



РОЖДЕНИЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ МЕЗОНОВ В РР-СТОЛКНОВЕНИЯХ, ИЗМЕРЕННОЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ALICE НА LHC

Г. Фоменко от имени ALICE Collaboration
Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт»

Москва 2025

Введение

- Эксперимент ALICE CERN: столкновение тяжелых ионов и протонов (p-p, Pb-Pb, p-Pb) при энергиях **900 ГэВ – 13.6 ТэВ**.
- Для получения информации о столкновении – регистрация детекторами частиц. В нашем случае, фотонов, с использованием фотонного спектрометра PHOS.
- **Спектрометр PHOS** – гомогенный калориметр на основе сцинтилляционных кристаллов **PbWO₄**.
- Электромагнитный ливень – образуется в ходе каскадных процессов при попадании фотона в калориметр
- Преобразование световой вспышки в электрический сигнал происходит посредством лавинного фотодиода

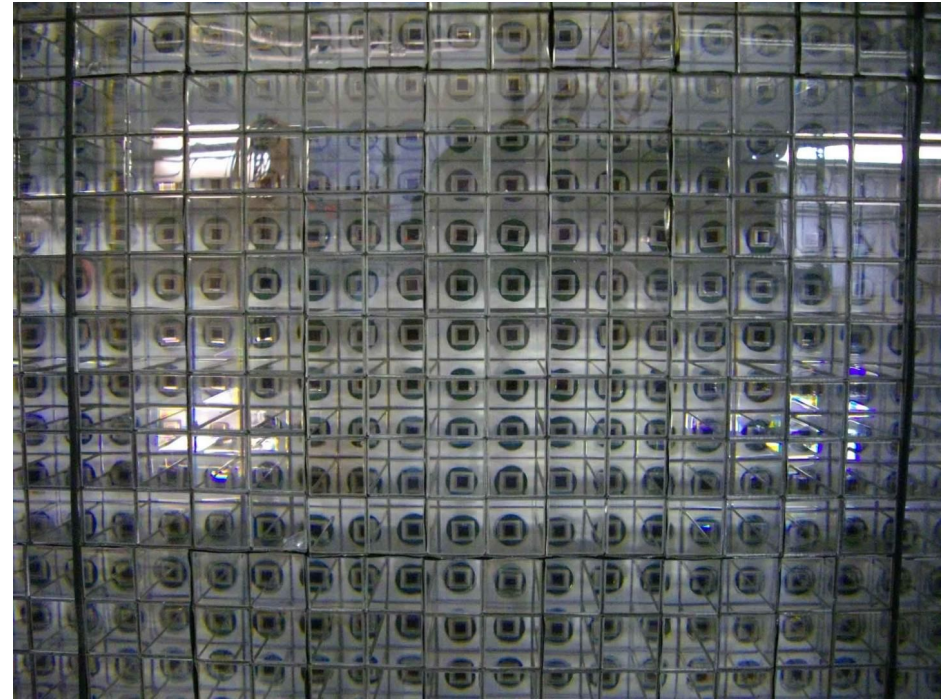
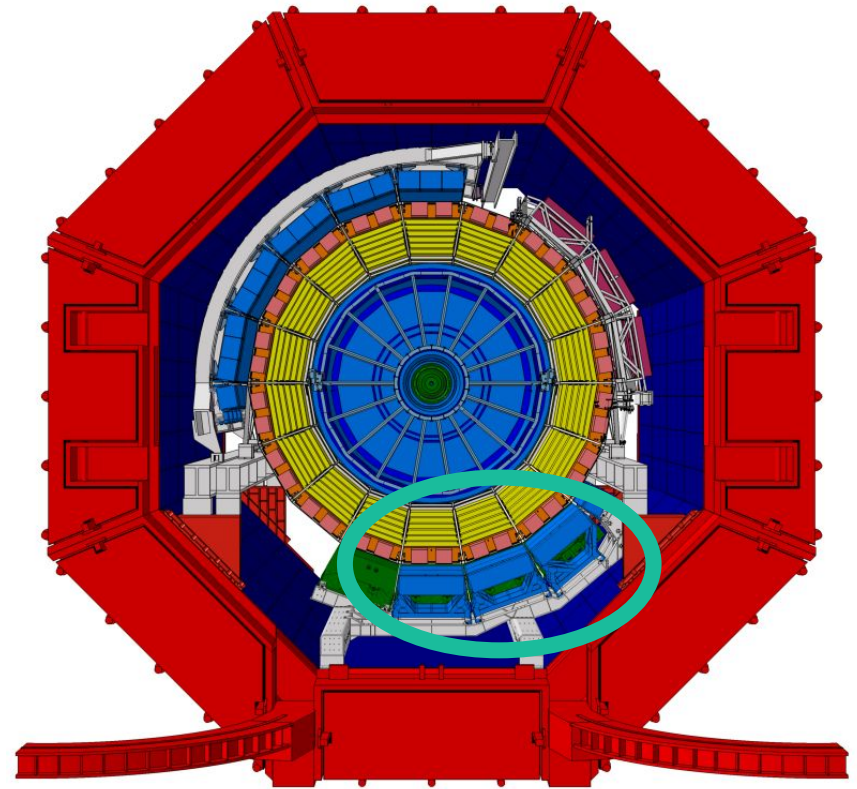


