

※※ 重提玻密子 ※※

张多文 译

当粒子在世界的原子打碎器中心彼此相撞破裂出现一些奇异事例时,物理学家也引出一些同等奇异的解释.取所谓“软碰撞”的情况为例,两个快速质子相撞,彼此擦边而过,其中一粒子破裂为粒子喷注,而另一质子实际上未受损伤.在直觉上对顶碰撞较易了解如何被打破,但在交换中擦边而过撕碎如何产生令人遗憾的粒子散失?1961年物理学家提出一决定性非传统的回答:存在一种力的携带粒子称为玻密子(Pomeron),它冲击另一粒子而且将它震裂.

在60年代这个想法已经普遍化了,但无人明显地找到任何玻密子真正存在的结合体.1970年在量子色动力学(QCD)成功的兴奋中,这些粒子大部分早被忘记了.现在被普遍接受的强核力的理论是QCD,它是指导认识粒子(如质子)间相互作用和粒子本身成分结合的理论.在过去20年它在亚粒子结构和它们如何相互作用的解释,已获得巨大的成功.迄今尽管仍有它的力量,但QCD不能解释那些奇怪的软碰撞.这一失败,而玻密子经验上的成功,足以保持玻密子想法的存在.在80年代中期一些加速器中心开始实验,物理学家甚至看到一些作为真正传递软碰撞实体的线索.现在的对DESY的HERA加速器的结果的研究者终于看到一些关于难于捉摸的怪物特性的先兆,它是由类点粒子组成,它的分布可以测定.这

些结果已使近几月每次粒子物理会议都谈论到玻密子,但当物理学家懂得更多一些,围绕玻密子的争论就愈强烈.“它是真的粒子”或只是碰撞中的其他粒子的激态?如何把它纳入QCD框架?斯坦福直线加速器中心的James Bjorken说:“[HERA的结果]真的使此领域遭到前所未遇的改动”.

质子之间软碰撞中有一最初粒子逃离而未受损伤者称之为衍射,它在所有碰撞中约占15%.因此这种散射包含了强相互作用的粒子,它必须由强力控制.然而理论家发现不能用他们自己怀有希望的QCD来解释出现的衍射,因为衍射碰撞不足够强烈,无人知道如何正确去解QCD方程.理论家拟以一近似手法称为微扰论来代替.但微扰论仅对强烈过程(组成质子的夸克和维持夸克在一起的胶子都在高能状态)才能得到有意义的解答.

推进玻密子回到注意中心最先得知的暗示在1985年.Peter Schlein等推断如果玻密子传递强力碰撞,它自己必须包含强力的传递粒子——胶子.如果这样,那些胶子可以用同样的方式显示胶子和夸克(如在质子内看到的那样):可用质子被打碎的碎片散出分布的测定来研究它.他们想法的关键是注视那些足够深度的质子内粒子的碰撞,探查除了显示夸克和胶子外,且还有真正软衍射和难以想象的玻密子.

的VUV环,这项工程将于1995年底完成.1996年初要建成几条新束线,应用的研究领域有显微学、电化学、生物学、半导体低频动力学、超导体与电子系统的强关联研究.还有一些实验室努力改进束线性能,安装新的实验设备,发展新的实验技术,不断地开展新课题研究.例如,研究蛋白质动力学;用椭圆仪研究高温超导体;研究小尺寸、单晶体电极的界面性质;泵-

探针实验等.在束线建设上,采用反馈控制技术,提高束流的稳定性,增大信/噪比,改善数据质量;减少束团尺寸小于1毫米,研究产生相干红外同步辐射的可能性.

红外同步辐射的开发和利用仅仅走过几年的历程,它有可能为材料科学、物理学、化学和生物学研究提供更多的信息,其发展前景是可以想象的.

