



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences

BESIII

2022年9-12月研究生考核报告

报告人：马晓天

导师：黄燕萍

实验物理中心高能量物理组

工作内容

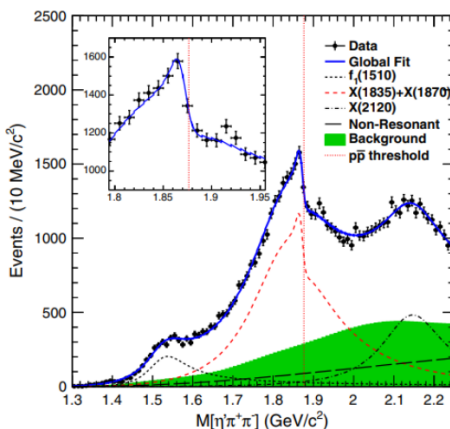
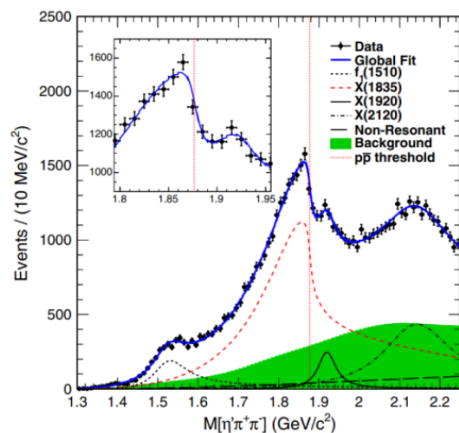
BESIII探测器对 J/ψ 衰变的分析

- ❖ 用 $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-\eta'$ 过程分析X(1835)
- ❖ 多变量的本底研究
- ❖ $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 分波分析研究X(2370)和X(1835)

$J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta'$ 分析 X(1835)

❖ 研究动机

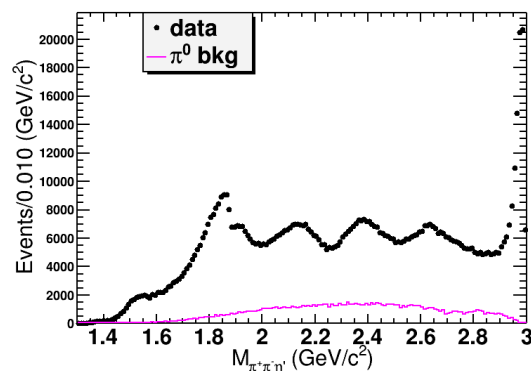
- 基于BESIII在2012年收集的10亿 J/ψ 事例，在 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 质量谱 $p\bar{p}$ 阈值附近观测到了反常线型，揭示了1.85GeV附近宽共振态和 $p\bar{p}$ 末态或者窄阈下共振态的强烈耦合
- 基于100亿 J/ψ 事例，使用 $J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta'$ 过程对X(1835)做更精确的分析



2012年数据观测到的反常线型（左右图分别为Flatté和Breit-Wigner相干涉拟合结果）

❖ 研究内容

- Non- η' 和 $J/\psi \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^- \eta'$ 本底估计
- 双BW干涉和Flatté模型拟合 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 质量谱

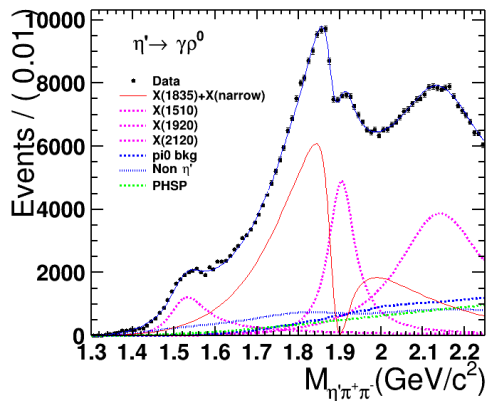


$\eta' \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^-$ 道
终选后数据和
估计本底分布

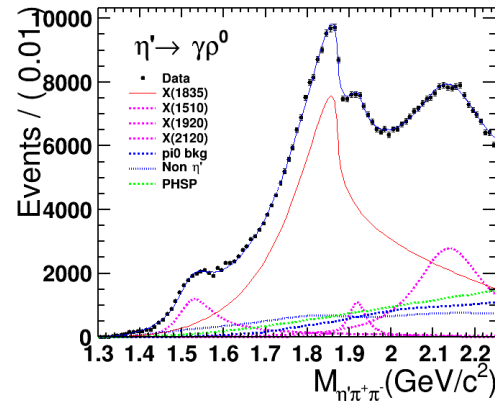
$J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta'$ 分析 X(1835)

❖ 研究进展及计划

- 采用双BW干涉和Flatté模型描述X(1835)，拟合 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 质量谱，得到X(1835)的质量宽度，进一步验证了1.85GeV附近宽共振态和 $p\bar{p}$ 末态或者窄阈下共振态的强烈耦合
- X(1835)、X(narrow)的质量和2012年数据结果存在3倍误差偏差，下一步需进一步检查
- 采用了传统reweight方法和R值进行 $J/\psi \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^- \eta'$ 本底估计，下一步需比较两种本底估计方法，确定更准确的 π^0 本底估计
- 上述过程完成后，进行系统误差分析



