

Henan Normal University

May 23, 2022



New physics and invisible decays of light vector mesons

DONG LI^(a), CHONG-XING YUE^(b) and XUE GONG^(c)

Department of Physics, Liaoning Normal University - Dalian 116029, PRC

received 23 September 2019; accepted in final form 9 December 2019

published online 5 February 2020

PACS 13.20.-v – Leptonic, semileptonic, and radiative decays of mesons

PACS 14.40.Be – Light mesons ($S = C = B = 0$)

PACS 12.60.-i – Models beyond the standard model

介子的不可见衰变是指介子衰变到标准模型中微子或衰变到探测器中还没有探测到的新粒子（如轻惰性中微子或其它的轻暗物质的候选者）。对介子不可见衰变的研究有助于我们探索新的动力学也对超出标准的一些新物理施加有用的约束。

标准模型中的轻矢量介子 V 的不可见衰变 $V \rightarrow \bar{\nu}\nu$ 由中性流相互作用给出，可表示为：

$$\mathcal{L}_{NC} = a J_{\mu}^{am} A^{\mu} + \frac{g}{\cos \theta_W} J_{\mu}^Z Z^{\mu} \quad (1)$$

$$J_{\mu}^{am} = \sum_f Q_f \bar{f} \gamma_{\mu} f \quad (2)$$

$$J_{\mu}^Z = \frac{1}{2} \sum_f \bar{f} \gamma_{\mu} (v_f - a_f \gamma_5) f, \quad (3)$$

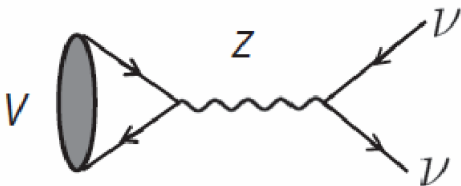


图 3.1 轻矢量介子不可见衰变 $V \rightarrow \bar{\nu}\nu$ 的最低阶费曼图。对于 $V \rightarrow e^+e^-$ 衰变过程，用光子 γ 代替 Z

轻矢量介子的不可见衰变 $V \rightarrow \bar{\nu}\nu$ 只有媒介粒子 Z 玻色子产生贡献。对衰变过程 $V \rightarrow e^+e^-$ 来说，虽然光子 γ 和 Z 都会产生贡献，但是 Z 玻色子产生的贡献很小，可以忽略不计。

轻矢量介子的不可见衰变过程 $V \rightarrow \bar{\nu}\nu$ 的分支比与衰变过程 $V \rightarrow e^+e^-$ 的分支比的比值表示为：

$$\begin{aligned} R_V &\equiv \frac{Br(V \rightarrow \bar{\nu}\nu)}{Br(V \rightarrow e^+e^-)} \\ &= \frac{G_F^2 m_V^4 G_V^2}{4\pi^2 \alpha_{em}^2 Q_V^2} \cdot 3 \end{aligned} \quad (4)$$

Tab 3.1 The values of parameter for G_V , Q_V and R_V of light vector mesons ρ , ω and ϕ

轻矢量介子	G_V	Q_V	R_V
ρ	$\frac{1}{\sqrt{2}}(\frac{1}{2} - \sin^2 \theta_W)$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	5.10×10^{-9}
ω	$\frac{-\sin^2 \theta_W}{3\sqrt{2}}$	$\frac{1}{3\sqrt{2}}$	3.84×10^{-9}
ϕ	$-\frac{1}{4} + \frac{1}{3} \sin^2 \theta_W$	$-\frac{1}{3}$	5.65×10^{-8}

通过公式4就可以推导出轻矢量介子 ρ, ω, ϕ 的不可见衰变的分支比:

$$Br(\rho \rightarrow \bar{\nu}\nu) = (2.41 \pm 0.02) \times 10^{-13}$$

$$Br(\omega \rightarrow \bar{\nu}\nu) = (2.79 \pm 0.02) \times 10^{-13}$$

$$Br(\phi \rightarrow \bar{\nu}\nu) = (1.67 \pm 0.02) \times 10^{-11}$$

它们的最大值至少比相应的SM预测值大一个数量级。但是它们也远低于BESIII的实验上限和测量精度。