同年 Schlein 和他的合作者在 CERN 安排测此想法的试验,并由 UA8 重复.他们寻找质子和反质子碰撞得出的粒子喷注,而其中也留下质子或反质子未受伤害者——衍射的标志.在这些碰撞中在大角度下射出一个或二个粒子喷注,预兆类点物间猛烈碰撞,他们的数据符合从破碎质子或反质子中的一夸克和玻密子内的类点物碰撞的推测.

虽然可望而不可即,1992 年 UA8 的结果发表,对玻密子结构给出几点线索.按照 QCD 的规则玻密子不能是孤立的一夸克或胶子,因为从质子内这些粒子中移去一个,它的电荷不会平衡将使质子破裂.一个质子可发射一对胶子或甚至复杂的夸克和胶子混合物,而留下完整体.用 UA8 不完整的数据物理学家仍能区分什么粒子组合为玻密子和玻密子如何从质子射出.

过去数月科学家用 HERA 加速器工作开始得出一些关于此短暂造物内部结构的信息,不像 UA8,HERA 研究者用电子-质子碰撞,这样可允许他们既看到玻密子如何被发射又看到类点粒子在其内的分布.他们的结果已引起粒子物理界的激动,因为他们可以如此清楚地按玻密子来解释;而且因为他们的电子-质子碰撞与以前质子-反质子碰撞的建议相符.

在 HERA 实验中电子和质子的相互作用是电磁的,因电子不会感受到强力,此相互作用发生时电子发射一光子,然后光子碰撞通称为深度非弹散射质子的带电成分.碰撞的能量高些光子的波长短些.因此用一束波长足够短的光来有效地探查质子可显示质子内部结构.

研究玻密子的科学家用 HERA 两个探测器 H1 和 Zeus,已经注视到这些非弹事例的特殊情况,在其中出现的质子未受损伤,但动量稍减少.换言之他们已看到衍射事例出现,但仍然是深度非弹散射.HERA 得出的图象如图 1:当电子和质子彼此靠近时,电子发射光子,质子发出玻密子,然后它与由电子发射的光子相碰,留下质子未受伤,在探测器内测到光子撞

入玻密子破裂的碎片.

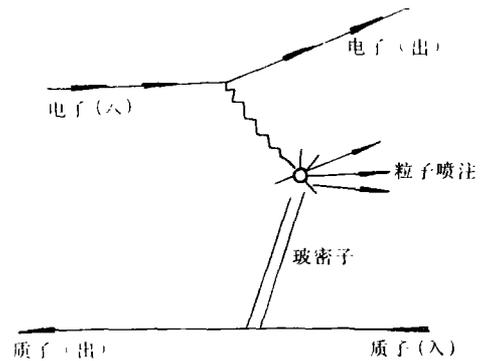


图 1

测定的粒子图象提供了一些长期寻找玻密子内部结构的细节.假定这些衍射过程都是由交换玻密子的,那么 HERA 的数据暗指玻密子是类点粒子组成.

硬散射方面的 HERA 新结果已使理论界兴奋,他们看到有机会对玻密子应用微扰 QCD 理论.HERA 的结果在四月六日 Phys. Lett B 和 DESY 预印本 (95-093 和 95-115) 中发表,已带来大批“衍硬散”和玻密子模型的文章.但从最近 Zeus 认为在玻密子中有大量胶子成分的情况来看,没有人肯定它大半是由夸克或胶子组成,虽然大多数物理学家希望它至少有一些胶子出现;一些争论认为夸克应占优势.

此问题的回答也许同时解决另一粒子难题.在理论上胶子可以同另一胶子组成所谓胶子球.无人看到过胶子球,虽然去年 CERN 另一实验重复 WA91,在质子-质子碰撞中测到一候选胶子球.它是玻密子也还是真实的胶子球,如果得到肯定回答,在粒子物理中将会有巨大的简化.

HERA 的物理学家现在正推出新的实验来寻找更多的玻密子踪迹,他们研究电子-质子对顶碰撞到擦边而过的变迁来看玻密子表现性质改变如何;这也助成对夸克和胶子较清楚的了解.

(摘译自《Science》269 卷(1995)919 页)