

Измерение сечения рождения высокоэнергичных π^0 -мезонов с помощью калориметра PHOS эксперимента ALICE

Кусков В.А.

НИЯУ МИФИ,
НИЦ «Курчатовский институт»

13 июня, 2023



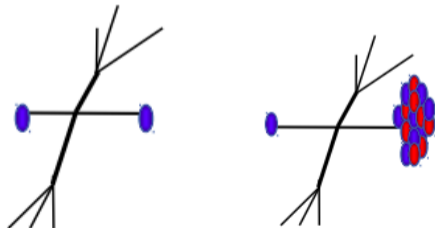
Введение. Мотивация

- Идентифицированные π^0 -мезоны восстанавливаются до высоких p_T (вплоть до 200 ГэВ/с)
- Структурные функции протонов (PDFs)
- Функции фрагментации (FFs)

которые играют важную роль для расчетов pQDC:

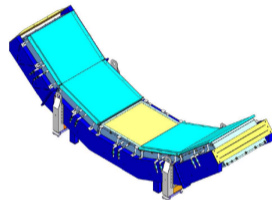
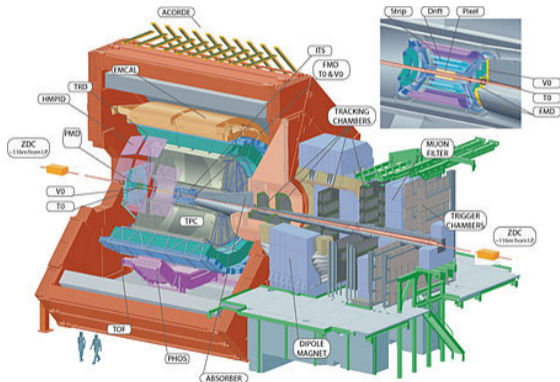
$$E \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = \sum_{i,j,k} f_i(x_i, Q^2) \otimes f_j(x_j, Q^2) \otimes D_k(z_k, Q^2) \otimes d\sigma_{ij \rightarrow kX}(x_i, x_j, Q^2)$$

- Фон распадных фотонов при измерении выхода прямых фотонов
- Модификация PDF до ядерной PDF (nPDF) при столкновении ядер
- Изучение эффектов множественности в pp столкновениях



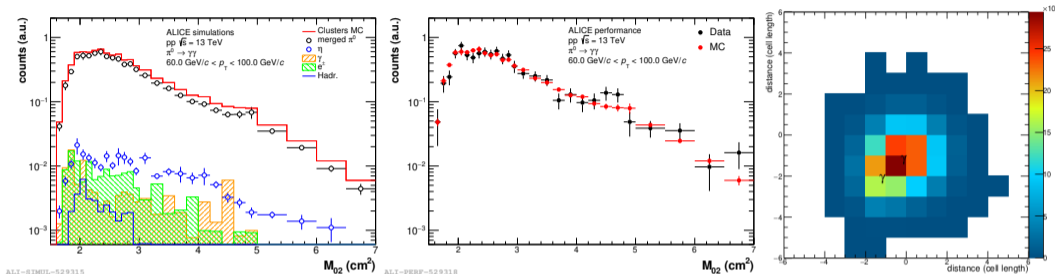
Введение. Экспериментальная установка

В состав детектора ALICE входит фотонный спектрометр (PHOS), разработанный для измерения энергии фотонов и нейтральных мезонов.



Цель: измерение дифференциального сечения π^0 -мезона в и pp-столкновениях при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ в диапазоне $30 \text{ ГэВ}/c < p_T < 100 \text{ ГэВ}/c$

Наложенные кластеры



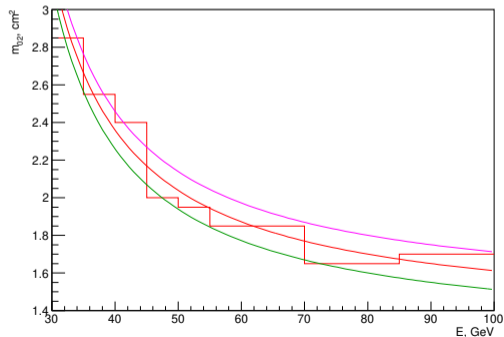
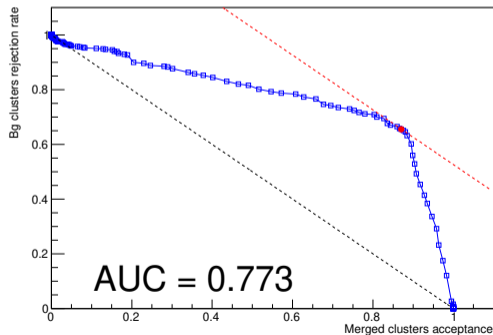
- При увеличении p_T родительского π^0 угол открытия между распадными фотонами уменьшается
- Попадая в калориметр, такие фотоны образуют единый кластер с наложенными эл/м ливнями от двух фотонов
- Отличительная особенность наложенных кластеров — их вытянутость вдоль главной оси эл/м в кластере M_{02}

