

BESIII上Zc(3900)粒子的发现

姓名： 师晓东
单位： 中国科学技术大学
导师： 彭海平教授
专业： 核与粒子物理
Email: wherenpc@mail.ustc.edu.cn

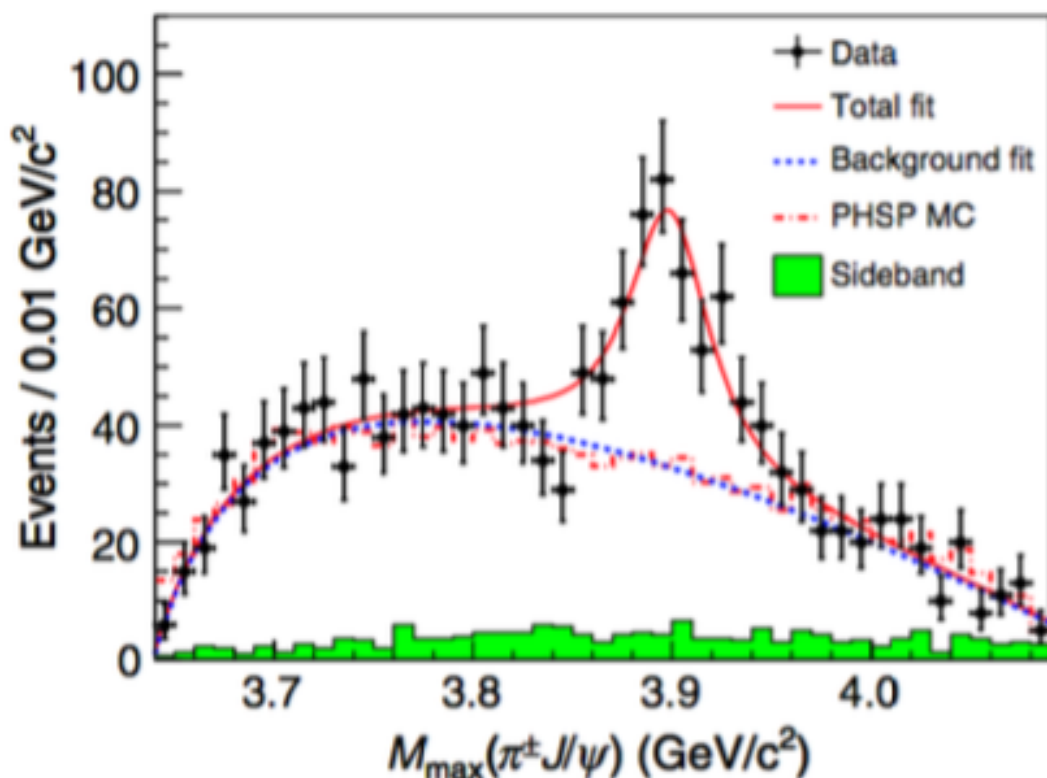
本人刚刚完成本科学业，很幸运能够在威海暑期学校得到一个对粒子物理领域的一个很良好的初步认识和学习，使我面对即将到来的研究生生涯充满信心和期待。在不到十天的时间里，通过理论 实验以及统计知识的课程，我感觉到粒子物理理论的魅力，同时又体会到粒子物理实验尤其是对撞实验的复杂，使我受益良多。同时，威海高能物理暑期学校让我认识了很多师兄师姐，和不同方向的师兄师姐之间的交流同样也拓宽了我的视野。尤其小组内的成员，我们在准备小组报告时集思广益，积极讨论，决定报告主题为“BESIII上Zc(3900)粒子的发现”后，大家从文献的理解 ppt的准备 报告的排练等各个方面积极讨论，最终帮助我代表我们小组更好的完成报告。在此，我想将我们小组的成果以文字的形式展示出来，作为我的结业报告。

我们所发现的绝大多数强子按照夸克数可以分为两种：两夸克的介子和三夸克的重子。然而理论上并没有对夸克数目有小于4的要求，于是实验上对于多夸克态的寻找一直在进行。在2013年，利用收集的4.26GeV能量点的数据，通过对 e^+e^- 对撞产生 $\pi^+\pi^-J/\psi$ 信号道的寻找，BESIII实验给出一个四夸克态的候选者，被称为Zc(3900)。

在具体的分析过程中， J/ψ 粒子用 $e^+e^-/\mu^+\mu^-$ 来标记，于是完整的信号道为： e^+e^- 对撞产生 $\pi^+\pi^-J/\psi$ ， J/ψ 粒子衰变到 $e^+e^-/\mu^+\mu^-$ 。为了提纯信号，压低本地，进行如下事例筛选：要求带电径迹在束流方向距离对撞顶点小于10cm，在垂直于束流的平面上的距离对撞顶点小于1cm，同时主漂移室的探测立体角空间内；要求只有四条带电径迹，且总电荷量为0；由

于信号道的物理过程导致 π 和 e/μ 动量范围并不重叠，所以通过带电粒子动量便可以区分 π 和轻子；由于 e 在电磁量能器中沉积能量很多，而 μ 作为最小作用粒子在电磁量能器中沉积能量并不多，所以通过这一点可以区分 e 和 μ ；之后利用 $\pi\pi$ 之间夹角和 πe 之间夹角排出了由光子转化为电子对的本底；同时使用了运动学拟合来进一步压低本地。

在经过上述筛选条件后，在 $\pi J/\psi$ 不变质量上在 3.9GeV 处观测到一个很明显的峰，如下图所示。



对于这个共振态，可以通过衰变产物 $\pi J/\psi$ 来分析。由于 J/ψ 粒子夸克组成为 c anti- c ，所以这个共振态至少还有 c 夸克或者比 c 更重的夸克。然而注意到比 c 重的夸克里最轻的 b 夸克质量为 4.6GeV ，远超过共振态的质量，所以该共振态至少含有两个夸克： c 和anti- c 。而如果只含有这两个夸克的话，不能够满足带电的要求。如果在这两个夸克基础上再加上一个夸克组成三夸克态，带电量将是 $1/3$ 或 $2/3$ ，不是 1 ，所以该共振态(被称为 Z_c)很可能是一个四夸克态的候选者。发现 $Z_c(3900)$ 后BESIII又发现了一系列

Zc粒子：Zc(3885), Zc(4020), Zc(4025)。这些粒子都发现有带电和中性的态。

发现一系列Zc粒子激发了人们对于Zc粒子性质的研究，尤其是组成结构。人们提出很多模型，包括分子模型，夸克-胶子混合态模型，四夸克态模型等等。对于这些模型的考虑，仍然需要实验上进一步的研究分析。

通过对BESIII上Zc(3900)粒子的发现过程的调研，我了解到粒子物理实验里进行科研的某一种具体过程，对于我在威海高能物理暑期学校中课程的理解有所帮助。