Фото матрицы кристаллов спектрометра PHOS

Изменения от Run 2 к Run 3

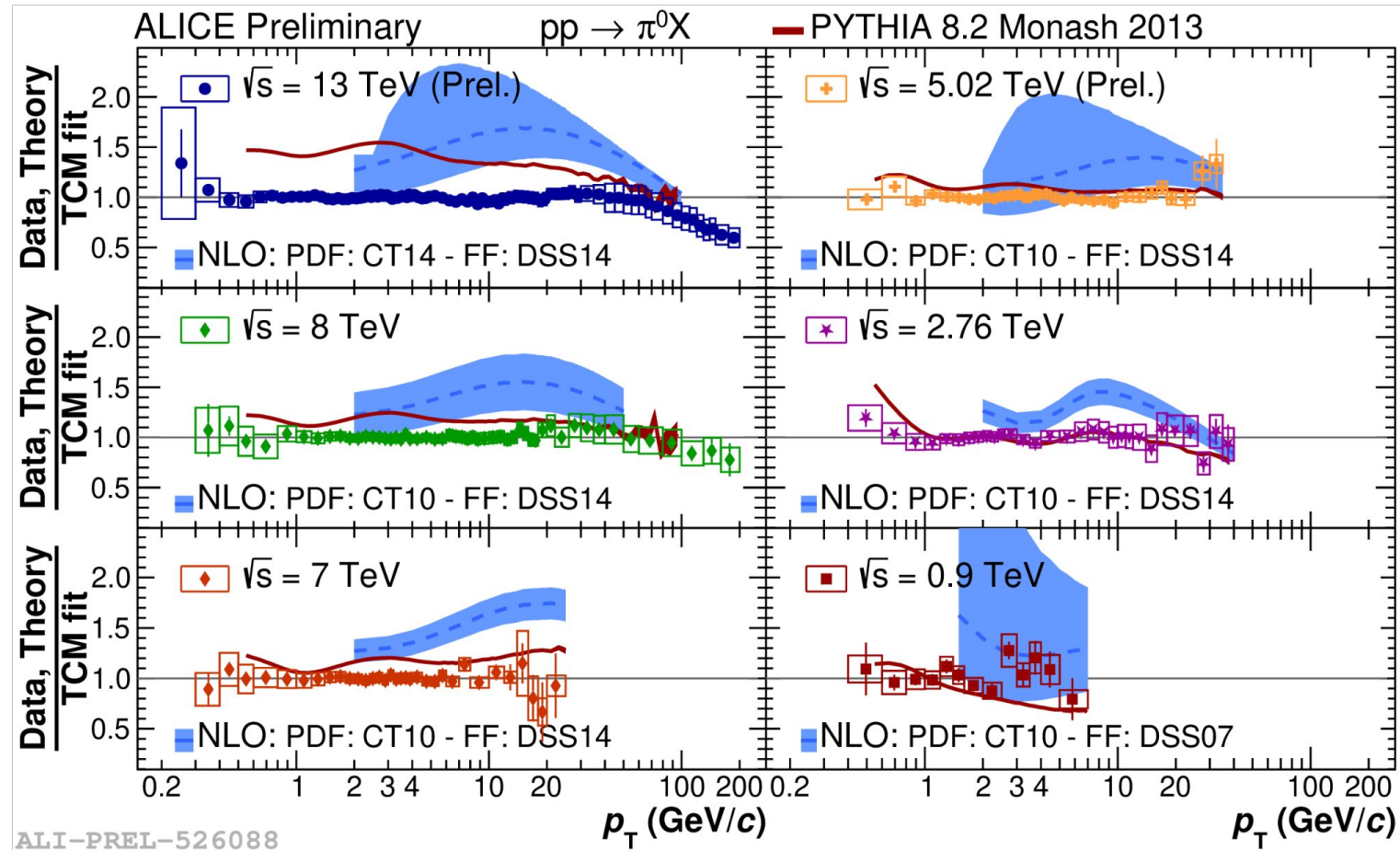
- Первые измерения сечения рождения нейтральных мезонов в pp при энергии 13.6 ТэВ на спектрометре PHOS в эксперименте ALICE
- в Run 2 (2016-2018) **9.2 пб⁻¹**.
- В RUN 3 интегральная светимость набранная в 2022-2024 достигла величины **75 пб⁻¹**,
 - в Run 3 была использована безтриггерная система сбора данных
- В PHOS не была обновлена электроника и детектор продолжает работать в триггерном режиме
- Для обработки данных создано новое программное обеспечение Online&Offline (O²)



