第20卷 第5期 物 理 学 报 Vol. 20, No. 5
1964 年 5 月 ACTA PHYSICA SINICA May, 1964

研 究 簡 报

关于 ρ 介子的輻射衰变*

楊慧琳[1)] 胡詩婉[1)] 王 珮
(四川大学物理系)

最近两年来，关于強作用粒子共振系統的研究引起了广泛的兴趣．其中 2π 系統的矢量 ρ 介子已有相当可靠的实驗知識[1]，它被确定具有 750 兆电子伏特的质量，自旋、宇称及同位旋分别是($J=1^-$, $I=1$)．C. H.Chan[2] 曾罗列了 ρ 的各种衰变的相对几率，指出除了占优势的 2π 衰变方式外，輻射衰变占据重要的地位．然而，他和 Geffen[3] 都只討論了产生单 π 介子的輻射过程．我們的目的是計算产生 2π 的輻射过程．事实上，計算的結果表明，后一过程的衰变率也是値得考虑的．

相互作用的拉氏函数为

$$L^I = L_{\pi\gamma} + L_{\rho\gamma} + L_{\rho\pi} + L_{\rho\pi\gamma}, \quad L_{\pi\gamma} = \frac{ie}{2}A_\mu\{(\pi^+\overleftrightarrow{\partial}_\mu\pi^-) - (\pi^-\overleftrightarrow{\partial}_\mu\pi^+)\},$$

$$L_{\rho\gamma} = \frac{ie}{2}A_\mu\{(\rho_\nu^+\overleftrightarrow{\partial}_\mu\rho_\nu^-) - (\rho_\nu^-\overleftrightarrow{\partial}_\mu\rho_\nu^+)\}, \quad L_{\rho\pi} = \frac{iG}{2}\rho_\mu^r(\pi_s\overleftrightarrow{\partial}_\mu\pi_t)\,\epsilon_{rst}, \tag{1}$$

$$L_{\rho\pi\gamma} = -ieG\left[\rho_\mu^+A_\mu\pi^0\pi^- + \rho_\mu^-A_\mu\pi^0\pi^+ - 2\rho_\mu^0A_\mu\pi^+\pi^-\right].$$

我們所考虑的过程反映在三个費曼图中(見图 1—3)．若以 p_μ 表(荷电) ρ 介子的四动量，

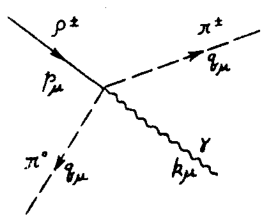

图 1

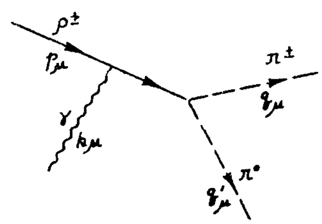

图 2

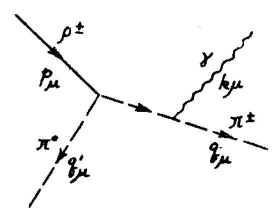

图 3

q_μ, q'_μ 分别表荷电和中性 π 介子的四动量，k_μ, e_μ^λ 表光子的四动量和极化矢量，并用 κ 表示始态 ρ 介子的极化(即 ρ_κ)，我們便可以写出衰变过程的矩陣元如下：

$$\langle s\rangle = \langle s_1\rangle + \langle s_2\rangle + \langle s_3\rangle, \tag{2}$$

$$\langle s_1\rangle = \frac{(2\pi)^4 eG}{4\sqrt{p_0q_0q'_0k_0}}\, e_\kappa^\lambda\,\delta^4(q_\mu + k_\mu + q'_\mu - p_\mu),$$

$$\langle s_2\rangle = -\frac{(2\pi)^4 eG}{4\sqrt{p_0q_0q'_0k_0}}\,\frac{e_\mu^\lambda(2p_\mu - k_\mu)(2q_\kappa - k_\kappa - p_\kappa)}{[(p_\mu - k_\mu)^2 + m_\rho^2]}\,\delta^4(q_\mu + k_\mu + q'_\mu - p_\mu),$$

* 1963 年 10 月 7 日收到.

