



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

2022年4-8月研究生考核报告

报告人: 张 鹏

导 师: 黄燕萍

实验物理中心高能量物理组

目录

➤ BESIII 分析

- $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$
- $J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta'$
- $J/\psi \rightarrow \gamma p \bar{p}$

➤ ATLAS 分析

- $J/\psi \rightarrow ee$ 能量刻度修正
- Higgs 粒子质量测量

$J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$ 分析

➤ 研究动机

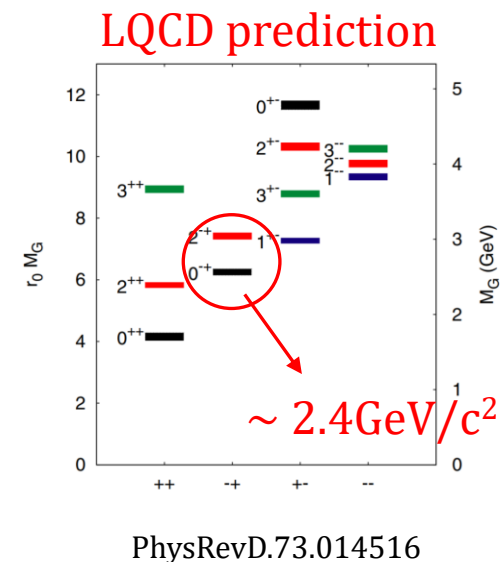
- 用分波分析方法测量 $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$ 过程中的胶球候选者 X(2370) 的自旋宇称

➤ 研究进展

- 完成了 Referee Committee 的申请并正根据收到的建议更新 memo
- 相关结果已经在今年夏季的 [BESIII Collaboration Meeting](#) 报告
- memo 链接: [DocDB-1077](#), [HyperNews-BAM-00603](#)

➤ 下一步

- 继续回复 Referee 的问题和建议



Spin-Parity determination of the X(2370) in $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$

Yanping Huang^a, Shan Jin^b, and Xiaoyan Shen^a, and Peng Zhang^a

^aInstitute of High Energy Physics, CAS

^bNanjing University

Internal Referee Committee

Igor Boyko (Chair)^c, Yadi Wang^d, and Xiaolin Kang^e

$J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$ 分析

➤ 目前的两个分波解

state	J^{PC}	Decay mode	Mass (MeV/c^2)	Width (MeV/c^2)	Significance
X(2370)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	$2404.1^{+11.2}_{-11.7}$	$177.7^{+18.3}_{-17.9}$	14.4σ
X(1835)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	1844	192	$> 20\sigma$
X(wide)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	$2778.7^{+59.1}_{-53.8}$	$775.6^{+158.1}_{-121.6}$	15.0σ
η_c	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	2983.9	32.0	$> 20.0\sigma$
PHSP	0^{-+}	$(K_S^0 K_S^0)_{S/D-wave}\eta'$	---	---	17σ

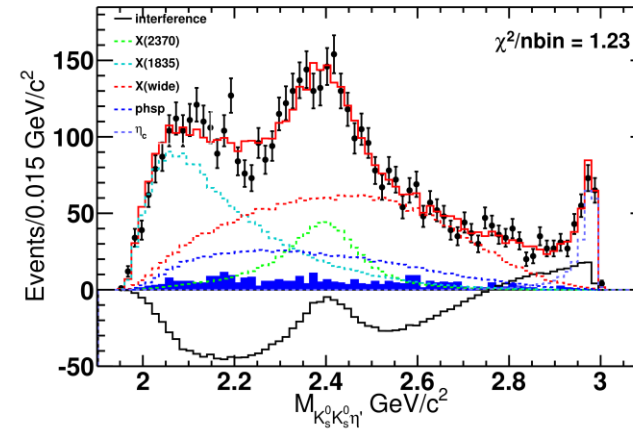
state	J^{PC}	Decay mode	Mass (MeV/c^2)	Width (MeV/c^2)	Significance
X(2370)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	$2416.1^{+12.5}_{-13.1}$	$173.0^{+22.8}_{-17.6}$	12.7σ
X(2600)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	2617.8	199.8	4.2σ
X(1835)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	1844	192	$> 20\sigma$
X(2750)	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	$2780.5^{+31.5}_{-34.9}$	$382.3^{+81.8}_{-62.7}$	10.1σ
η_c	0^{-+}	$f_0(980)\eta'$	2983.9	32.0	$> 20.0\sigma$
PHSP	0^{-+}	$(K_S^0 K_S^0)_{S/D-wave}\eta'$	---	---	18.0σ