Детекторный комплекс ALICE

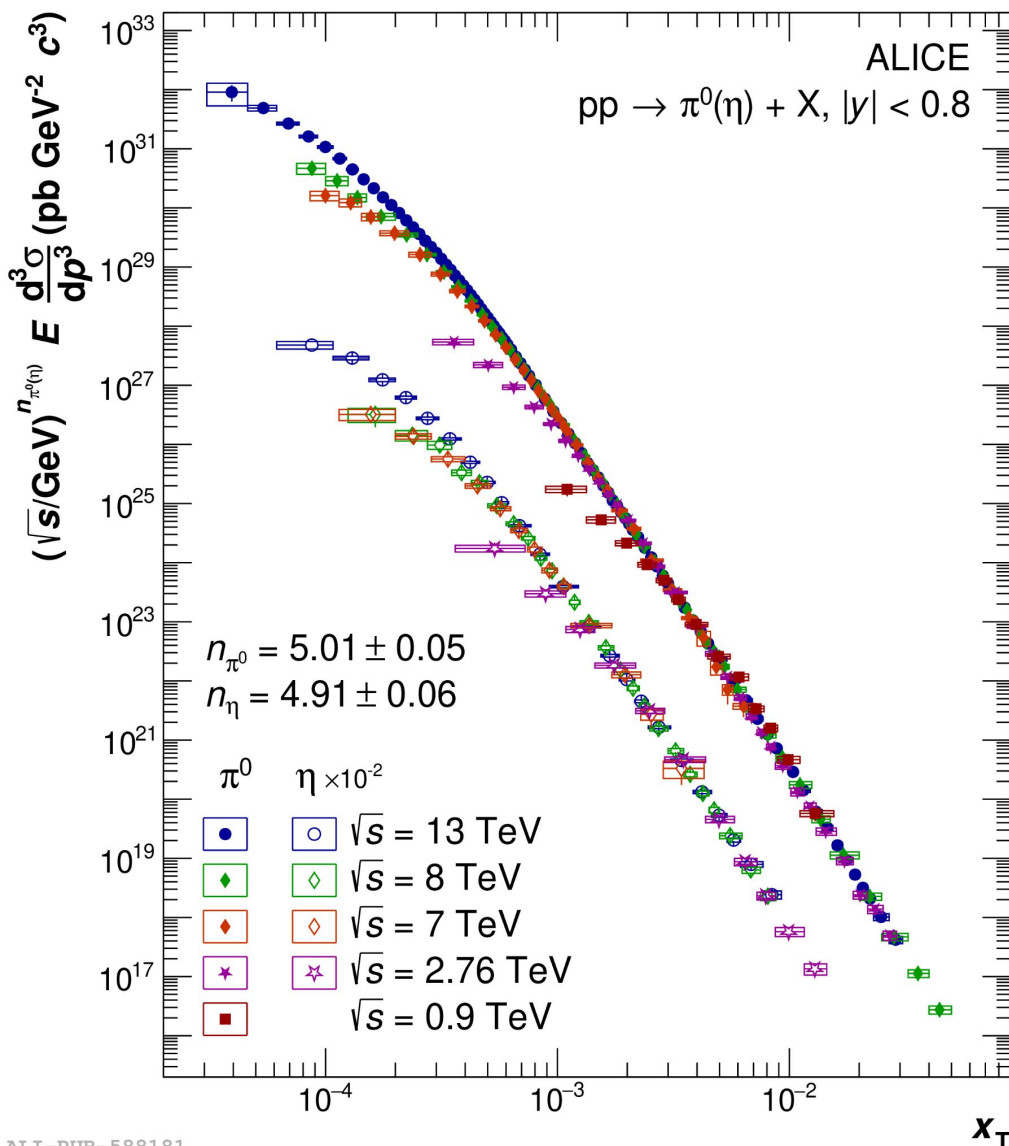
Мотивация

- Прецизионные измерения спектров нейтральных мезонов в широком диапазоне p_T важны для проверки предсказаний КХД и параметризации структурных функций партонов в протоне и функций фрагментации.
- Существующая параметризация NLO pQCD и PYTHIA описывает данные эксперимента с отклонениями до 50%.



