

J/ψ 和 η_c 分支比的测量

秦虎 高能所
BES 合作组

2006.10.29 桂林



- $J/\psi \rightarrow VP$ 可以通过强相互作用和电磁相互作用产生；通过精确测量 $J/\psi \rightarrow VP$ 所有可能的衰变模式，可以系统地研究赝标介子的夸克胶子成份、SU(3) 破坏以及确定 J/ψ 两体衰变中电磁和 DOZI 压制振幅。

Decay mode	SOZI	DOZI
$\rho\pi$	$g + e$	
$K^{*\pm}K^{\mp}$	$g(1 - s_g) + e(1 + s_e)$	
$K^{*0}\bar{K}^0$	$g(1 - s_g) - e(2 - s_e)$	
$\omega\eta$	$(g + e)X_{\eta}$	$+$ $\sqrt{2}rg(\sqrt{2}X_{\eta} + (1 - s_p)Y_{\eta})$
$\omega\eta'$	$(g + e)X_{\eta'}$	$+$ $\sqrt{2}rg(\sqrt{2}X_{\eta'} + (1 - s_p)Y_{\eta'})$
$\phi\eta$	$(g(1 - 2s_g) - 2e(1 - s_e))Y_{\eta}$	$+$ $rg(1 - s_V)(\sqrt{2}X_{\eta} + (1 - s_p)Y_{\eta})$
$\phi\eta'$	$(g(1 - 2s_g) - 2e(1 - s_e))Y_{\eta'}$	$+$ $rg(1 - s_V)(\sqrt{2}X_{\eta'} + (1 - s_p)Y_{\eta'})$
$\rho\eta$	$3eX_{\eta}$	
$\rho\eta'$	$3eX_{\eta'}$	
$\omega\pi^0$	$3e$	
$\phi\pi^0$	0	

$$\tilde{B}(\psi \rightarrow VP) = \frac{B(\psi \rightarrow VP)}{P_V^3} = |A|^2$$



- BES II 的 5.8×10^7 J/ψ 数据为精确测量 $J/\psi \rightarrow VP$ 衰变提供了良好的条件。
- 之前的BES II数据分析给出 $B(J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0) = (2.10 \pm 0.12)\%$, 高出 PDG 值大约 30%. 说明 $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ 分支比相比其他实验组测得值要大。因此 $J/\psi \rightarrow VP$ 的其他衰变模式的测量变得非常重要。
- 首次测量了 $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比。



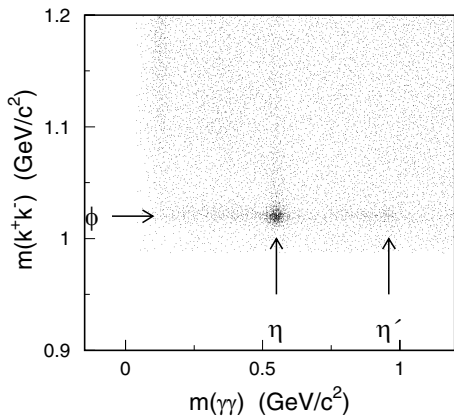
- 1 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 分支比的测量
- 2 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 分支比的测量
- 3 $\eta_c \rightarrow K^+K^-, 2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 分支比的测量(首次测量)
- 4 总结



Outline

- 1 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 的分支比
- 2 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 的分支比
- 3 $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 分支比的测量(首次测量)
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比
- 4 总结



$J/\psi \rightarrow \phi\gamma\gamma$ 

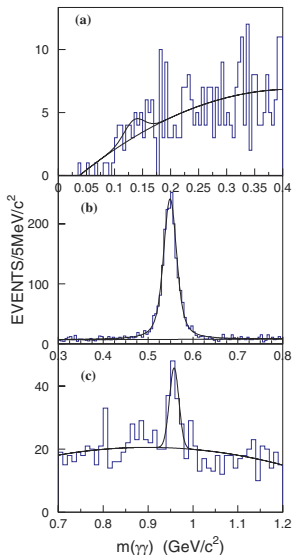
选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 2$, 中性径迹 $N_{photon} \geq 2$;
- 4C运动学拟合 $\chi_{KK\gamma\gamma}^2 < 15$;
- $\chi_{K^+K^-\gamma\gamma}^2 < \chi_{K^+K^-\gamma\gamma\gamma}^2$.



