

1. 这个过程的末态是什么？

初始粒子是 $\psi(2s)$ ，其先衰变为 $\pi^0\pi^0 J/\psi$ 。但 $\pi^0\pi^0$ 和 J/ψ 都是不稳定粒子，会继续衰变。 π^0 几乎立刻衰变为两个光子： $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ ，因此衰变末态中有四个光子($\gamma\gamma\gamma\gamma$)。那么最终的衰变结果就取决于 J/ψ 的衰变(其主要衰变为轻子对： e^+e^- 、 $\mu^+\mu^-$ 或者强子末态： $K_S K_L$ 、 $\rho\pi$)。

考虑 BESIII 上能探测到的末态粒子：

中性：光子 (γ)、正反中子 (n)

带电粒子：正反电子 ($e^\pm$)、正反缪子 ($\mu^\pm$)、正负 π 介子 ($\pi^\pm$)，正负 K 介子 ($K^\pm$)、正反质子 (p)。

半单举： $\psi(2s) \rightarrow \pi^0\pi^0 J/\psi$, $\pi^0\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma\gamma$, $J/\psi \rightarrow anything$,

末态为 $\gamma\gamma\gamma\gamma + anything$

遍举： $\psi(2s) \rightarrow \pi^0\pi^0 J/\psi$, $\pi^0\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma\gamma$, $J/\psi \rightarrow l^+l^-$,

末态为 $\gamma\gamma\gamma\gamma e^+e^-$ $\gamma\gamma\gamma\gamma\mu^+\mu^-$

2. 分支比 (Branching Ratio, BR) 定义为某特定衰变道的衰变速率与总衰变速率之比，通用公式：

$$B(X \rightarrow f) = \frac{N^{sig}}{\varepsilon \cdot N^X}$$

B : 待测分支比，无量纲

N^{sig} : 信号事例数

N : 总事例数

ε : 事例选择效率，通常由蒙卡模拟确定

在本题这个分支中，存在 $B(J/\psi \rightarrow f)$ 与 $B(\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma)$ 的平方，且需要考虑去除本底即

$$N^{sig} = N^{obs} - N^{bg} = N^X \cdot B(\psi(2s) \rightarrow \pi^0\pi^0 J/\psi) \cdot \varepsilon \cdot B(J/\psi \rightarrow f) \cdot [B(\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma)]^2$$

3. 事例选择

- Track level cuts for soft pion candidates

- $|V_z| < 10\text{cm}$
- $|V_r| < 1\text{cm}$
- $|\cos\theta| < 0.80$
- $|\vec{p}| < 0.45\text{GeV}/c$
- all charged tracks satisfy above selection criteria are assumed to be pion.

- $n_{\text{Good}+} \geq 1$ & $n_{\text{Good}-} \geq 1$

- $\cos\theta_{\pi^+\pi^-} < 0.95$ to remove the photon conversion

- $3.05\text{GeV}/c^2 \leq M_{\pi^+\pi^-}^{\text{rec}} \leq 3.15\text{GeV}/c^2$
assuming all charge tracks are pions, $M_{\pi^+\pi^-}^{\text{rec}}$ is defined as:

$$M_{\pi^+\pi^-}^{\text{rec}} = \sqrt{(p_{\text{cm}} - p_{\pi^+} - p_{\pi^-})^2},$$

where p is 4 momentum of pion.

例子

$$\psi' \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi$$

术语园地
soft, slow, low p
hard, fast, high p

注意：无PID，无光子要求，无track数上限要求，允许multi-entries

49

例题

径迹筛选

束流方向顶点位移绝对值约束与径向顶点位移绝对值约束

极角余弦绝对值约束：限制在探测器接受范围内

动量绝对值限制，定义“软”：动量阈值，将视角限制在低动量 π 介子上，弥补不做 pid

径迹要求

正负 π 介子夹角余弦限制以排除光子转换 ($\gamma \rightarrow e^+e^-$) 产生的假信号。

质量窗口：正负 π 介子组合的不变质量需落在 $3.05\text{--}3.15\text{ GeV}/c^2$ 之间。这个质量窗口对应 J/ψ 粒子的质量 (约 $3.097\text{ GeV}/c^2$)，说明分析目的是从 ψ' 衰变中重建 J/ψ

类比：本题与例题相比，由研究电荷径迹变为光子

径迹筛选要求类似，确保光子来自束流碰撞顶点，确保光子落在桶部，动量阈值设定

径迹选择数应大于等于 4 以还原两个 π 介子等

综上，做如下事例选择：

无 pid，但应排除带电粒子

$$3.05\text{GeV}/c^2 < M < 3.15\text{GeV}/c^2 \quad M_{\pi^0\pi^0}^{\text{rec}} = \sqrt{(p_\psi - p_{\pi^1} - p_{\pi^2})^2}$$

$$n(\gamma\text{-good}) \geq 4$$

$$|V_z| < 10\text{ cm}$$

$$|V_r| < 1\text{ cm}$$

$$|P_{\pi^0}| < 0.45\text{ GeV}/c$$

$$E_\gamma > 25\text{MeV} \quad |\cos\theta| < 0.80$$

$$\gamma\gamma\text{ 夹角} > 15^\circ$$

$$0.08\text{ GeV} < M(\gamma\gamma) < 0.18\text{ GeV}$$

来自一个 π 介子的两个光子，要求 $\Delta t < 15\text{ns}$