Отношение спектров к аппроксимации TCM для π^0 мезонов в сравнении с теоретическими предсказаниями - NLO pQCD и PYTHIA 8.2 Monash 2013

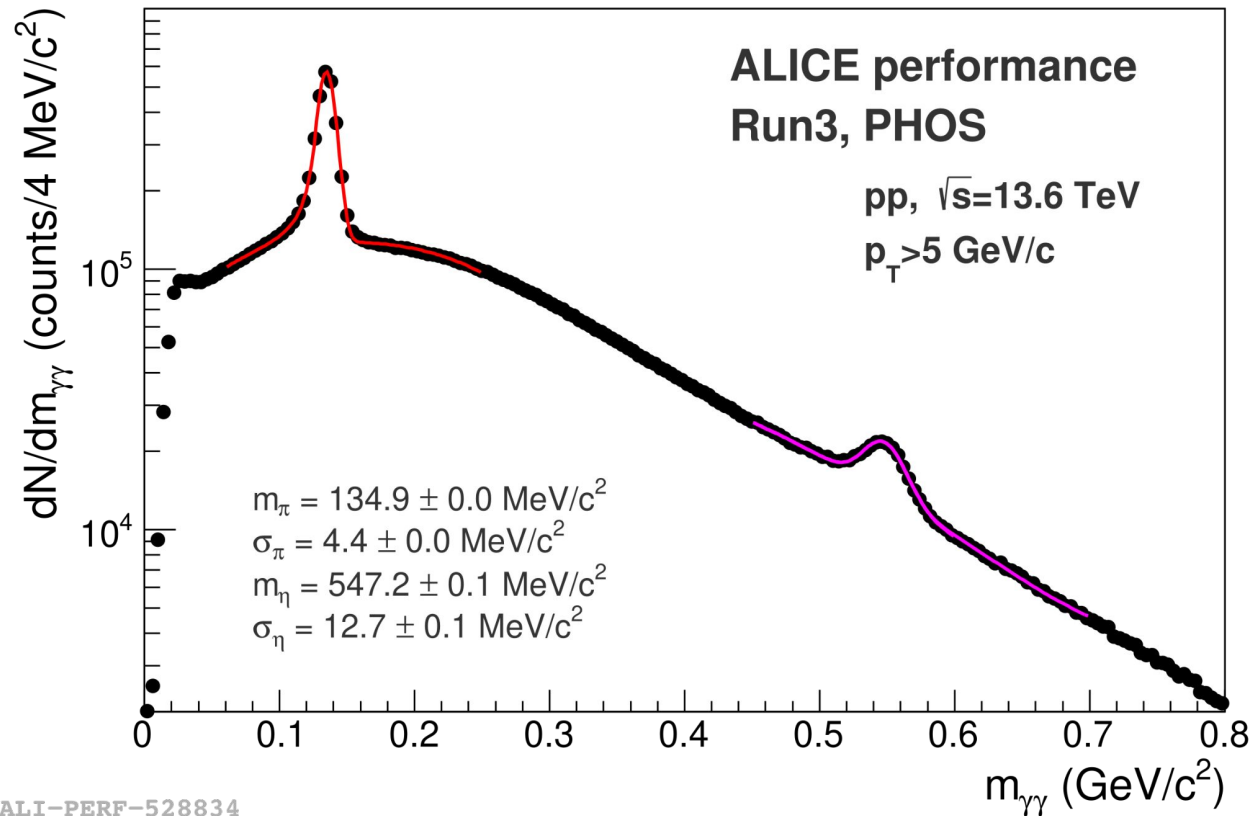
Измеренные спектры π^0



- В Run 1 & Run 2 спектры нейтральных мезонов были измерены при всех энергиях столкновений на LHC: $\sqrt{s} = 0.9, 2.76, 5.02, 7, 8$ и 13 ТэВ
- Скейлинг $n = 5.01$ был обнаружен при высоких p_T (x_T) с отклонениями при малых x_T
- Скейлинг между η и π^0 достаточно схож