1) 1963 年应屆毕业生.

$$\langle s_3\rangle = -\frac{(2\pi)^4 eG}{4\sqrt{p_0 q_0 q_0' k_0}} \frac{e_\mu^\lambda(2q_\mu + k_\mu)(2q_\kappa + 2k_\kappa - p_\kappa)}{[(p_\mu - q_\mu^0)^2 + m_\pi^2]} \delta^4(q_\mu + k_\mu + q_\mu' - p_\mu).$$

$\langle s_1\rangle$, $\langle s_2\rangle$, $\langle s_3\rangle$ 分别对应于图 1, 2, 3. 选择 ρ 介子初态是静止的，因为总可以找到一个规格使实光子极化矢量的时間分量为零,所以

$$e_\mu^\lambda p_\mu = 0; \tag{3}$$

加上光子的横波条件

$$e_\mu^\lambda k_\mu = 0, \tag{4}$$

很容易看出

$$\langle s_2\rangle = 0. \tag{5}$$

因此微分衰变几率是

$$dW = \frac{1}{(2\pi)^{13}} |M_{fi}|^2 \rho_E \, d\Omega_k \, d^3 q, \tag{6}$$

$$|M_{fi}|^2 = \frac{(2\pi)^8 e^2 G^2}{16 k_0 q_0 q_0' m_\rho} \frac{1}{3} \sum_\kappa \left| e_\kappa^\lambda - \frac{2e_\mu^\lambda q_\mu(2q_\kappa + 2k_\kappa - p_\kappa)}{[(p_\mu - q_\mu')^2 + m_\pi^2]} \right|^2. \tag{7}$$

其中对 ρ 介子的极化取了平均,末态密度是

$$\rho_E = \frac{2k_0^3 q_0'}{m_\rho(m_\rho - 2q_0)}. \tag{8}$$

由此可以求出

$$\frac{dW}{dq_0} = \frac{G^2}{4\pi}\frac{\alpha}{3\pi m_\rho}\left\{\left[\frac{4(2m_\pi^2 - m_\rho q_0)}{m_\rho(m_\rho - 2q_0)} - \frac{2(3m_\rho - 4q_0)}{m_\rho} + \frac{m_\rho(m_\rho - 2q_0)}{2(m_\rho^2 + m_\pi^2 - 2m_\rho q_0)}\right]\times\right.$$
$$\times\sqrt{q_0^2 - m_\pi^2} + \left(2m_\rho - 6q_0 + \frac{4q_0^2}{m_\rho} - \frac{m_\rho^2 - 4m_\pi^2}{m_\rho^2 - 2m_\rho q_0} q_0\right) \ln\frac{m_\rho - q_0 + \sqrt{q_0^2 - m_\pi^2}}{m_\rho - q_0 - \sqrt{q_0^2 - m_\pi^2}} +$$
$$\left. + \frac{m_\rho^2 - 4m_\pi^2}{m_\rho^2 - 2m_\rho q_0} q_0 \ln\frac{m_\pi^2 - m_\rho q_0 - m_\rho\sqrt{q_0^2 - m_\pi^2}}{m_\pi^2 - m_\rho q_0 + m_\rho\sqrt{q_0^2 - m_\pi^2}}\right\}. \tag{9}$$

以 $m_\rho = 750$ MeV, $m_\pi = 138$ MeV, 估出相对衰变几率为

$$W \Big/ \frac{G^2}{4\pi} \simeq 0.90. \tag{10}$$

Chan 的計算給出单 π 輻射衰变与两 π 衰变的分支比 $\frac{W_{\rho^-(1^-)\to\pi^-+\gamma}}{W_{\rho^-(1^-)\to\pi^-+\pi^0}} \sim 0.04$. Geffen 也得到类似的結果($\sim 0.035$). 我們的計算表明 $\frac{W_{\rho^\pm(1^-)\to\pi^\pm+\pi^0+\gamma}}{W_{\rho^\pm(1^-)\to\pi^\pm+\pi^0}} \sim 0.016$ 或者 $\frac{W_{\rho^\pm(1^-)\to\pi^\pm+\pi^0+\gamma}}{W_{\rho^\pm(1^-)\to\pi^\pm+\gamma}}$ ~ 0.4—0.5. 足見考虑 $\rho^\pm \to 2\pi + \gamma$ 衰变方式是必要的.

最后,作者感謝胡詩可同志的討論和支持.

参 考 文 献

[1] Erwin et al., *Phys. Rev. Letters*, **6** (1961), 628; Lynch, G. R., *Proc. Phys. Soc.*, **80** (1962), 46 (文中有完全的文献索引).
[2] Chan, C. H., *Proc. Phys. Soc.*, **80** (1962), 39.
[3] Geffen, D. A., *Phys. Rev.*, **128** (1962), 374.