

强子有结构,光子有结构吗?电子呢?

陆景贤

强子有结构的思想已被世界上的科学工作者们所公认,特别是在1968年美国的斯坦福加速器中心利用高能电子轰击核子时,证实了质子内有许多小颗粒状的带电粒子后,强子结构图象就更清楚了,这些带电粒子称为部份子,而且由实验进一步证明这些部份子在大横动量交换时它们的行为类似自由粒子.描写这些带电粒子行为的理论是渐近自由的部份子模型.在强相互作用 QCD 理论中这些部份子又被称为夸克,到目前为止实验上直接、间接证实了有 u, d, s, c, b, t 六种夸克的存在,所有强子都是这六种夸克的束缚态.这种强子有结构的思想很自然地使人们联想到光子是否有结构呢?大家知道,光子是传递电磁相互作用的媒介物,在低能时它的行为象点粒子,在高能时光子的行为将怎样呢?1971年以来许多理论物理工作者对光子有结构的思想作了大胆的预言和理论的探求,经过一段时间摸索后一致认为在高能电子-光子深度非弹过程中,光子不仅是参加电磁相互作用,而且它会直接分解成正反夸克对参与强相互作用,并伴有胶子辐射.果然不出科学家们的预料,在德国的电子同步加速器上工作的 PLUTO 小组不负众望,于1981年首次成功地获得了光子结构函数的数据,它是通过测量光子在有大大横动量传递情况下,电子-光子深度非弹的微分截面从而得到光子结构函数的信息,得到的结果基本上和理论的预言相吻合.

光子有结构的思想得到了实验的验证,这大大提高了人们对光子的关注和兴趣,接下去人们不禁要问:光子的具体结构是什么?它是不是和强子结构一样呢?继 PLUTO 小组的成功测试以后,在德意志联邦共和国的电子同步加速器上工作的其它小组如 CELLO 组, JADE 组也加紧了这方面的实验工作,经大量的

测试和深入的研究得到的结论是光子有与强子不同的结构.从表现形式上看光子结构函数是正比于 $\ln Q^2$ (Q^2 是电子初末态的回动量转移平方),而强子结构函数当 $x \rightarrow 1$ (x 是 scaling 变量)时 $(\ln Q^2)^{-1}$ 下降,而且 $x \rightarrow 1$ 区域光子结构函数不象核子结构函数那样迅速趋向于零(详见图1—4).

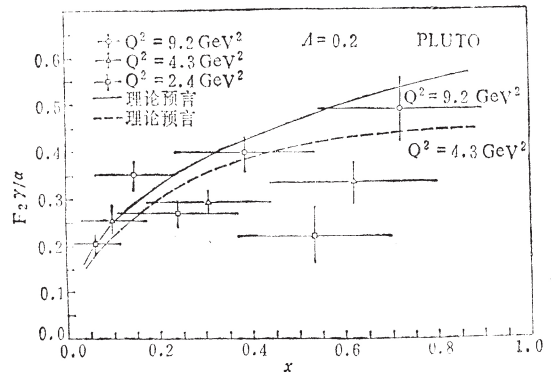


图2 光子结构函数和 x 的依赖关系

可以认为,这是由于强子和光子内在的结构不同,强子是夸克和胶子束缚态,但光子仅仅在某一能量区域的行为类似强子,但却不能作出

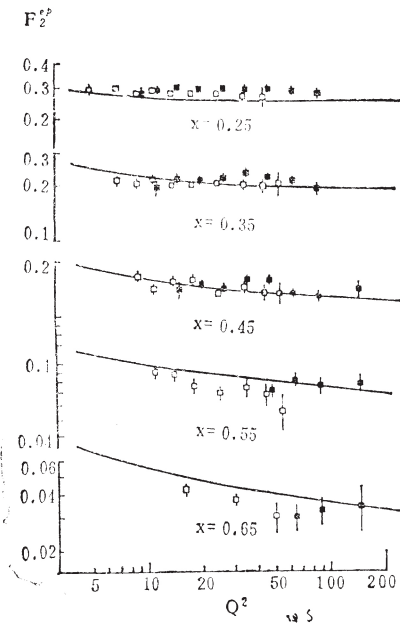


图3 核子结构函数 $-Q^2$

就是夸克和胶子束缚态的结论,而且光子在大多数情况下参与电磁相互作用,这又是夸克和胶子力所不及的了.至于光子内部结构的细节到目前为止还不清楚,实验上还无法将光子对量子电动力

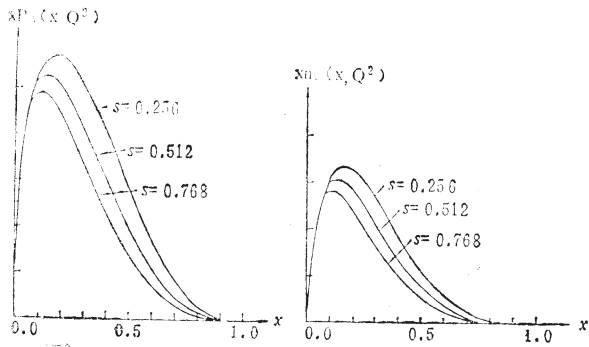


图1 核子分布函数和 x 的依赖关系

学和量子色动力学的贡献区分开来，并且光子到强子化类点夸克的转化又不是十分明显，所以需要积累更多的实验数据，需要更多的实验小组去探测，所以光子

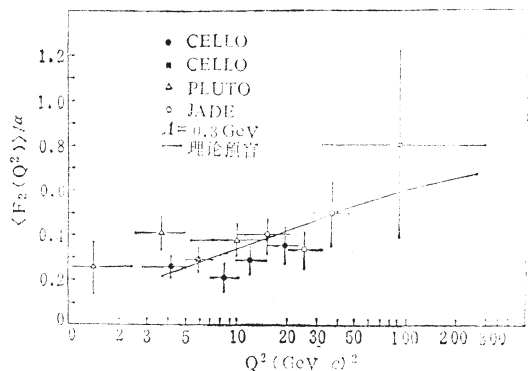


图 4 光子结构函数— Q^2

在理论或实验研究中，光子物理有大量工作要做，光子有结构的思想开辟了高能物理的一个新领域。

从上面所述我们清楚地看到了强子有结构，光子有结构，又从实验上间接地测到了夸克胶子的存在，现在很多理论物理工作者又在进一步探索夸克的结构，他们认为夸克不是基本粒子，应具有某种亚夸克结构，是由更基本的元粒子构成。这一切说明基本粒子并不基本，只是由于习惯的叫法称为“基本粒子”，每一个新“基本粒子”的出现仅仅是我们目前了解到的物质内部结构的一个新层次而已，按此推理，人们不难想象电子、中微子等轻子也不可能纯粹是点粒子，它也有一定的结构，只是到目前为止受到实验工具和实验手段的限制，使我们无法深入到电子内部去探视它的结构，可望二十世纪末或更长的时间后，世界上超高能加速器的建成和探测技术的突飞猛进，那时，将会不断地出现新的粒子结构层次，将会揭示出更多、更新的“基本粒子”的奥秘，呈现在我们面前的微观粒子世界将是五光十色！ 斑驳陆离，路漫漫其修远兮，吾将上下而求索！