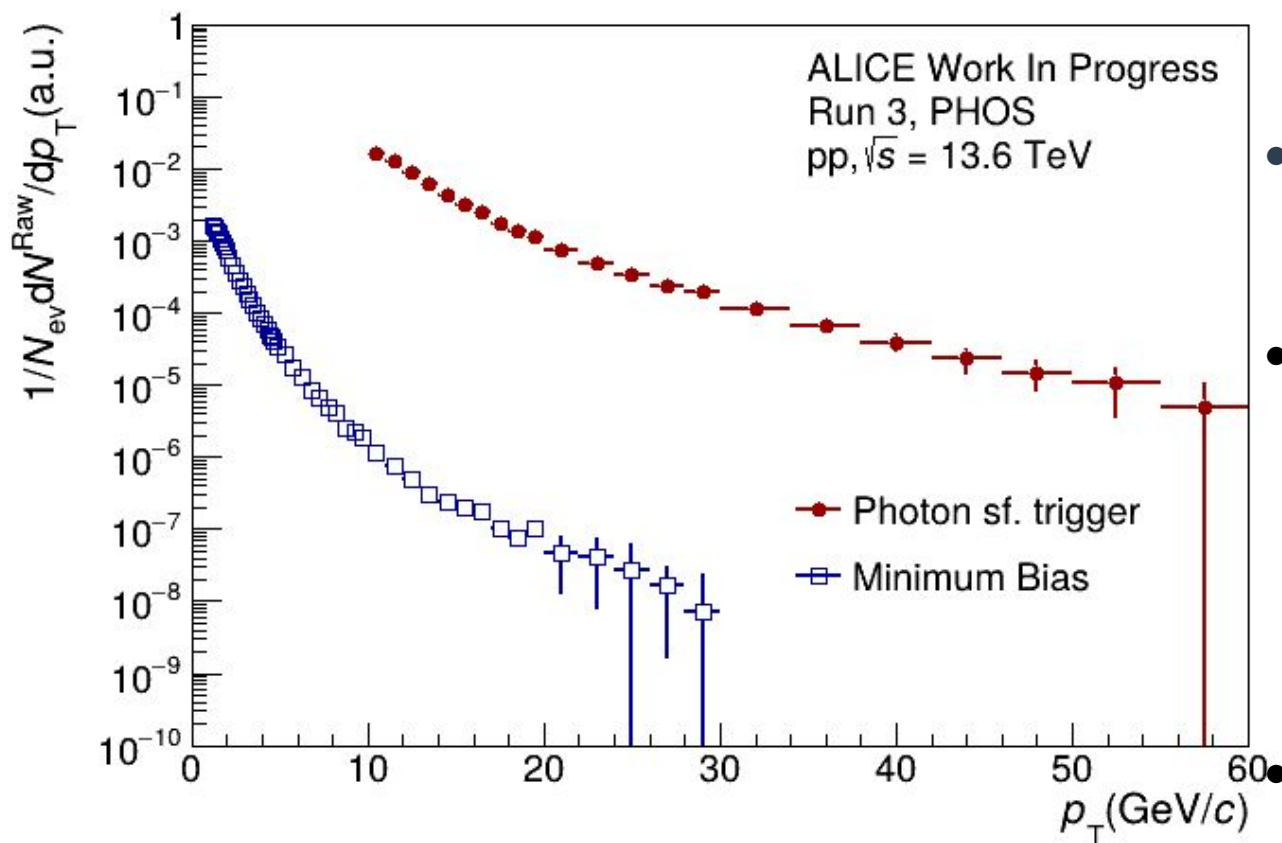
$$x_T = \frac{2p_T}{\sqrt{s}}$$

Распределение двухфотонной инвариантной массы



- Пики η и π^0 мезонов хорошо видны
- Расположение пиков совпадает с PDG значениями
 - одновременное воспроизведение положений имеет гарантирует корректность калибровки и описания геометрии детектора