➤ X(2370)的测量结果

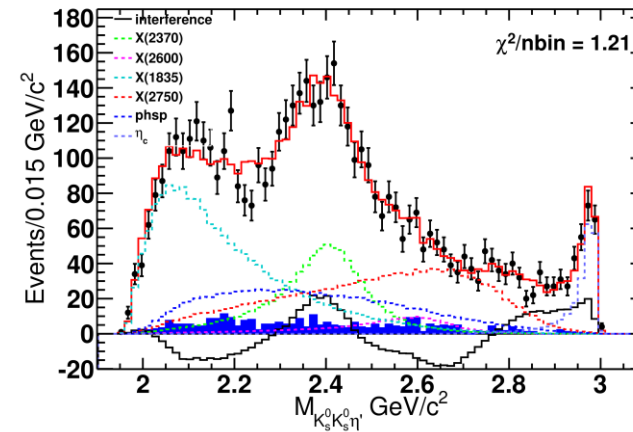
- $J^{PC} = 0^{-+}$
- Mass = $2401.1^{+11.2}_{-11.7}(\text{stat.})^{+12.0}_{-22.9}(\text{syst.}) MeV/c^2$
- Width = $177.7^{+18.3}_{-17.9}(\text{stat.})^{+15.0}_{-4.8}(\text{syst.}) MeV/c^2$
- $B[J/\psi \rightarrow \gamma X(2370)] * B[X(2370) \rightarrow f_0(980)\eta'] * B[f_0(980) \rightarrow K_S^0 K_S^0] = 0.94 \pm 0.27(\text{stat.})^{+0.40}_{-0.06}(\text{syst.}) \times 10^{-5}$

Projection of combined channel:

$$\eta' \rightarrow \pi^+ \pi^- \eta \text{ and } \eta' \rightarrow \gamma \rho^0$$



Nominal



taken as syst. uncertainty

$J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta'$ 分析

➤ 研究动机

- 通过拟合 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 不变质量谱上的“快速下降”结构来研究X(1835)和 $p\bar{p}$ 不变质量阈增长结构之间的关系

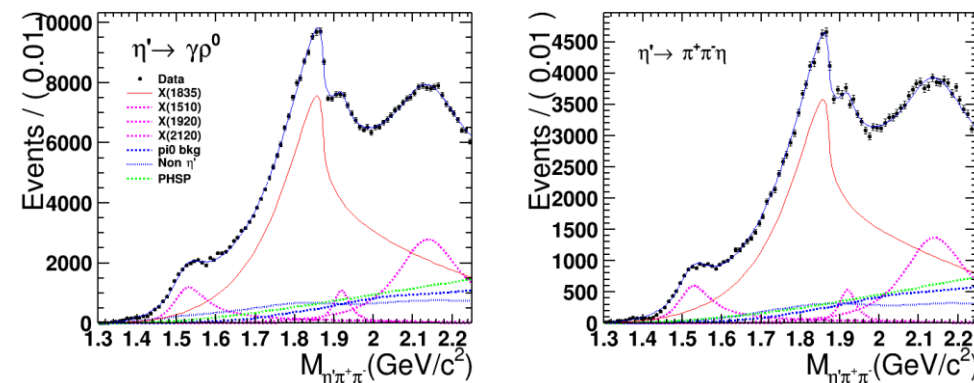
➤ 研究进展

- 在 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 不变质量谱 $p\bar{p}$ 质量阈附近观测到了显著的“快速下降”现象
- 采用了两种方案对 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 不变质量谱进行拟合
 - ✓ 使用Flatté形式描述X(1835)
 - ✓ 使用相干涉的Breit-Wigner描述X(1835)
- 尝试使用两种新的方法重新估计 $J/\psi \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^- \eta'$ 本底
 - ✓ 基于机器学习的多维reweight
 - ✓ 基于质量因子(Q-factor)的reweight

