

末态是什么

$\psi(2S) \rightarrow \frac{\pi^0 \pi^0 J}{\psi}$ 的直接末态是两个中性 π 介子和一个 $\frac{J}{\psi}$ 粒子。但 π^0 寿命极短 (约 8.4×10^{-17} 秒), 会立即衰变为两个光子, 即 $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, 分支比约 98.8%。因此探测器实际"看到"的末态是: $\frac{J}{\psi} + 4\gamma$

分支比计算公式

实验测量分支比的基本公式为:

$$B(\psi(2S) \rightarrow \pi^0 \pi^0 J/\psi) = N^{\text{sig}} / (\varepsilon \cdot N_{\varphi(2S)})$$

其中 $N^{\text{sig}} = N^{\text{obs}} - N^{\text{bkg}}$ 是信号事例数, 由观测事例数减去本底事例数得到; $N_{\varphi(2S)}$ 是总的 $\psi(2S)$ 产生事例数; ε 是总选择效率。

事例选择

要求至少两条带电径迹 (来自 $\frac{J}{\psi} \rightarrow l^+ l^-$) 和至少四个光子。对撞顶点约束 $|V_z| < 10 \text{ cm}$ 、 $|V_{xy}| < 1 \text{ cm}$ 。可见能量满足 $E_{\text{vis}} > E_{\text{min}}$ 以排除束流相关本底。

若选 $\frac{J}{\psi} \rightarrow e^+ e^-$, 要求 $|\frac{E}{p}|^- > 0.80$ 以排除韧致辐射和光子转换, 不变质量 $2.7 < m_{e^+ e^-} < 3.2 \text{ GeV}/c^2$ 。若选 $\frac{J}{\psi} \rightarrow \mu^+ \mu^-$, 要求 $|\frac{E}{p}| < 0.26$, $\cos \theta_{\mu^+ \mu^-} < -0.95$, 不变质量 $3.0 < m_{\mu^+ \mu^-} < 3.2 \text{ GeV}/c^2$ 。

π^0 重建: 从所有光子中两两组合, 不变质量:

$$M_{\gamma\gamma} = \sqrt{2E_i E_j (1 - \cos \theta_{ij})}$$

$\pi^0 \pi^0$ 系统反冲质量:

$$M_{\pi^0 \pi^0 \text{rec}} = \sqrt{[(E_{cm} - E_{\pi}^{01} - E_{\pi}^{02})^2 - (\vec{p}_{cm} - \vec{p}_{\pi}^{01} - \vec{p}_{\pi}^{02})^2]}$$

在 $\psi(2S)$ 质心系中简化为:

$$M_{\pi^0\pi^0\text{rec}} = \sqrt{[m_{\psi(2S)}^2 + m_{\pi^0\pi^0}^2 - 2 m_{\psi(2S)E_{\pi^0\pi^0}}^0]}$$

要求 $3.05 \leq M_{\pi^0\pi^0\text{rec}} \leq 3.15 \text{ GeV}/c^2$ ，此窗口覆盖 J/ψ 质量峰 ($3.097 \text{ GeV}/c^2$) 并考虑探测器分辨率。

运动学拟合：进行 4C 拟合，要求 $\chi^2 < 25$ 。拟合后重新计算所有运动学量，提高质量分辨率。