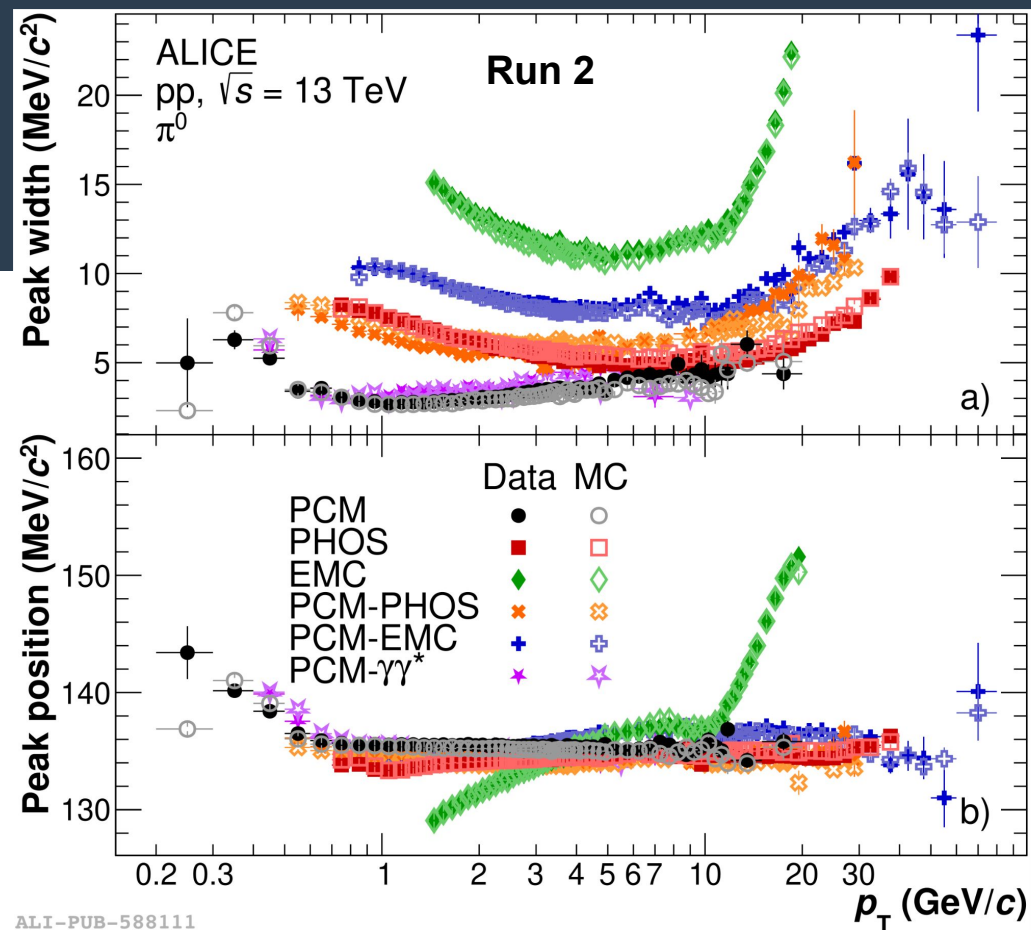
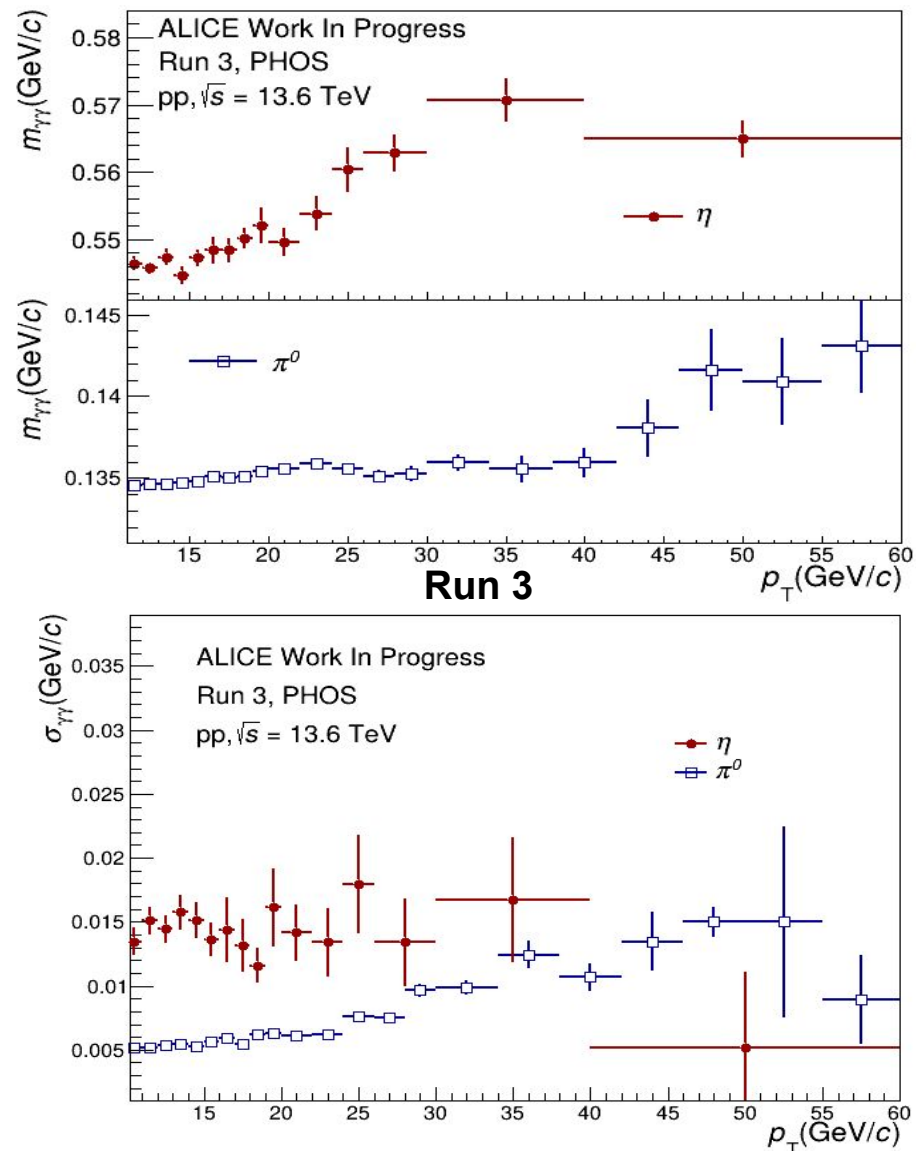
Измерение сырого спектра π^0 в Run 3