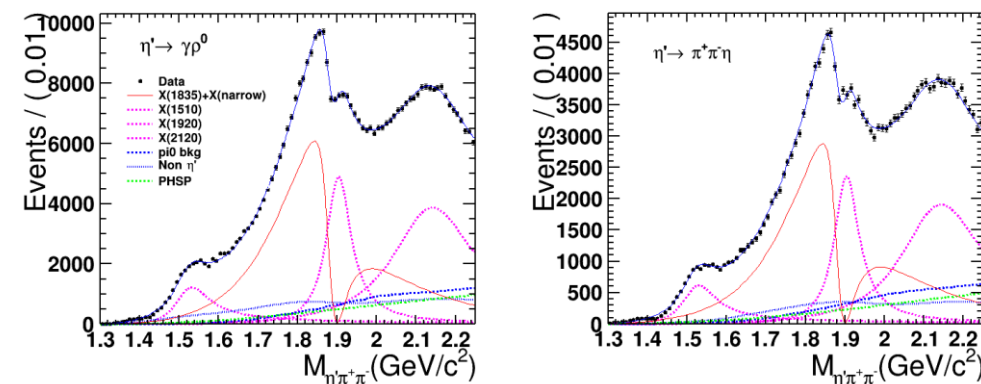
➤ 目前对 η' 两个衰变道的同时拟合结果

- Flatté: $M_{\text{pole}} = 1926.1 \text{ MeV}/c^2$, $\Gamma_{\text{pole}} = 286.4 \text{ MeV}/c^2$
- Two BW: $M = 1837.8_{-6.3}^{+6.9} \text{ MeV}/c^2$, $\Gamma = 369.4_{-6.3}^{+6.9} \text{ MeV}/c^2$
- X(1920)的显著性均大于 10σ

Data 2009+2012+2018+2019



Flatté Formula



Coherent Summation of Two Breit-Wigner

$J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p}$ 分析

➤ 研究动机

- 用分波分析方法测量 $J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p}$ 过程中 $p\bar{p}$ 不变质量阈增长结构的质量和宽度

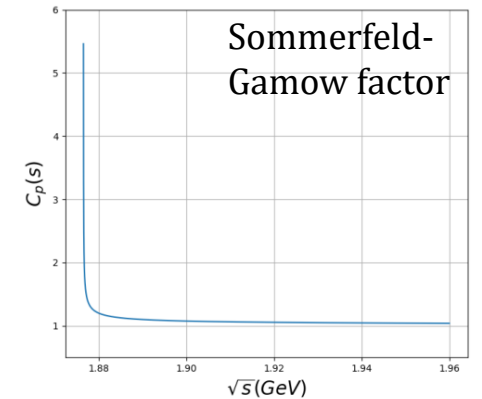
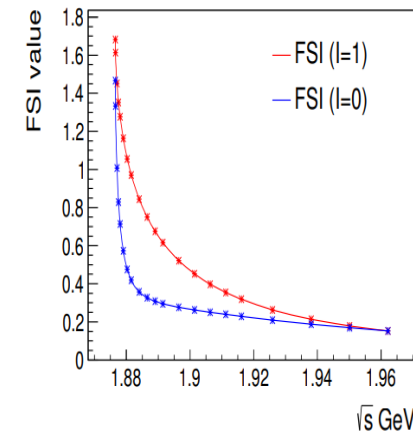
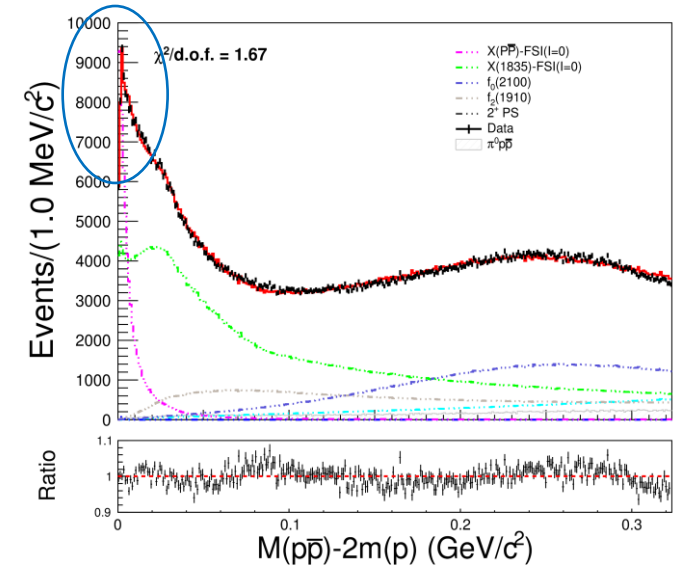
➤ 研究进展