$J/\psi \rightarrow \phi\gamma\gamma$

$$|m_{K^+K^-} - m_\phi| < 0.02 \text{ GeV}/c^2$$



$$J/\psi \rightarrow \phi\pi^0$$

$$N_{\pi^0} < 24 @ 90\% C.L.$$

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\pi^0) < 5.10 \times 10^{-6} @ 90\% C.L.$$

$$J/\psi \rightarrow \phi\eta$$

$$N_\eta = 2086 \pm 58$$

扣除 ϕ sideband 的事例 $N = 152 \pm 17$

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\eta) = (8.67 \pm 0.26) \times 10^{-4} (stat.)$$

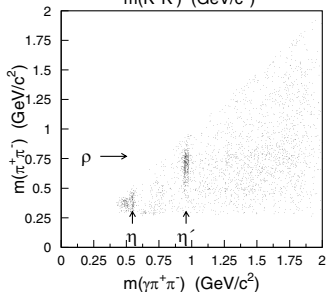
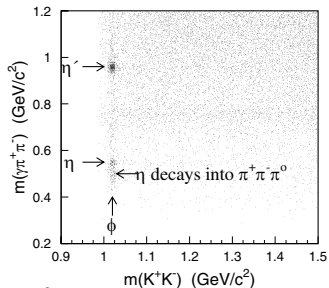
$$J/\psi \rightarrow \phi\eta'$$

$$N_{\eta'} = 68 \pm 15$$

在 ϕ sideband 没有发现 η' 信号.

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\eta') = (6.10 \pm 1.34) \times 10^{-4} (stat.)$$

$J/\psi \rightarrow \phi\gamma\pi^+\pi^-$



选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 4$, 中性径迹 $N_{\text{photon}} \geq 1$;

- 4C运动学拟合

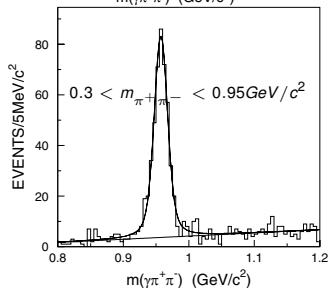
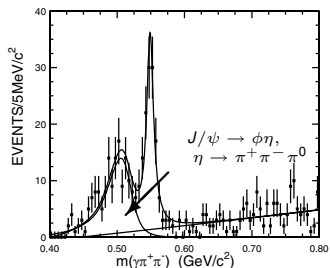
$$\chi_{K^+K^-\gamma\pi^+\pi^-}^2 < \chi_{K^+K^-\pi^+\pi^-}^2,$$

$$\chi_{K^+K^-\gamma\pi^+\pi^-}^2 < \chi_{K^+K^-\pi^+\pi^-\gamma\gamma}^2;$$



$$J/\psi \rightarrow \phi\gamma\pi^+\pi^-$$

$$|m_{K^+K^-} - m_\phi| < 0.02\text{GeV}/c^2$$



$$J/\psi \rightarrow \phi\eta$$

$$N_\eta = 134 \pm 14$$

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\eta) = (9.79 \pm 1.02) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$

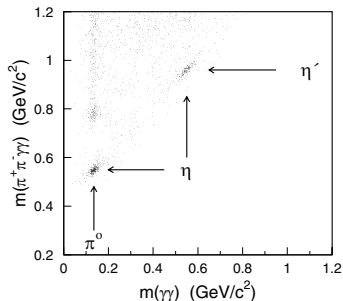
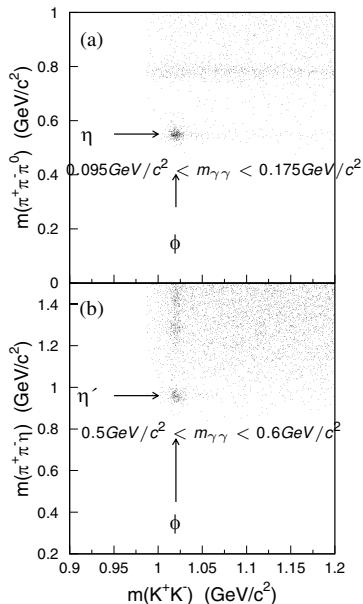
$$J/\psi \rightarrow \phi\eta'$$

$$N_{\eta'} = 462 \pm 33$$

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\eta') = (5.64 \pm 0.40) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$