Отбор наложенных кластеров с помощью параметра M_{02}

- Merged cluster acc. — $N_{merged}^{pass}(M_{02})/N_{merged}^{all}(M_{02})$;
- Bg rejection rate — $N_{notmerged}^{notpass}(M_{02})/N_{notmerged}^{all}(M_{02})$.

Каждая точка (синие квадраты) на ROC-кривой представляет ограничение на минимальный M_{02} от 0 до 10 cm^2 ([0;10], [0.1; 10], [0.2; 10] и т.д.).

[45.0-50.0] GeV



Отбор наложенных кластеров с помощью параметра M_{02}

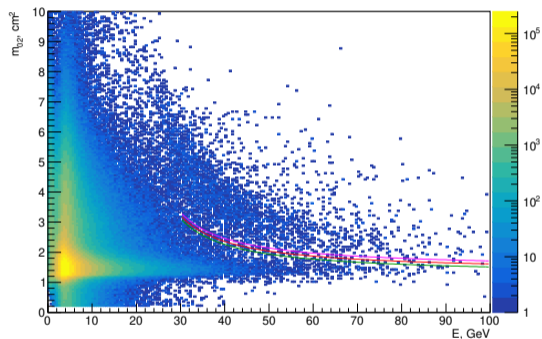
$$M_{02}^{\text{low}}(E) = a_1 + \frac{a_2}{E - a_3}, \quad (1)$$

Table: Параметры функции

	$a_1, \text{см}^2$	$a_2, \text{см}^2 \cdot \text{ГэВ}$	$a_3, \text{ГэВ}$
optimal	1.20	35.7	12.9

→ вариация M_{02} для оценки соответствующей сист. ошибки

→ полученная кривая варьируется в диапазоне $\pm 0.1 \text{ см}^2$

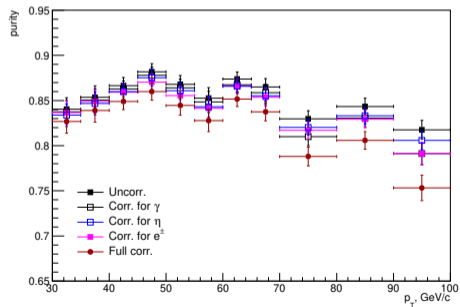
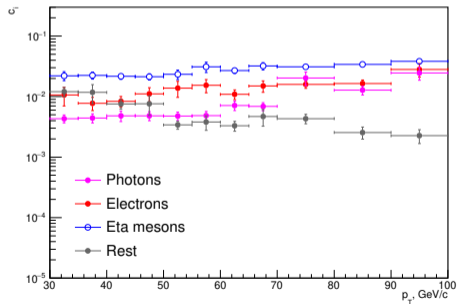


Полученные кривые в сравнение с распределением M_{02} в зависимости от энергии кластера в реальных данных

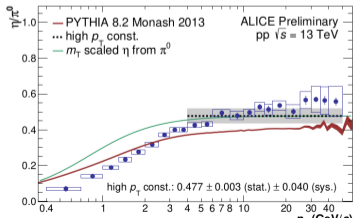
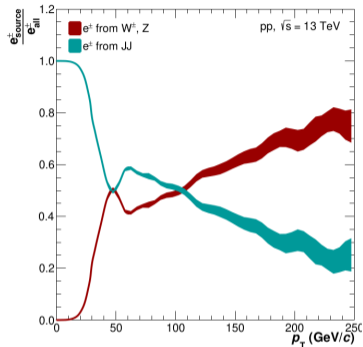
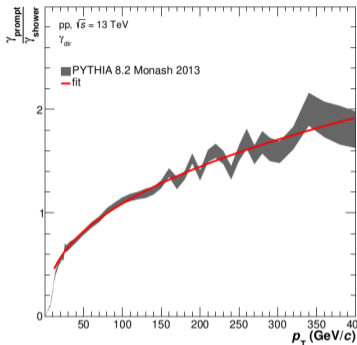
Модификация Pythia