- Данные, полученные с помощью minimum bias триггера, позволяют измерить спектры до 20 GeV/c p_T
- Специальный software photon триггер
 - sw-триггер требует наличие кластера с энергией более 6 ГэВ в PHOS и совпадение с Min. Bias
 - расширяет p_T диапазон до 60 GeV/c

Высокая гранулярность PHOS позволяет восстановить пару фотонов π^0 $p_T = 60$ ГэВ/c

Положения и ширины мезонных пиков в Run 2 и Run 3

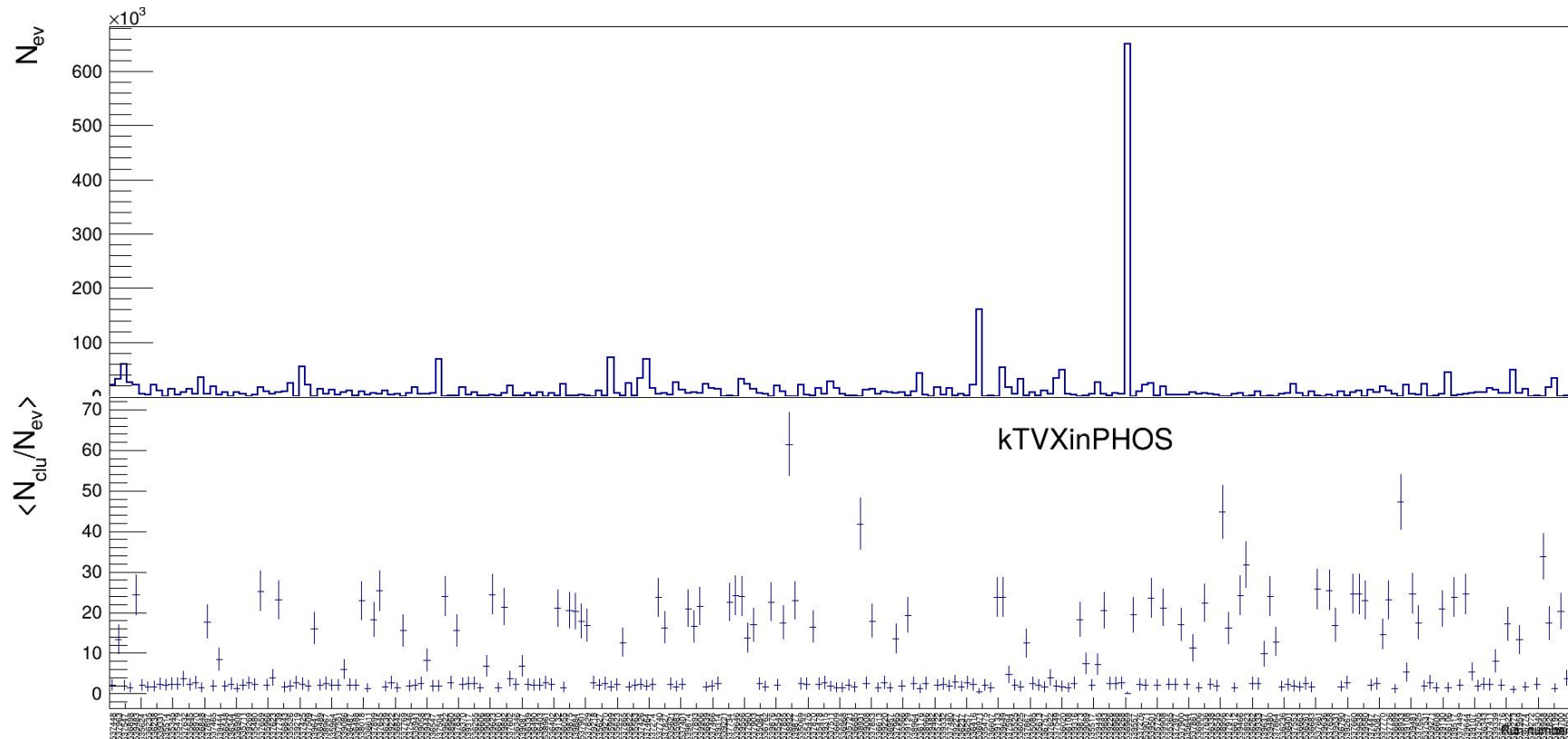


ALI-PUB-588111

ALICE Collaboration. (2024). Light neutral-meson production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV.