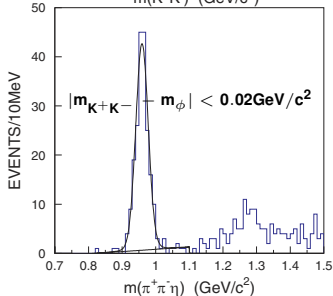
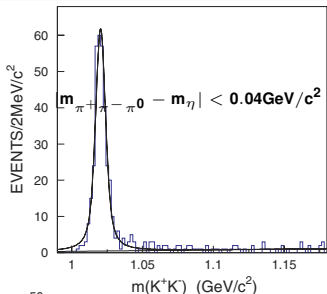
$$J/\psi \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\gamma\gamma$$



选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 4$, 中性径迹 $N_{\text{photon}} \geq 2$;
- 4C运动学拟合.

$$J/\psi \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\gamma\gamma$$



$$J/\psi \rightarrow \phi\eta$$

$$N_{\phi} = 350 \pm 20$$

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\eta) = (9.41 \pm 0.54) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$

$$J/\psi \rightarrow \phi\eta'$$

$$N_{\eta'} = 198 \pm 18$$

ϕ sideband 没有发现 η' 信号.

$$B(J/\psi \rightarrow \phi\eta') = (5.11 \pm 0.46) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$



J/ψ → φπ⁰, φη, φη' 的分支比

J/ψ →	Final states	Branching Fraction (× 10 ⁻⁴)
φπ ⁰	K ⁺ K ⁻ γγ	<0.064 (C.L. 90%)
	K ⁺ K ⁻ γγ	8.67 ± 0.26 ± 0.93
	K ⁺ K ⁻ π ⁺ π ⁻ γ	9.79 ± 1.02 ± 1.17
φη	K ⁺ K ⁻ π ⁺ π ⁻ γγ	9.41 ± 0.54 ± 1.19
	Average	8.98 ± 0.24 ± 0.89
	PDG	6.5 ± 0.7
φη'	K ⁺ K ⁻ γγ	6.10 ± 1.34 ± 0.73
	K ⁺ K ⁻ π ⁺ π ⁻ γ	5.64 ± 0.40 ± 0.70
	K ⁺ K ⁻ π ⁺ π ⁻ γγ	5.11 ± 0.46 ± 0.65
	Average	5.46 ± 0.31 ± 0.56
	PDG	3.3 ± 0.4

P.R.D71,032003(2005)

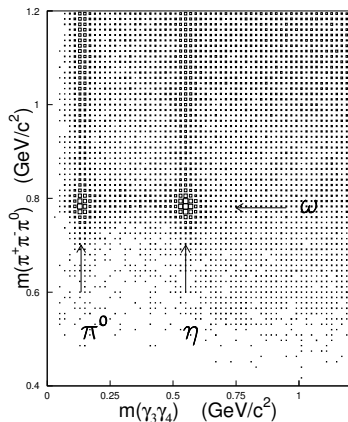


Outline

- 1 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 的分支比
- 2 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 的分支比
- 3 $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 分支比的测量(首次测量)
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比
- 4 总结



$$J/\psi \rightarrow \omega\gamma\gamma$$

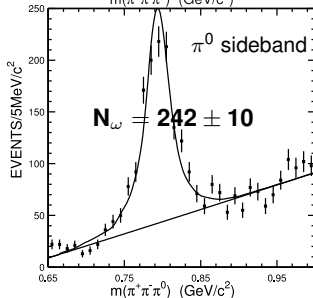
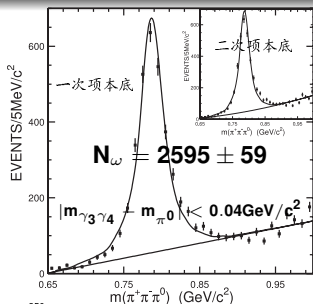


选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 2$, 中性径迹 $N_{photon} \geq 4$;
- 4C运动学拟合 $\chi^2_{\pi^+\pi^-\gamma\gamma\gamma} < 15$.