- Pythia не содержит прямых фотонов \rightarrow корректирующая функция из NLO расчетов;
- Pythia плохо описывает электроны от распадов W^\pm и Z^0 ;
- Pythia недооценивает выход η -мезонов \rightarrow ввод из данных

\rightarrow вариация функций коррекции чистоты выражается в соответствующей сист. ошибке



Модификация Pythia

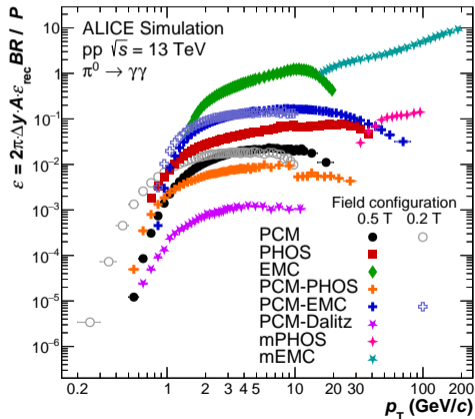
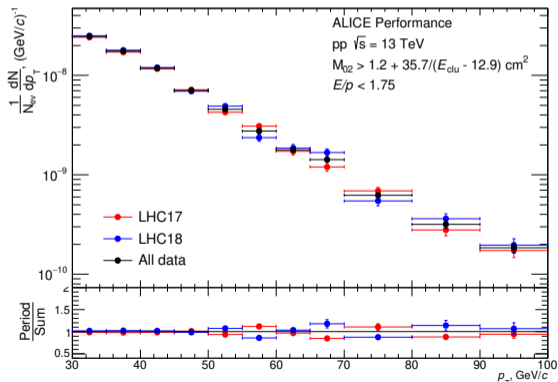


- коррекция на прямые фотоны \rightarrow NLO расчеты;
- коррекция на электроны от распадов W^{\pm} и Z^0 ;
- Pythia недооценивает выход η -мезонов \rightarrow ввод из данных.

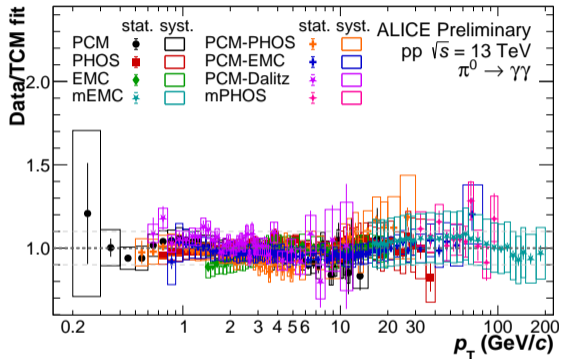
Эффективность реконструкции

- Эффективность реконструкции:

$$\varepsilon_{rec} = \frac{dN^{rec}/dy(p_T)}{dN^{gen}/dy(p_T)}, \quad (2)$$



Сравнение результатов



N_{ev} — кол-во отобранных событий,

TRF — коэффициент подавления событий триггером PHOS-L0,

P — чистота π^0 , ε_{rec} — эффективность реконструкции

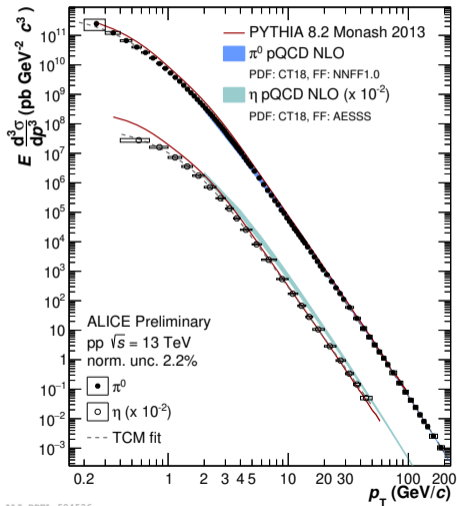
- Экспериментальное дифференциальное сечение:

$$E \frac{d^3 N}{dp^3} = \frac{d^3 N}{p_T dp_T dy d\varphi} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{N_{ev}} \frac{1}{p_T} \frac{P}{\varepsilon_{rec}} \frac{1}{TRF} \frac{d^2 N}{dp_T dy}$$

