电子与质子内的部分子发生弹性散射。经过计算,证明布约肯的标度无关变量正是部分子动量与质子动量之比。就这样,费恩曼从深度非弹性散射实验和标度无关性找到了部分子模型的重要证据。人们很快明白,部分子和夸克原来是一回事。另外,电子-质子深度非弹性散射实验还表明,盖尔曼在 1962 年提出的电中性粒子“胶子”有可能存在。1971 年,韦斯科普夫(V. F. Weisskopf)和库提(N. Kurti)提出,正是这种“胶子”在夸克间传递强相互作用才使夸克组成强子。接着,1973 年创立了量子电动力学;1979 年丁肇中小组首先找到了支持胶子存在的证据。

显见,电子-质子深度非弹性散射实验引起了粒子物理学的一系列新进展,使粒子物理学进入了“夸克-胶子”时代。

## 科苑快讯

法科学家成功地使氦原子呈现出凝聚状态

据《科技日报》报道:法国巴黎高等师范学院和法国奥尔赛光学研究所研究人员最近通过实验,成功地使氦原子呈现出玻色-爱因斯坦凝聚状态。据称,在这项研究的基础上,人们或许可以在未来的 5 年到 10 年里,利用这种冷凝物能产生出原子“激光”,即一种原子的束流,其特点和光学中的激光非常相似。

这项研究成果是在法国巴黎高等师范学院勒迪克、科昂-坦努吉和法国奥尔赛光学研究所的韦斯特布鲁克及阿斯柏的领导下完成的,其中科昂-坦努吉曾因与美籍华人朱棣文等人合作发明用激光冷却和俘获原子的方法而获得 1997 年诺贝尔物理学奖。

据法国专家介绍,玻色-爱因斯坦凝聚又称“凝聚”,它是一种现象,是物质低于某种临界温度时的

基态高度布居。法国科学家是用激光冷却的方法使氦原子获得凝聚状态的,即使氦原子温度和绝对零度(零下 273.16 摄氏度)只差百万分之一度,那么在这种状态下,氦原子也仅能以每秒 1 厘米左右的速度运动,几乎接近于静止状态。

研究人员指出,这是科学界首次使氦原子在亚稳态下达到这种特殊的状态。此前,世界上任何一个实验室都未能使氦原子获得过玻色-爱因斯坦凝聚状态。

法国科研部部长施瓦岑贝格对法国研究人员的这项重大研究成果给予了极高的评价。他在给学者们的贺信中说,这项研究成果在原子物理学领域是世界第一,它是基础研究的一个里程碑,因为人们目前还无法完全预见到原子“激光”的应用潜力,但当初在人们刚刚发现激光时,又有谁曾料想到激光会对我们今天的日常生活发生如此巨大的影响呢?

(卜吉 秦宝 编)

现代物理知识