$J/\psi \rightarrow \omega\pi^0$



分支比

扣除来自连续区的本底:

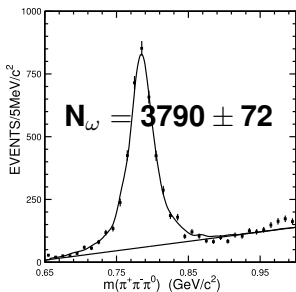
- 来自 π^0 sideband 的事例 $N = 242 \pm 10$;
- 来自 $J/\psi \rightarrow \omega\eta(\eta \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0)$ 的事例 $N = 142 \pm 18$;
- 来自连续区的本底 $N = 53 \pm 22$ @ $\sqrt{s} = 3.07\text{GeV}$.

$$B(J/\psi \rightarrow \omega\pi^0) = (5.38 \pm 0.12) \times 10^{-4}(\text{stat.})$$

电磁势垒因子

$$\frac{|f(m_{J/\psi}^2)|}{|f(0)|} = \left(\frac{\alpha}{3} \cdot \left[\frac{p_\gamma}{p_\omega}\right]^3 \cdot \frac{m_{J/\psi} \Gamma(J/\psi \rightarrow \omega\pi^0)}{\Gamma(J/\psi \rightarrow \gamma\pi^0) \cdot \Gamma(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)}\right)^{1/2}$$

$$= 0.0411 \pm 0.0009$$

$J/\psi \rightarrow \omega\eta$ 

$$|m_{\gamma\gamma\gamma} - m_{\eta}| < 0.04 \text{ GeV}/c^2$$

$$B(J/\psi \rightarrow \omega\eta) = (22.86 \pm 0.43) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$

扣除了下面的事例:

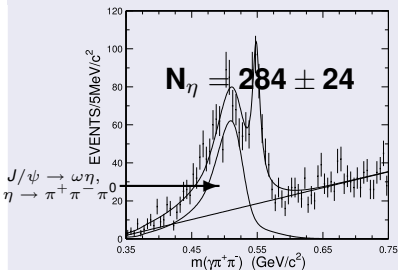
- 来自于 η sideband 的事例 $N = 188 \pm 18$;
- 来自于本底道 $J/\psi \rightarrow \omega\eta, \eta \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0$ 的事例 $N = 161 \pm 17$;
- 来自于本底道 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0\pi^0$ 的事例 $N = 30 \pm 4$.



$J/\psi \rightarrow \omega\gamma\pi^+\pi^-$

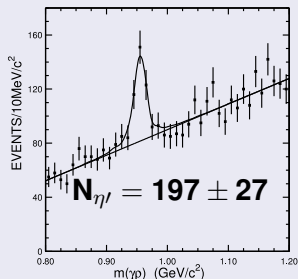
选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 4$, 中性径迹 $N_{\text{photon}} \geq 3$;
- 4C运动学拟合 $\chi^2_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\gamma\gamma\gamma} < 20$, $|m_{\pi^+\pi^-\pi^0} - m_\omega| < 0.04\text{GeV}/c^2$.

 $J/\psi \rightarrow \omega\eta$ 

扣除 ω sideband 的事例 $N = 17 \pm 6$.

$$\mathbf{B(J/\psi \rightarrow \omega\eta) = (24.47 \pm 2.07) \times 10^{-4}}$$

 $J/\psi \rightarrow \omega\eta'$ 

扣除 ω sideband 的事例 $N = 44 \pm 11$.

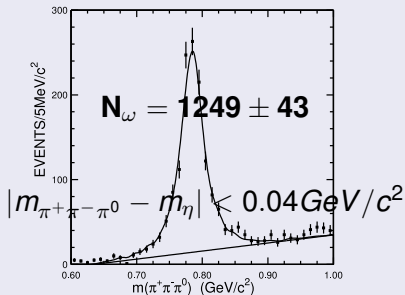
$$\mathbf{B(J/\psi \rightarrow \omega\eta') = (2.41 \pm 0.33) \times 10^{-4} \text{ (s)}}$$

$$J/\psi \rightarrow \omega\pi^+\pi^-\gamma\gamma$$

选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 4$, 中性径迹 $N_{photon} \geq 3$;
- $N_{photon} \geq 4$, 4C运动学拟合; $N_{photon} = 3$, 1C运动学拟合.