Breit-Wigner相
干干涉拟合



Flatté函数拟合

	Mass(Mev)	Γ (MeV)	Branch Ratio	Significance
X(1835)	$1837.8^{+6.9}_{-6.3}$	$369.4^{+18.8}_{-17.2}$	4.29×10^{-4}	—
X(narrow)	$1891.1^{+0.1}_{-0.1}$	$54.5^{+4.1}_{-3.9}$	1.21×10^{-4}	26.32σ
X(1920)	$1911.8^{+2.4}_{-2.4}$	$74.5^{+4.0}_{-4.0}$	1.00×10^{-4}	12.27σ
$\log \mathcal{L}$	239306.8			

	Mass(Mev)	Γ (MeV)	Branch Ratio	Significance
X(1835)	$1802.4^{+6.2}_{-6.2}(M)$	—	4.51×10^{-4}	—
X(1920)	$1927.8^{+1.4}_{-1.4}$	$48.0^{+6.1}_{-6.1}$	1.67×10^{-5}	14.29σ
g_6^2	$62.8^{+4.6}_{-4.0}$			—
$g_{p\bar{p}}^2/g_6^2$	$1.68^{+0.07}_{-0.06}$			
$\log \mathcal{L}$	239324.6			

多变量的本底研究

❖ 研究动机

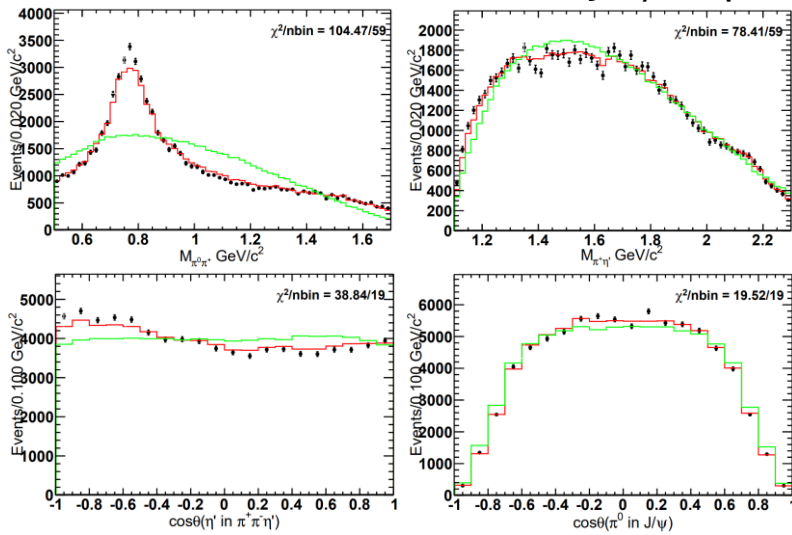
- 基于XGBOOST, 采用多维独立变量得到MC “像” 数据的权因子, 以此估计物理分析中不可约本底
- 基于 $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$ 中的 $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0\pi^0$ 本底估计, 应用到 $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-\eta'$ 过程的 $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 本底估计

❖ 研究内容

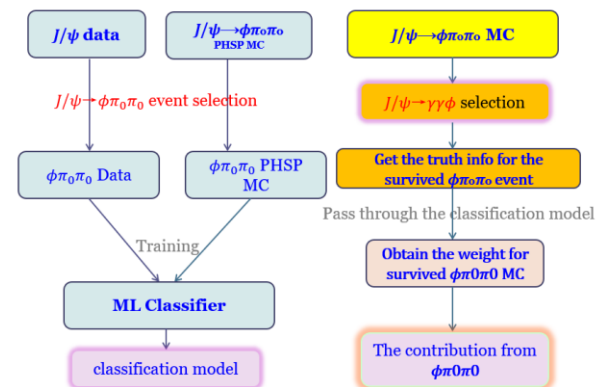
- $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 本底估计

❖ 研究进展及计划

- 建立了高MC数据比下的学习模型, 下一步需调整得到同数据量学习模型
- 优化学习模型后, 进行 $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-\eta'$ 过程的 $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 本底估计



学习结果



本底估计流程

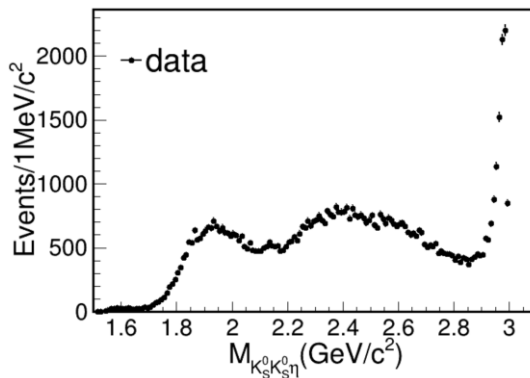
$J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 的分波分析

