

CERE 实验产生出夸克-胶子等离子体

CERN 计划于今日(2月10日)公布“有力的证据”,表明 CERN 的科学家们已经创造了预言在大爆炸后不久就一直存在着的物质的夸克-胶子等离子态。

如果这一结果得到证实,那将是人类首次在实验室条件下观测到大爆炸之后最初三分钟的情况,那是组成原子核的质子和中子产生的时刻。

这样的‘核子’是由两类基本粒子组成的:夸克和将夸克结合在一起的力的载体——胶子。但是,人们从未探测到自由夸克,理论预言它们只存在于一种非约束态中,要么是在这一很小的时间窗口上,要么是在很高能量的重离子对撞时的能量密度上。

量子色动力学预言,在这样的能量上,夸克和胶子非束缚地共同存在于等离子体中。多年来,科学家们努力去发现这种等离子体,但由于大质量离子的高能碰撞的现象的复杂性,不可能实现这一发现。

CERN 科学家现在宣布,他们在从 1994 年开始的一系列实验中已经创造了这种夸克-胶子物质,在这些实验中,CERN 的超级质子同步加速器(SPS)将很高能量的铅离子束打到金靶或铅靶上。

这些对撞所产生的温度比太阳中心的温度要高 10 万倍,在实验室实验的大体积内曾达到最高的能量密度(每立方毫微微米 $3-4\text{GeV}$)。这样的对撞足以打破将夸克束缚在核子内的力。

由于 CERN 实验中的能量水平不足以通过探测以光子形式发射的电磁辐射的方法对自由夸克进行直接的探测,CERN 科学家也在寻找夸克物质存在的间接证据。

另一些实验的探测器经最佳化处理,用以测量等离子体膨胀和冷却及夸克-胶子等离子

体凝聚时形成的质子、中子和介子等强子的信号。

有一个实验设计用于探测稀有的 J/ψ 介子,它是由一个粲夸克和一个反粲夸克组成的。粲夸克是很重的,只能在铅离子束打中靶时随即产生。

从理论上讲, J/ψ 介子的形成受到夸克-胶子物质的压制,后者能减小粲夸克和反夸克之间的相互作用。 J/ψ 实验其实是在测量到达探测器的 J/ψ 介子数,假设夸克-胶子等离子体已经产生了。

在去年 5 月举行的都灵夸克物质会议上,参与 CERN 研究计划的 600 名物理学家认定,综合他们的研究结果,支持一种理论,即在高能密度时夸克自由了(或称“退禁闭”)。

他们选择在相对论重离子对撞机(RHIC)实验开始前宣布实验结果。RHIC 是布鲁克海文实验室的一台专用夸克-胶子等离子体工厂,当它在几个月后开始运行时,由于有更高的能量,能产生长寿夸克-胶子等离子体。

法兰克福大学的一位教授认为,CERN 的研究人员不仅能创造出夸克-胶子物质,还能观测到它衰变为质子和中子。

RHIC 的科学家对 CERN 的成就表示欢迎。RHIC 将在初夏产生结果,并将研究夸克-胶子等离子体本身的性质,而不是通过其衰变来研究它。布鲁克海文的对撞机将通过两条重离子束的对撞,产生出 200GeV 的质心能量。

物理学家们预期会产生出长寿等离子体,而且可能直接测量由自由夸克产生的光子。RHIC 副所长说,他完全同意 CERN 科学家的结论,他们的夸克-胶子等离子体的证据是非常有力的,但他也认为,RHIC 对自由夸克进行的直接测量将消除所有的怀疑。

从 2005 年开始,CERN 的 ALICE 大型重离子对撞机实验投入运行,它将取代 RHIC 实验。利用 CERN 新建的大型强子对撞机 LHC,ALICE 将能产生每核子质心能量 5.5TeV 的对撞能量,几乎比 RHIC 高出 30 倍。

(卜吉 秦宝编)