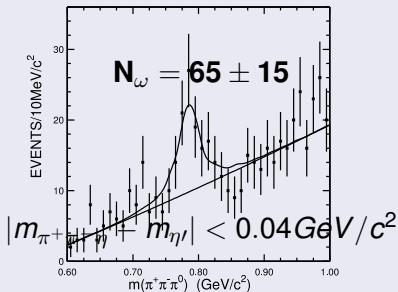
$$J/\psi \rightarrow \omega\eta$$



η sideband 没有 ω 的事例 $N = 0 \pm 2$.

$$B(J/\psi \rightarrow \omega\eta) = (24.74 \pm 0.84) \times 10^{-4}$$

$$J/\psi \rightarrow \omega\eta'$$



η' sideband 没有 ω 的事例 $N = 0 \pm 1$.

$$B(J/\psi \rightarrow \omega\eta') = (2.06 \pm 0.48) \times 10^{-4}$$

J/ψ → ωπ⁰, ωη, ωη' 的分支比

J/ψ →	Final states	Branching Fraction (× 10 ⁻⁴)
ωπ ⁰	π ⁺ π ⁻ γγγγ	5.38 ± 0.12 ± 0.65
	PDG	4.2 ± 0.6
	π ⁺ π ⁻ γγγγ	22.86 ± 0.43 ± 2.99
ωη	π ⁺ π ⁻ π ⁺ π ⁻ γγγγ	24.47 ± 2.07 ± 3.50
	π ⁺ π ⁻ π ⁺ π ⁻ γγγγ	24.74 ± 0.85 ± 3.66
	Average	23.52 ± 2.73
	PDG	15.8 ± 1.6
ωη'	π ⁺ π ⁻ π ⁺ π ⁻ γγγγ	2.41 ± 0.33 ± 0.41
	π ⁺ π ⁻ π ⁺ π ⁻ γγγγ	2.06 ± 0.48 ± 0.36
	Average	2.26 ± 0.43
	PDG	1.67 ± 0.25

P.R.D73,052007(2006)



Outline

- 1 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 的分支比
- 2 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 的分支比
- 3 $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 分支比的测量(首次测量)
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比
- 4 总结



简介

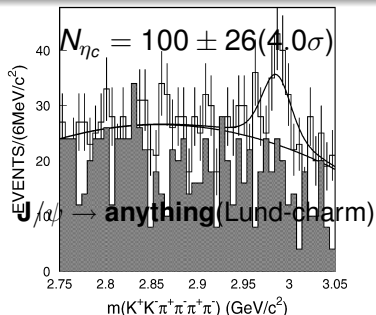
- η_c 是粲偶素家族中的一个 1S_0 态。是在 J/ψ 和 $\psi(2S)$ 单举光子谱被发现的。
- 理论预期 η_c 可以通过很多衰变模式衰变到强子末态，而实验上发现的衰变道却很少。
- BES II的高统计量数据为发现 η_c 新的衰变模式提供了很好的条件。



$\eta_c \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ 的分支比

选择条件

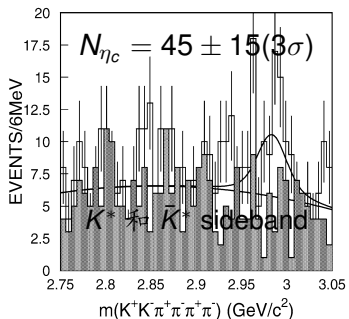
- 带电径迹数 $N_c = 6$, 中性径迹 $N_{\text{photon}} \geq 1$;
- 4C运动学拟合 $\chi^2 < 10$;
- $\chi_{\gamma K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2 < \chi_{\gamma\gamma K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2$,
 $\chi_{\gamma K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2 < \chi_{K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2$;
- $P_{\text{miss}} > 55 \text{MeV}/c^2$.



$$B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c)B(\eta_c \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-) = (1.21 \pm 0.32) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$