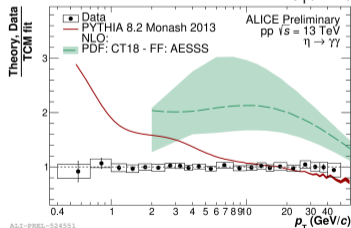
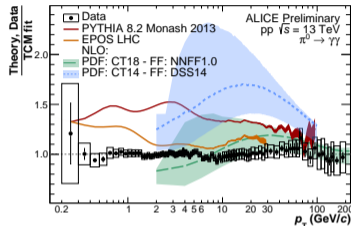
- Глобальный фит — двухкомпонентная модель (TCM):

$$E \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = A_1 \exp\left(\frac{-E_T^{\text{kin}}}{T_e}\right) + A_2 \left(1 + \frac{p_T^2}{T^2 n}\right)^{-n}$$

Дифференциальное сечение рождение π^0 -мезонов



ALI-PREL-524536

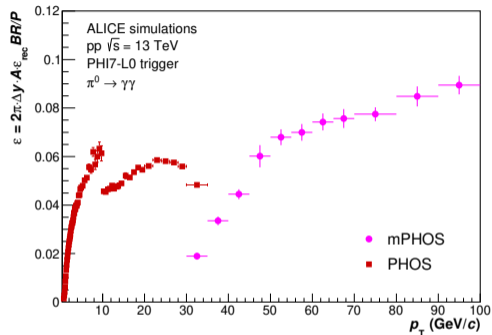
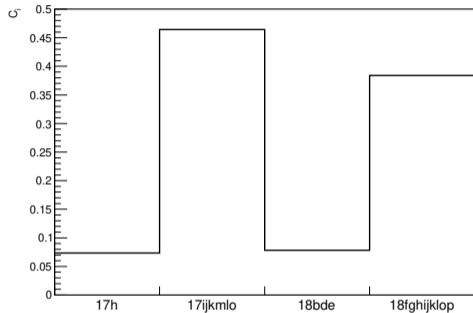


- PDF:CT14 – FF:NNFF1.0 не описывают экспериментальные данные;
- PDF CT18 for π^0 согласуется с результатами;
- However, PDF:CT18 – FF:AESSS тем не менее, та же PDF не способна воспроизвести сечение $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ → проблема в FF (?);

- Получено дифференциальное сечение рождения π^0 -мезонов в pp столкновения при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ методом наложенных кластеров калориметра PHOS в диапазоне $30 \text{ ГэВ}/c < p_T < 100 \text{ ГэВ}/c$
- Результат полученный этим методом позволяет проверить результат mEMC, а также уменьшить систематические ошибки в этом диапазоне
- Полученное сечение согласуется с результатами pQCD расчетов с использованием CT14 PDF и NNFF1.0

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

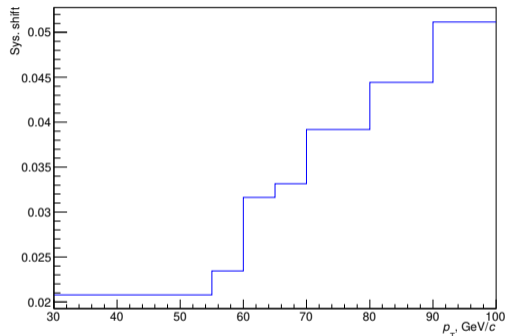
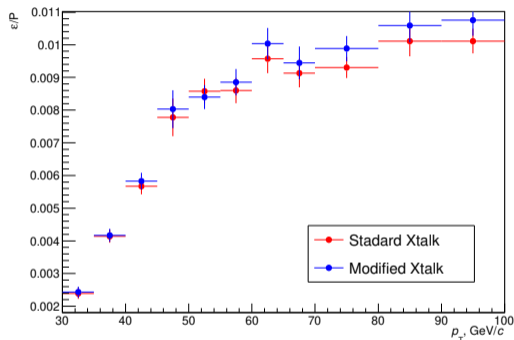
Backup. Periods Mixing



- PHI7 data tends to be taken at the end of the year
- MC statistics over all periods does not have such tendency

