矢介子的轻子对衰变和原点数波函

朱 伟 徐在新 胡瑶光

摘 要

本文利用"橡皮袋"模型计算了 $J^{PC}=1^{--}$矢介子的轻子对衰变宽度，结果与实验符合得较好。

一、 引 言

$J^{PC}=1^{--}$的矢介子，实验已发现不少，它们的轻子对衰变宽度可由下式计算[1]：

$$\Gamma(v\to l^+l^-)=\frac{16}{3}\pi\alpha^2\left|Sp(\hat{Q}A)\right|^2\frac{1}{m_v^2}\left|\psi(o)\right|^2, \qquad (1)$$

式中$\hat{Q}$为电荷算子，A为么旋波函数，m_v为矢介子质量，$\psi_{(o)}$为构成矢介子的夸克体系波函数的原点值。由于原点波函数直接同夸克在强子内部的运动情况有关，所以对矢介子轻子对衰变的实验和理论研究是很重要的。目前人们对强子的动力学结构还缺乏了解，所以一般都是求助于一些经验公式定出ψ(o)，即使这样，也很艰统一解释从ρ介子到J／ψ，Υ 粒子的轻子对衰变实验[2]。

本文利用描写强子结构的"橡皮袋"模型[3]从理论上对$|\psi(o)|^2$提供一种简洁的计算方法，並同轻子对衰变实验结果比较

二、 计算方法

对于$q\bar{q}$体系，ψ(o)是夸克偶素波函数在相对坐标等于零时的值，所以在"橡皮代"模型中，$|\psi(o)|^2$就是夸克与反夸克在袋内相遇的几率。在夸克——胶子耦合常数的零级近似下，夸克在袋内可看作是独立的，所以

$$\left|\psi(o)\right|^2=\int_\Omega\omega_1(\vec{r})\omega_2(\vec{r})d\tau, \qquad (2)$$

式中ω_1，ω_2分别为$\bar{q}$和q夸克在$\vec{r}$处的几率密度，积分遍及整个袋内体积Ω，对于不同的强子，Ω具有一定的值[4]。由工作〔3〕可知，在静止参考系中，袋内波函数几乎均匀分布在半径为R_0的球体内，因此可取

$$\omega_1(\vec{r})=\omega_2(\vec{r})=\frac{1}{V}, \qquad (3)$$

其中V是内半径为R_0的球体积，代入(2)式，有

$$|\psi(o)|^2=\int_\Omega\frac{1}{V^2}d\tau=\frac{1}{V}。 \qquad (4)$$

如果像工作〔5〕那样，考虑夸克有结构，从而有一定的有效体积，则夸克袋内自由运的动的"有效空间"将减小，夸克相遇几率略有增大，所以(4)式改为

$$|\psi^{(0)}|^2=\frac{A_i}{V},\tag{5}$$

其中$1<A_i<V$。由于迄今对夸克这一层次的情况缺乏了解，我们无法从理论下导出A_i的具体形式。但从它的定义可知，对于同一种夸克，A_i是常数。将(5)式代入(1)式，有

$$\Gamma=\frac{16}{3}\pi\alpha^2\left|s_P(A\hat{Q})\right|^2\frac{1}{m_V{}^2}\frac{A_i}{V}。\tag{6}$$

在(6)式中代入工作[4]中所定出的各个矢介子内半径R_0及夸克电荷后，可以得到表中的结果。

	论理	实验
$\Gamma(\rho\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\omega\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\rho'\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\omega'\to\mu^+\mu^-)$	(1):(0.11):(0.22):(0.026)	$(1):(0.12\pm0.04)$:(?):(?)
$\Gamma(\phi)\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\phi'\to\mu^+\mu^-)$	(1):(0.3)	
$\Gamma(J/\psi\to\mu^+\mu^-):\Gamma\psi(3.684)\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\psi(4.1)\to\mu^+\mu^-)$	(1):(0.54):(0.42)	$(1):(0.44\pm0.03):(0.42\pm0.01)$
$\Gamma(\psi(3.772)\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\psi(4.4)\to\mu^+\mu^-)$	(1):(0.69)	$(1):1.3\pm0.7)$
$\Gamma(\Upsilon_1\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\Upsilon_2\to\mu^+\mu^-)$	(1):(0.38)	$(1):(0.38\pm0.18)$
$\Gamma(\Upsilon_3\to\mu^+\mu^-):\Gamma(\Upsilon_4\to\mu^+\mu^-)$	(1):(0.83)	