❖ 研究动机

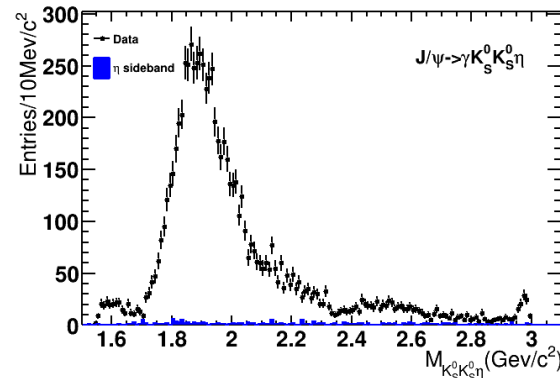
- 2009和2012年 $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 事例的分波分析测定 $X(1835)$ 的 J^{PC} 为 0^{-+}
- $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$ 的分波分析结果表明 $X(2370)$ 的 J^{PC} 为 0^{-+} ，和胶球预期一致
- 基于100亿 J/ψ 事例，对 $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 作分波分析，更新 $X(1835)$ 的分析结果，并对 $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 过程研究 $X(2370)$

❖ 研究内容

- $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 本底分析
- $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 分波分析



终选数据分布



$M_{K_S^0 K_S^0} < 1.1 \text{ GeV}/c^2$

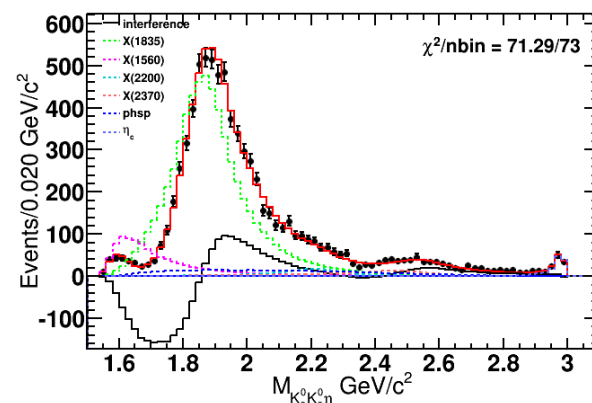
$J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 的分波分析

❖ 研究进展及计划

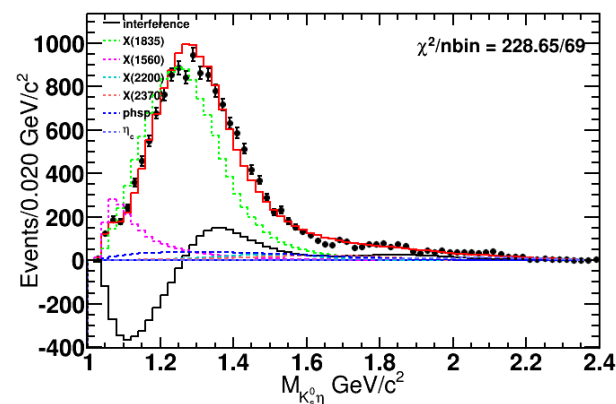
- 已得到分波分析初步解，在12月份[BES年会轻强子组分会](#)作了报告
- 对于 $K_S^0 \eta$ 质量谱未能拟合好，下一步需进行优化
- 完成拟合优化后，进行系统误差分析

分波分析初步解

State	J^{PC}	Decay Mode	$M(\text{GeV}/c^2)$	$\Gamma(\text{GeV}/c^2)$	Significance
X(1835)	0^{-+}	$f_0(980)\eta$	$1.857^{+0.004}_{-0.004}$	$0.216^{+0.007}_{-0.007}$	$>>30\sigma$
X(1560)	0^{-+}	$f_0(980)\eta$	$1.549^{+0.010}_{-0.011}$	$0.108^{+0.014}_{-0.012}$	23.3σ
PHSP	0^{-+}	$f_0(1500)\eta$	2.05	150	12.7σ
η_c	0^{-+}	$f_0(980)\eta$	2.9839	0.0320	28.9σ
X(2370)	0^{-+}	$f_0(980)\eta$	$2.496^{+0.020}_{-0.019}$	$0.281^{+0.051}_{-0.043}$	12.8σ
X(2200)	1^{++}	$f_0(980)\eta$	$2.219^{+0.022}_{-0.021}$	$0.215^{+0.044}_{-0.035}$	9.3σ
S	12661.460				



质量谱投影



总结

BESIII探测器对 J/ψ 衰变的分析

❖ 用 $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-\eta'$ 过程分析X(1835)

- 两种模型拟合 $\pi^+\pi^-\eta'$ 质量谱上的反常线型，比较分析结果差异
- 两种本底估计方法估计 $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 本底，比较估计效果

❖ 多变量的本底研究

- 得到本底 $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 学习模型
- 下一步优化模型并估计 $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-\eta'$ 中 $J/\psi \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-\eta'$ 本底

❖ $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta$ 分波分析研究X(2370)和X(1835)

- 得到了分波分析初步解，在12月份[BES年会轻强子组分会](#)作了报告
- 继续优化分波解