- 目前的分波解
 - ✓ 在共振态参数化的时候考虑了库伦因子(Sommerfeld-Gamow factor)
 - ✓ $\sqrt{FSI(I=0)} \times \sqrt{C_p(S)} \times BW_{propagator}$
 - ✓ 增加了新的共振态 X(1879), 其参数为 $M=1879.3$ and $\Gamma=0.6$ MeV
- X($p\bar{p}$)的测量结果:
 - ✓ $M=1876.4 \pm 0.1$ MeV/ c^2
 - ✓ $\Gamma=8.5 \pm 0.2$ MeV/ c^2

➤ 下一步

- 继续优化分波解
- 研究FSI效应带来的误差

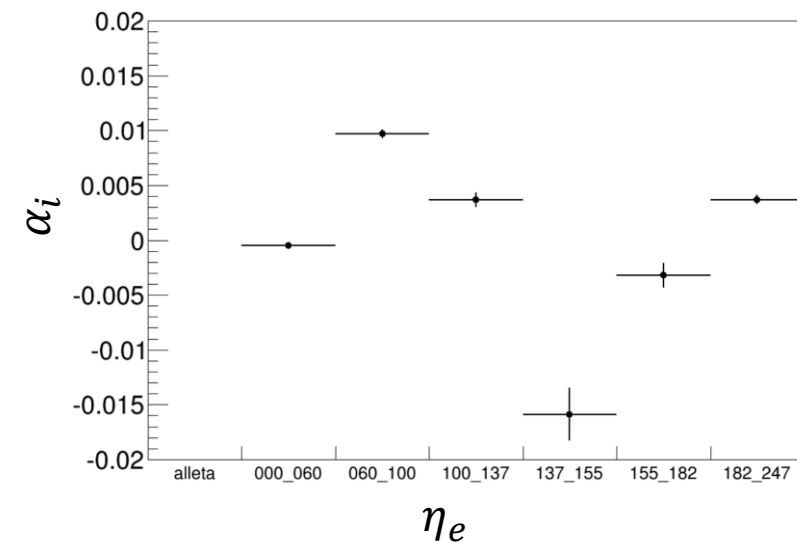
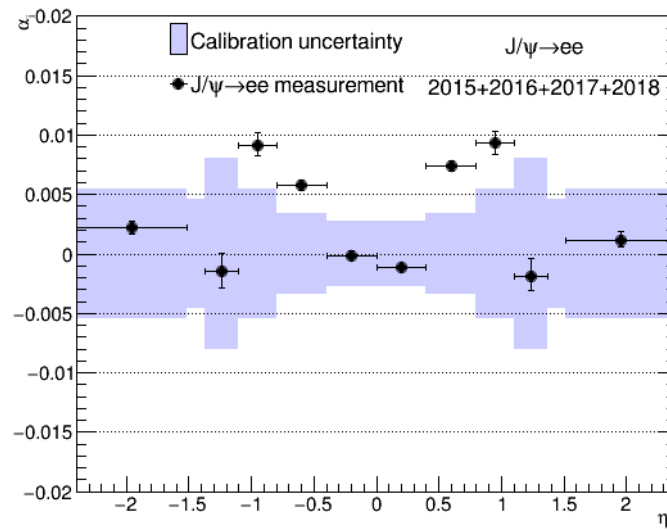
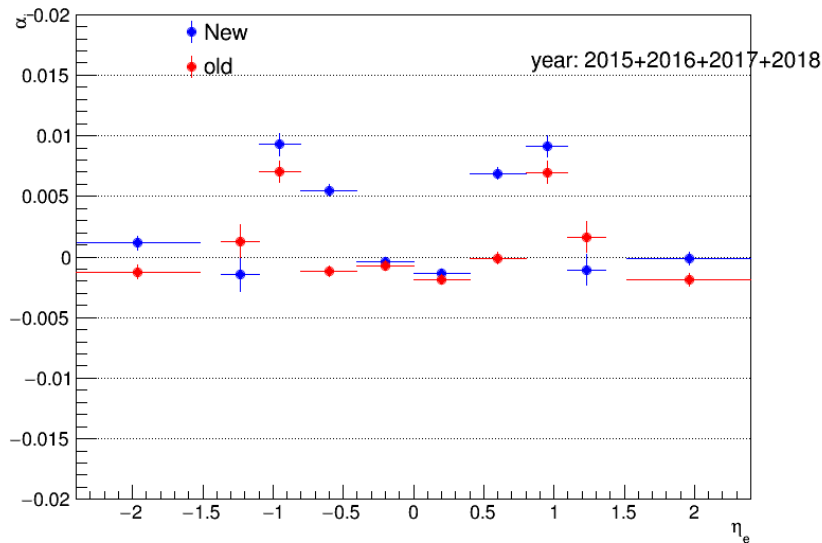
fit region: [threshold, 2.2]



