

谈谈新粒子谱

—— η'_c 和胶子球的发现

黄

涛

提起新粒子,人们一定会想到 J/ψ 粒子. 1974年 J/ψ 粒子发现以前, 粒子物理学家正陶醉于 $SU(3)$ 对称性分类成功, J/ψ 粒子的发现揭示出物质世界中除了已知的普通强子外, 还存在一种性质很不相同的粒子, 大家称它为新粒子. 普通强子是由 u (上层子)、 d (下层子)、 s (奇异层子) 组成的, 而 J/ψ 粒子无法从 u 、 d 、 s 来解释. 一系列的实验事实告诉人们 J/ψ 粒子是由一种新的层子 c (粲层子) 组成的. 可以毫不夸张地说 J/ψ 粒子的发现揭开了基本粒子物理学的一个新篇章. 在那以后, 人们不仅发现了 J/ψ 粒子一个家族, 而且还发现了其它新的家族. 例如 Υ 粒子家族, 它是由底层子 b 组成的; 在轻子家族中还发现了重轻子 (τ 轻子). 这样, 考虑到层子的味 (u 、 d 、 s 、 c 、 b) 和颜色 (红、黄、蓝) 以及反层子, 共有三十种; 而对于轻子族来讲有 e 、 μ 、 τ 、 ν_e 、 ν_μ 、 ν_τ 以及它们的反粒子共有十二种. 人们可以预测还可能存在更多的新粒子有待实验上不断地发现; 不仅如此, 实验上还可能揭示出新的标度, 在那样的标度范围内将揭示出层子和轻子也不是基本的, 也有它们的内在结构.

这里, 首先谈谈老的新粒子 J/ψ 的家谱, 最近发现的 η'_c 就是属于这个家族的 (见图 1). 大家知道 J/ψ 粒子是由 c 层子和反 c 层子组成的自旋为 1、宇称为负的矢量粒子, 两个自旋为 1/2 层子除了可以组自旋为 1 的矢量粒子外还可以由 $(c\bar{c})$ 组成赝标介子 (自旋为零, 宇称为负) η_c . 实验上还揭示出 J/ψ 的径向激发态 ψ' (至于 ψ'' 有人解释它为径向激发态, 也有人解释它为轨道角动量 D 波激发态), 还有轨道角动量为 P 波的激发态 χ 、 χ' 、 χ'' , 其自旋、宇称、 c 宇称分别为 0^{++} 、 1^{++} 、 2^{++} . 近来, 在 Spear 上的水晶球实验组发现的 η'_c , 它是 η_c 的径向激发态. 其质量为

$$m_{\eta'_c} = (3592 \pm 5) \text{MeV}$$

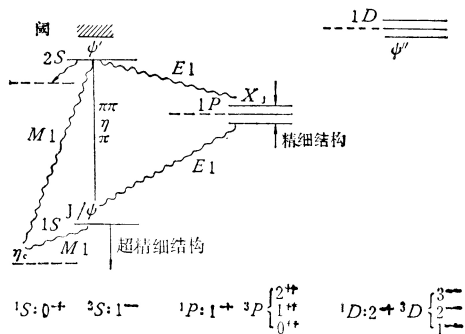


图 1

它与 ψ' 的质量差为

$$m_{\psi'} - m_{\psi'_c} = (92 \pm 5) \text{MeV}$$

其宽度大约小于 9MeV . 它是从 ψ' 的衰变中发现的 (见图 2), $\psi' \rightarrow \gamma + \eta'_c$, 其衰变分枝比为 $(0.3-1.2)\%$. 由于分枝比很小, 还缺乏足够的实验数据确认它是 η'_c 粒子, 人们相信它是 J/ψ 家族中的一个新成员.

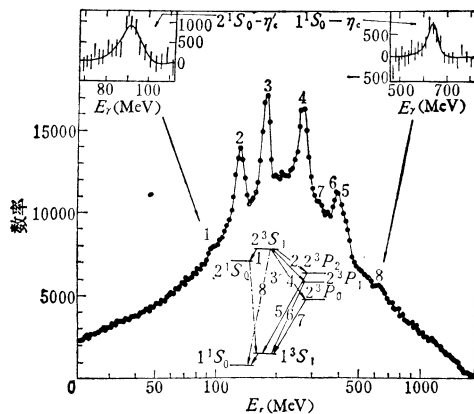


图 2

其次谈谈 Υ 粒子家谱. 它的家谱远没有粲粒子家谱清楚. 然而由于 Υ 粒子是由较重的 b 层子构成的; b 层子的质量大约在 $4-5 \text{GeV}$, 因此 b 层子在 Υ 粒子内部的运动可以用一个势模型来处理, 对于量子色动力学相互作用提供一些有价值的信息. 在 Υ 粒子家族中, 相继发现了它的径向激发态 Υ' 、 Υ'' 、 Υ''' (见图 3), 它们衰变为正、反轻子对的宽度与静止势模型. 理论预言是一致的. 此外, 它们可以通过发射 π 介子而衰变到 Υ 粒子

$$\Upsilon' \rightarrow \Upsilon + \pi\pi$$

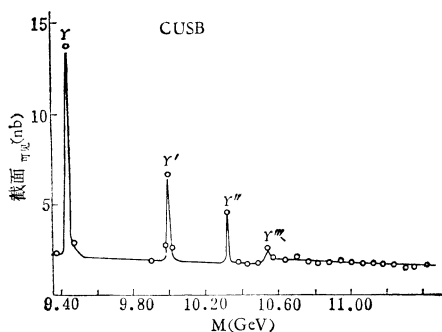


图 3

找理论上可预言的磁单极子、黑格斯粒子、轴子 (Axion)轴子是在研究量子色动力学中提出的,因为在量子色动力学中存在一项,对应着强 CP (电荷共轭宇称和宇称的组合)破坏,从已有的中子电矩实验可知这一项的系数 θ 很小,理论上为了解释 θ 为什么这样小而引入了轴子,并预言轴子的质量很小,比 π 介子的质量还要小. 在近五年中,人们设计了各种实验在寻找它,目前在 SLAC 以及 CERN 都有实验在寻找轴子.

综上所述,可以见到在基本粒子这样小的微观世界中,新粒子谱愈来愈丰富,而且将会更加丰富. 这些新粒子的发现将更深刻地揭示出粒子世界的本质的以及动力学机制.