$\eta_c \rightarrow K^{*0}\bar{K}^{*0}\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ 的分支比

$$|m_{K^+\pi^-} - m_{K^*}| < 0.05\text{GeV}/c^2$$



分支比

$$B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c)B(\eta_c \rightarrow K^*\bar{K}^*\pi^+\pi^-)$$

$$= (1.91 \pm 0.64) \times 10^{-4} (\text{stat.})$$

上限

用 Bayes 方法估计上限:

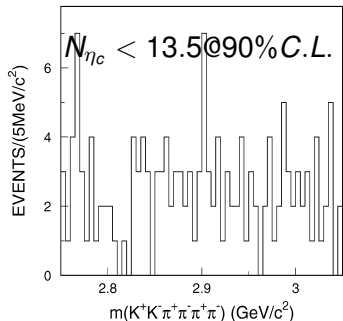
$$N_{\eta_c} < 65 @ 90\% C.L.$$

$$B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c)B(\eta_c \rightarrow K^*\bar{K}^*\pi^+\pi^-)$$

$$< 2.76 \times 10^{-4}$$

$\eta_c \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ 的分支比

$$|m_{K^+K^-} - m_\phi| < 0.015 \text{ GeV}/c^2$$



上限

用 Bayes 方法估计上限:

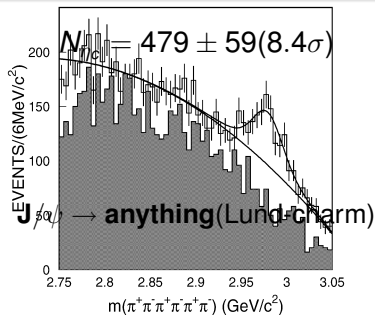
$$B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c)B(\eta_c \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-) < 4.72 \times 10^{-5}$$



$\eta_c \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ 的分支比

选择条件

- 带电径迹数 $N_c = 6$, 中性径迹 $N_{\text{photon}} \geq 1$;
- 4C运动学拟合 $\chi^2 < 10$;
- $\chi_{\gamma\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2 < \chi_{\gamma\gamma\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2$,
 $\chi_{\gamma\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2 < \chi_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}^2$;



$$B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c)B(\eta_c \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-) = 2.59 \pm 0.32 \times 10^{-4} (\text{stat.})$$



$\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比

Decay mode	Branching fraction
$J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c, \eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-)$	$(1.21 \pm 0.32 \pm 0.24) \times 10^{-4}$
$J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c, \eta_c \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0} \pi^+ \pi^-$	$(1.91 \pm 0.64 \pm 0.48) \times 10^{-4}$
$J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c, \eta_c \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0} \pi^+ \pi^-$	$< 3.68 \times 10^{-4}$ (90% C.L.)
$J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c, \eta_c \rightarrow \phi 2(\pi^+\pi^-)$	$< 6.03 \times 10^{-5}$ (90% C.L.)
$J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c, \eta_c \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$	$(2.59 \pm 0.32 \pm 0.47) \times 10^{-4}$

Decay mode	Branching fraction
$\eta_c \rightarrow K^+K^- \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	$(0.93 \pm 0.25 \pm 0.34) \times 10^{-2}$
$\eta_c \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0} \pi^+ \pi^-$	$(1.47 \pm 0.49 \pm 0.58) \times 10^{-2}$
$\eta_c \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0} \pi^+ \pi^-$	$< 3.51 \times 10^{-2}$ (90% C.L.)
$\eta_c \rightarrow \phi \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	$< 5.81 \times 10^{-3}$ (90% C.L.)
$\eta_c \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	$(1.99 \pm 0.25 \pm 0.71) \times 10^{-2}$

P.L.B633,19-24(2006)



Outline

- 1 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 的分支比
- 2 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 分支比的测量
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\gamma\pi^+\pi^-$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^+\pi^-\gamma\gamma$
 - $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 的分支比
- 3 $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 分支比的测量(首次测量)
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$
 - $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比
- 4 总结



总结

- 测量了 $J/\psi \rightarrow \omega\pi^0, \omega\eta, \omega\eta'$ 的分支比;
- 测量了 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0, \phi\eta, \phi\eta'$ 的分支比;
- 首次测量了 $\eta_c \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-), 3(\pi^+\pi^-)$ 的分支比。



Thank you!