- Представлены результаты обработки данных полученных с помощью sw-триггера.
- Реконструкция с помощью фреймворка O² позволяет получить результаты с таким же или лучшим разрешением PHOS по сравнению с результатами Run 2

Анализ числа кластеров в событиях за 2023 год



QA кластеров для kTVXinPHOS триггера в наборе данных 2023 года

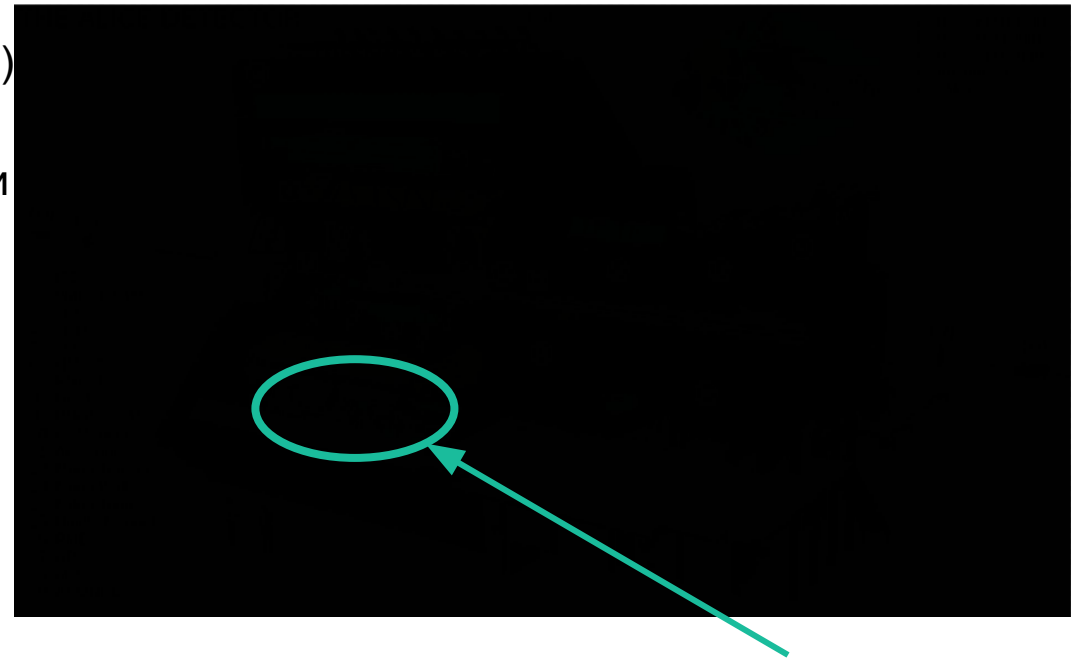
Заключение

- Представлено состояние анализа по измерению выхода нейтральных мезонов в pp столкновениях при $\sqrt{s} = 13.6$ ТэВ
- Данные полученные с помощью minimum bias триггера позволяют восстановить спектры вплоть до $p_T = 20$ ГэВ/с, специальный software photon триггер расширяет этот диапазон до 60 ГэВ/с
- Положение пиков π^0 и η мезонов совпадает со значениями в PDG и показывает слабый рост при больших p_T из-за слияния кластеров
- Минимальная ширина пионного пика составляет ~ 5 МэВ/с², демонстрируя хорошее разрешение и калибровку PHOS
 - Ширины π^0 и η мезонов ведут себя похоже
- Анализ продолжается, в ближайшее время будут получены конечные спектры

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

- Эксперимент ALICE CERN: столкновение тяжелых ионов и протонов (p-p, Pb-Pb, p-Pb) при энергиях **900 ГэВ – 13.6 ТэВ**.
- Для получения информации о столкновении – регистрация детекторами частиц. В нашем случае, фотонов, с использованием фотонного спектрометра PHOS.
- **Спектрометр PHOS** – гомогенный калориметр на основе сцинтилляционных кристаллов **PbWO₄**.
- Электромагнитный ливень – образуется в ходе каскадных процессов при попадании фотона в калориметр
- Преобразование световой вспышки в электрический сигнал происходит посредством лавинного фотодиода



Детекторный комплекс ALICE