

探测中性 TC 矢量介子的可能性

岳崇兴 鲁公儒 万陵德

(河南师范大学物理系 新乡 453002)

1994-12-02 收稿

摘 要

构造了与中性矢量介子有关的最低阶相互作用算符. 用这些算符计算了新一代 TC (Technicolor) 模型的最轻的中性矢量介子 ρ^0 的各种可能衰变宽度、分支比, 并讨论了在 pp 碰撞或 LEP II 上观测此种粒子的可能性.

关键词 矢量介子, 相互作用算符, 衰变宽度, 分支比.

众所周知, 弱电参数 (S, T, U) 给 TC 理论以很强的限制, 基本上已把类 QCD 的一代 TC 模型排除了^[1]. 但是, 人们为了解决 TC 理论所面临的这一重要问题, 提出了不少新的 TC 模型, 基本把弱电参数 S 的数值限制在实验所允许的范围内^[2,3]. Appelquist 等人认为 TC 夸克部分可以保持同位旋对称性, 而 TC 轻子部分应为同位旋对称性破缺的, 从而提出了新一代 TC 模型^[3], 此模型既能对普通费米子的质量谱给出合理解释, 又把参数 S 的数值压低到实验所允许的范围, 而没有引起参数 T 的较大增加. 此模型的整体手征对称性为 $G = SU(6)_L \times SU(6)_R \times U(1)_{2R} \times U(1)_{8L} \times U(1)_{8R} \times U(1)_V$, TC 费米子的凝聚使 G 破缺到 $H = SU(6)_V \times U(1)_{2V} \times U(1)_{8V} \times U(1)_V$, 从而产生了 36 个 PG (Pseudo Goldstone) 玻色子. 相应对称性 H , 有 38 个矢量介子, 其中 36 个为 TC 夸克束缚态, 另外两个为 TC 轻子束缚态. 有关 TC 理论的 PG 玻色子的可能物理迹象, 已经有人给出讨论^[4]. 本文主要讨论最轻的(由 TC 轻子组成的)同位旋单态, 中性矢量介子 ρ^0 的可能物理迹象.

新一代 TC 模型的 PG 玻色子场可以表示为:

$$\Sigma = \exp\left(\frac{2i\varphi}{F_\pi}\right), \quad (1)$$

F_π 为 PG 玻色子的衰变常数; φ 可以写为:

$$\varphi = \frac{1}{2} \tau^3 P^0 + \frac{1}{\sqrt{2}} (\tau^+ P^+ + \tau^- P^-) + \dots, \quad (2)$$

“...”表示色八重态的 PG 玻色子, 它与我们的计算无关, 故没有写出其具体形式, 另 τ 为泡利矩阵. 假设 $\xi \xi = \Sigma$ 引进 ξ 场, 并认为 ξ 所满足的变换为 $L \xi U^+ = U^+ \xi R^+$, 所以可

以用 ξ 、 ξ^+ 构造一些与矢量介子 ρ^0 有关, 并能满足 TC 理论所要求的不变性的最低阶算符.

描述中性矢量介子 ρ^0 的场可以写为 $M_\mu = \frac{1}{2} \tau^3 M P_\mu^0$, 显然 M_μ 满足: $M_\mu \rightarrow U M_\mu U^+$, 由此我们可以定义矢量、轴矢量场:

$$\begin{aligned} V^\mu &= -\frac{1}{2} (\xi^+ \partial_L^\mu \xi + \xi \partial_R^\mu \xi^+); \\ A^\mu &= \frac{i}{2} (\xi^+ \partial_L^\mu \xi - \xi \partial_R^\mu \xi^+), \end{aligned} \quad (3)$$

可以把协变的弱相互作用完全放在 $SU(2)_L$ 中, 让超荷由 $SU(2)_R$ 的 τ_3 分量产生^[5], 故 $\partial_{L(R)}^\mu$ 可以写为:

$$\begin{aligned} \partial_L^\mu &= \partial^\mu + ig W_i^\mu \frac{\tau_i}{2}; \\ \partial_R^\mu &= \partial^\mu + ig' B^\mu \frac{\tau_3}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