- The periods were combined according to the Bad Channels Maps

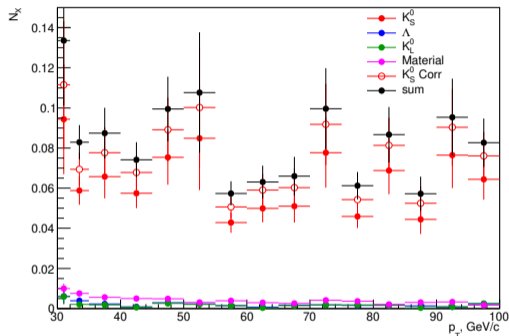
Backup. Estimation of Cross Talk Sys Uncertainties



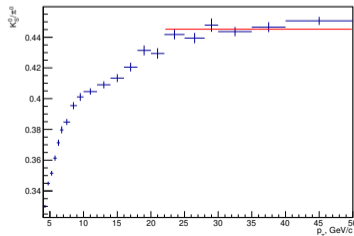
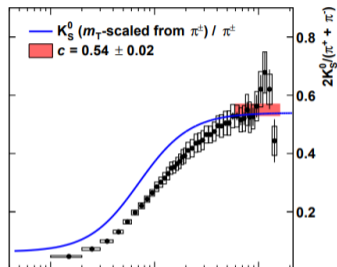
- Variation of the X-talk parameter:
Standard: $\mu_1 = 0.4$
Modified: $\mu_1 = 1.0$

- Systematic shift in the MC correction function is up to $\approx 5\%$

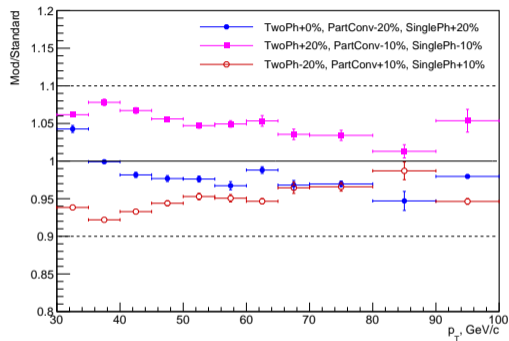
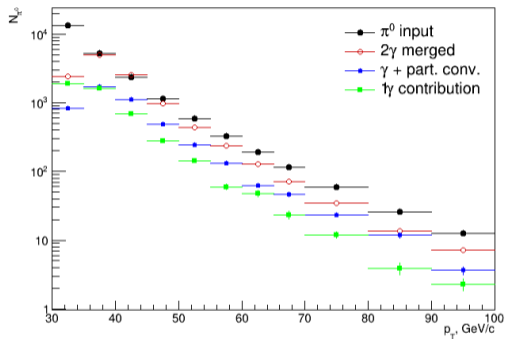
Backup. Correction for the secondary π^0



- The ration in data $c = 0.54$
- The ration in MC (Pythia 8) $c = 0.44$
- <https://arxiv.org/pdf/2005.11120.pdf>



Backup. MC Toy Model estimation

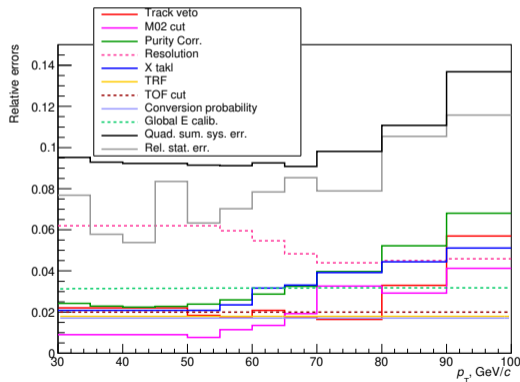


- systematic uncertainties estimated as bin-by-bin maximum deviation from unity

Backup. Systematic uncertainties

After calculating all the corrections, the corrected invariant yields are

$$E \frac{d^3 N}{dp^3} = \frac{d^3 N}{p_T dp_T dy d\varphi} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{N_{ev}} \frac{1}{p_T} \frac{1}{\epsilon_{rec}} \frac{P}{TRF} \frac{1}{d^2 N} \frac{d^2 N}{dp_T dy}$$



- Global E calibration were used by comparison of pion peak positions in MC and Data as well as E/p of electrons. This systematic uncertainties was extrapolated to high p_T , however, it is not clear the actual behavior of nonlinearity in this region.