Atlas: $J/\psi \rightarrow ee$ 能量刻度修正

- 研究动机: 通过高统计量且纯净的 $J/\psi \rightarrow ee$ 过程的 data 样本获得电子的能量刻度修正 (energy scale corrections)
- 研究进展
 - 使用了新的 EgammaCalibrationAndSmearingTool
 - 与 calibration uncertainty 做交叉检查
- 报告链接: [Report1](#), [2](#), [3](#)

```
tool.setProperty("ESModel", "es2022_R21_Precision");  
tool.setProperty("useGainCorrection",1);  
tool.setProperty("doADCLinearityCorrection",1);  
tool.setProperty("doLeakageCorrection",1);  
tool.setProperty("useCaloDistPhiUnifCorrection",1);
```



Higgs粒子质量测量

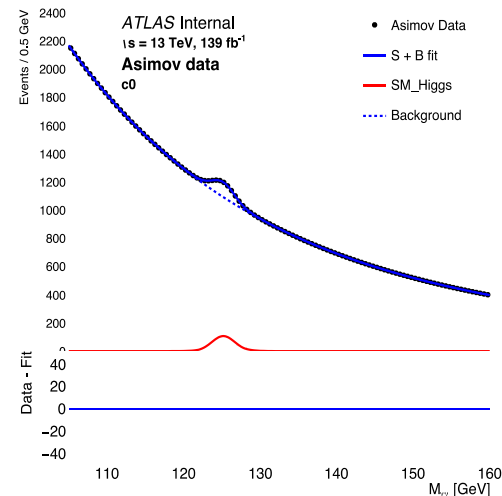
➤ Higgs粒子质量测量结果

- $m_H = 125.090_{-0.125}^{+0.125}(\text{stat.})_{-0.258}^{+0.258}(\text{syst.}) \text{ GeV}$

➤ 光子能量泄漏(leakage)对Higgs质量测量的影响

- 样本: 40K ggF MC
- $\sigma_{leakage}$ 的改变

$$\sigma_{leakage} = \sqrt{\sigma_{tot}^2 - \sigma_{stat}^2}$$



	Current photon leakage	Updated photon leakage
$m_H \pm \sigma_{stat}$	$125.09_{-0.125}^{+0.125} \text{ GeV}$	
$m_H \pm \sigma_{tot}$	$125.09_{-0.159}^{+0.158} \text{ GeV}$	$125.09_{-0.127}^{+0.127} \text{ GeV}$
$\sigma_{leakage}$	$+97.6$ -96.4 MeV	$+21.3$ -20.8 MeV

	category	ΔM (MeV)	$\Delta FWHM$ (MeV)	$\frac{\Delta \text{yield}}{\text{nominal yield}}$ (%)
1	UU Cen low	0	1.95	-3.53
2	UU Cen med	1	1.18	-3.5
3	UU Cen high	1	0.8	-3.67
4	UU Rest low	-1	2.71	0.37
5	UU Rest med	0	2.26	0.29
6	UU Rest high	-1	-3.98	0.49
7	UU Trans	-2	5.58	5.77
8	Conv Cen low	0	-5.27	16
9	Conv Cen med	5	-6.22	15.87
10	Conv Cen high	2	-4.95	16.53
11	Conv Rest low	0	-15.85	0.41
12	Conv Rest med	2	-12.08	0.63
13	Conv Rest high	3	-13.38	0.06
14	Conv Trans	-3	-36.64	-5.08