显然 A^μ 的变换性质与同位旋三重态类似, V^μ 与规范场类似, 因此, 可以定义协变导数:

$$D^\mu \rho^\nu = \partial^\mu \rho^\nu + i [V^\mu, \rho^\nu], \quad (5)$$

则弱电规范场场量可写为:

$$F^{\mu\nu} = \xi^+ g W_i^{\mu\nu} \frac{\tau_i}{2} \xi + ig' B^{\mu\nu} \frac{\tau_3}{2} \xi^+; \quad (6)$$

$$W_i^{\mu\nu} = \partial^\mu W_i^\nu - \partial^\nu W_i^\mu - ig \xi_{ijk} W^{\mu j} W^{\nu k}; \quad (7a)$$

$$B^{\mu\nu} = \partial^\mu B^\nu - \partial^\nu B^\mu. \quad (7b)$$

利用(3)、(5)和(6)式, 可以写出与中性矢量 ρ^0 衰变有关的最低阶算符:

$$\frac{C_1}{4\pi} \text{Tr} F^{\mu\nu} D_\mu M_\nu; \quad (8a)$$

$$\frac{C_2}{4\pi} \text{Tr} [A^\mu, A^\nu] D_\mu M_\nu; \quad (8b)$$

$$\frac{C_3}{4\pi} \varepsilon_{\alpha\mu\nu\beta} \text{Tr} \{A^\alpha, F^{\mu\nu}\} M^\beta. \quad (8c)$$

为了使新一代 TC 模型的弱电参数 S 取最小值, 令耦合系数 C_1 、 C_2 、 C_3 满足 $C_1 = C_3 = 2$, $C_2 = 4$ ^[6], 考虑到 TC 轻子部分同位旋破缺还应引入一些附加算符, 但是它们对 ρ^0 衰变宽度的贡献不大, 故在此略去.

在新一代 TC 模型中, 由 TC 轻子组成的矢量介子的质量范围为: $100\text{GeV} < M_\rho < 300\text{GeV}$ ^[3]. 对于色单态 PG 玻色子质量我们取 $M_p = 150\text{GeV}$, 下面我们视矢量介子质量为变量讨论其可能的实验迹象.

若温伯格角 $S^2 = 0.226$, 精细结构常数 $\alpha = \frac{1}{128.8}$, 规范玻色子质量 $M_Z = 91\text{GeV}$,

PG 玻色子衰变常数 $F_\pi = 125\text{GeV}$, 则当矢量介子质量 $M_\rho = 200\text{GeV}$, 其到费米子对、规范玻色子的各种可能衰变宽度为:

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow e^+e^-) = 1.68 \times 10^{-3}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow u\bar{u}) = 1.25 \times 10^{-3}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow d\bar{d}) = 8.94 \times 10^{-4}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}) = 6.24 \times 10^{-4}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow Z^0\gamma) = 1.33 \times 10^{-3}\text{GeV}.$$

各种可能衰变道的分支比, 随 M_ρ 的变化如图 1 所示, 从图 1 可以看出, 若 ρ^0 的质量 M_ρ 取值范围为 $100 - 200\text{GeV}$, ρ^0 的主要衰变道为 $f\bar{f}$. 从估计的数值可以看出 $\rho^0 \rightarrow e^+e^-$ 过程的物理迹象完全有可能在 pp 碰撞中观测到.