实验上发现属于|s|s，|p|p模式的$\psi(3.772)$和$\psi(4.4)$的轻子衰变几率特别小。我们认为，如果假定模式主量子数不同的夸克，反夸克对不能直接湮没成单光子，那么可以解释这个实验事实。下面以$\psi(3.772)$为例说明。在衰变时，它的处于2_s模式的克夸C(或反夸克$\bar{C}$)跃迁到|s模式，多余的能量将激发夸克海中的$q_i\bar{q}_i$(通常是$\mu\bar{u}$)，形成异常态(exotic)($c\bar{c}u\bar{u}$)，然后再衰变成$D\bar{D}$，$\psi(3.095)+2\pi$和e^+e^-，这些道实验上已径发现（图1）。由于轻子对衰变是二级过程，所以几率要相对小些。如果第一级过程的分枝比数量级为10^{-1}，则可得与实验不矛盾的的结果。

$$\psi(3.772)\to\begin{array}{|cc|}c & \bar{c}\\ |s & |s\\ u & \bar{u}\end{array}\begin{array}{l}\to D\bar{D}\\ \to\psi(3.095)+2\pi\\ \to e^+\bar{e}\end{array}$$

图1　$\psi(3.772)$的衰变道

三　讨　论

一般认为，一个强子的结构模型，如果即能介释强子的质量谱，又能介释其矢介子的轻子对衰变，则是很有价值的。强子的"橡皮袋"模型能给出与实验符合得较好的质量谱，本文又利用它对$|\psi(o)|^2$提供了一种解释，并由此算出的矢介子轻子对衰变宽度，同现有实验不矛盾。所以可认为"橡皮袋"模型在一定程度上反映了强子结构的某些特点。

最后夸克有效体积同夸克质量之间的关系，以及有关模式量子数选择定则，将有待于实验和理论的进一步发展。

参 考 文 献

1. J.D.JacKson, Proceeding of Sommer Institute on partical physics, SLAC Report 198 (1976) 147。
2. 例如参见《色空间理论》北京大学基本粒子组, 黄山会议 (1977)
3. 朱 伟 陆继宗 张民生 殷鹏程 ϕ^4型强子"橡皮袋"模型I理论, 高能物理与核物理, Vol.3, (1979)。34.
4. 朱 伟 张民生 陆继宗 冯承天 诸君浩 ϕ^4型 强子"橡皮袋"模型Ⅱ强子质量谱, 高能物理与核物理, Vol.3, No.3, 266, (1979)。
5. 朱 伟 徐在新 张民生 胡瑶光 对Ⅰ族粒子性质的一些予言, 自然杂志, Vol.2No.5 (1979)。

Lepto Pair Decay Of Veetor Mesons And Origin Wave Function

Zhu wei, Xu zai—xin, Hu Yao—Guang

Abstract

In this paper the lepton pair decay width of $J^{PC}=1^{--}$vector mesons are calculated by means of the "Rubber Bag" model. The calculated results are n good agreement with the experimental results.

(本文接第44页)

between the upper and lower bounds is not too large (as is the usual case), any one of them can be regarded as the approximate solution of the nonlinear problem.

A method of sdving the boundary problem is also given: the linear problem is to be solved by separation of variables; whereas the nonlinear problem is to be solved by iteration. The sequence of solutions by iteration converges to the solution of the nonlinear problem.