➤ 光子转化(conversion)效率对Higgs质量测量的影响

- 根据光子重建的转化类型将其分为两类
- Reweight标准模型MC样本: $f_{reco\ type}^{data} / f_{reco\ type}^{MC}$

➤ 报告链接: [Report1](#), [2](#)

总结

➤ BESIII 分析

- $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0 \eta'$
 - ✓ 完成了Referee Committee的申请并正在回复问题([HyperNews-BAM-00603](#))
 - ✓ 在今年夏季的[BESIII Collaboration Meeting](#)报告了相关结果
- $J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta'$
 - ✓ 拟合 $\pi^+ \pi^- \eta'$ 不变质量谱上的“快速下降”结构
 - ✓ 采用两种新的方法重新估计本底
- $J/\psi \rightarrow \gamma p \bar{p}$
 - ✓ 继续优化分波解

➤ ATLAS 分析

- $J/\psi \rightarrow ee$ 能量刻度修正
 - ✓ 基于新的EGamma recommendations, 给出了能量刻度修正([Report1, 2, 3](#))
- Higgs粒子质量测量
 - ✓ 发现新的光子能量泄漏误差对Higgs质量测量的影响($\sigma_{leakage}$)下降了约78%
 - ✓ 光子转化效率的误差对Higgs质量测量的影响是可以忽略的. ([Report1, 2](#))

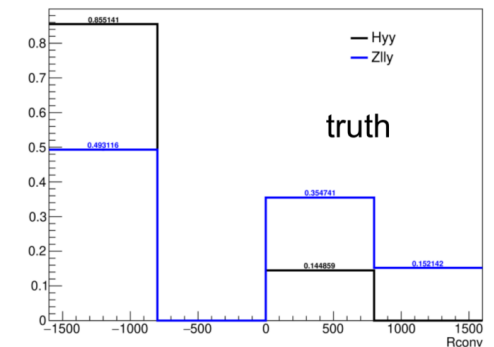
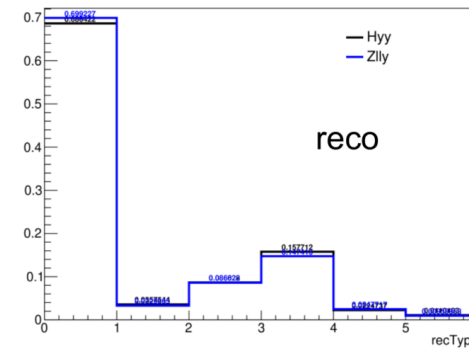


Thanks!

Backup

- Due to the strong correlation between the conversion relative POIs (f_{conv} , $f_{reco\ conv}$, $f_{fake\ conv}$), 4 types are defined to propagate the uncertainty effect.

Type	Truth	Reco	fraction	weight
1	Unconv	Unconv	$f_1 = (1 - f_{conv}) \times (1 - f_{fake})$	f_1^{data} / f_1^{MC}
2	Uconv	Conv	$f_2 = (1 - f_{conv}) \times f_{fake}$	f_2^{data} / f_2^{MC}
3	Conv	Uconv	$f_3 = f_{conv} \times (1 - f_{reco})$	f_3^{data} / f_3^{MC}
4	Conv	Conv	$f_4 = f_{conv} \times f_{reco}$	f_4^{data} / f_4^{MC}



- The temporary solution, group the photons to two types based on the reconstructed type.

Type	Reco	fraction	weight
1	Unconv	$f_{reco\ unconv}$	$f_{reco\ unconv}^{data} / f_{reco\ unconv}^{MC}$
2	Conv	$f_{reco\ conv}$	$f_{reco\ conv}^{data} / f_{reco\ conv}^{MC}$

Reweight SM MC sample $w = w_{\gamma_1} \times w_{\gamma_2}$