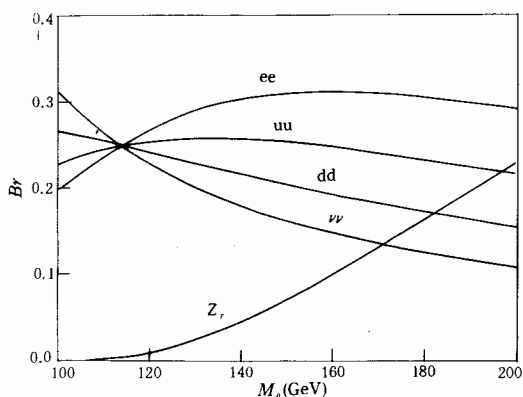


图 1

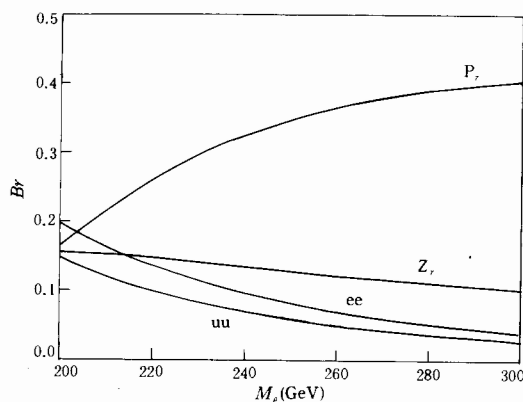


图 2

若矢量介子的质量取为 $M_\rho = 300\text{GeV}$, 则各种可能衰变道的衰变宽度数值为:

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow f\bar{f}) = 6.67 \times 10^{-3}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow W^+W^-) = 2.257 \times 10^{-2}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow Z^0Z^0) = 1.015 \times 10^{-3}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow P^0\gamma) = 2.39 \times 10^{-2}\text{GeV};$$

$$\Gamma(\rho^0 \rightarrow Z^0\gamma) = 6.1 \times 10^{-3}\text{GeV}.$$

衰变过程 $\rho^0 \rightarrow e^+e^-$, $\rho^0 \rightarrow u\bar{u}$, $\rho^0 \rightarrow Z^0\gamma$, $\rho^0 \rightarrow P^0\gamma$, 矢量介子质量在 $200 - 300\text{GeV}$ 范围内, 分支比的变化情况如图 2 所示. 从图 2 可以看出 $P\gamma$, $Z\gamma$ 已变成 ρ^0 介子的主要衰变道, 虽然探测 ρ^0 时仍可考虑 $\rho^0 \rightarrow e^+e^-$, 但由于 $\rho^0 \rightarrow Z^0\gamma$, $P^0\gamma$ 过程的终态, 出现了 monochromatic 光子, 故在 LEP II 上更易于观测到矢量介子 ρ^0 的物理迹象.

参 考 文 献

- [1] M. E. Peskin, T. Takeuchi, *Phys. Rev. Lett.*, **65** (1990); *Phys. Rev.*, **D46** (1992) 381.
- [2] H. Georgi, *Nucl. Phys.*, **B363** (1991) 301; M. A. Luty, R. Sundrum, *Phys. Rev. Lett.*, **70** (1993) 529.
- [3] T. Appelquist, J. Terning, *Phys. Lett.*, **B315** (1993) 139; *Phys. Rev.*, **D50** (1994) 2116.
- [4] A. Bueno, F. Cornet, *Phys. Lett.*, **B281** (1992) 369; V. Lubicz, *Nucl. Phys.*, **B404** (1993) 559.
- [5] D. Carone, H. Georgi, *Phys. Rev.*, **D49** (1994) 1427.
- [6] T. Yoshibikawa, H. Takata, T. Morozumi, *Prog. Theor. Phys.*, **92** (1994) 353.

Possibility of Detecting Neutral TC Vector Meson

Yue Chongxing Lu Gongru Wan Lingde

(Department of Physics, Henan Normal University, Xinxiang 453002)

Received 2 December 1994

Abstract

We construct the lowest order vector meson operators. Using these operators, we estimate the decay widths of the neutral vector meson ρ in a realistic one family TC (Technicolor) model and discuss the possibility of detecting this particle at pp colliders or at LEP II.

Key words vector meson, interaction operators, decay widths, branches.