

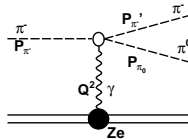
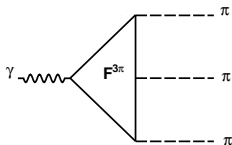
Изучение рождения нейтрального пи-мезона в
реакции электромагнитного рассеяния
заряженного пи-мезона на ядерной мишени в
эксперименте COMPASS

Иван Орлов

Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель: к. ф.-м. н. Гуськов А.В.

20 декабря 2011 г.



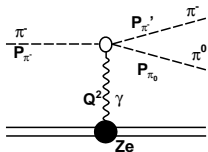
- $F^{3\pi}$ была рассчитана с использованием разных теоретических моделей, результаты расчётов лежат в интервале от 1 до 30ГэВ^{-3} и противоречат друг-другу.
- Точность вычисления в каждой модели гораздо выше, чем точность единственного экспериментального измерения.

Результаты коллаборации Сигма-Аякс (ИФВЭ, ОИЯИ)

$$F^{3\pi} = 12.9 \pm 0.9_{stat} \pm 0.5_{syst} (\text{ГэВ}^{-3})$$

$$\sigma/Z^2 = 1.63 \pm 0.23_{stat} \pm 0.13_{syst} (\text{нб})$$

Сечение реакции $\pi^- \gamma \rightarrow \pi^- \pi^0$



$$\frac{d\sigma}{ds dt dq^2} = \frac{Z^2 a}{\pi} \frac{(Q^2 - Q_{min}^2)}{Q^4} \frac{1}{(s - m_{\pi}^2)} \frac{d\sigma_{\gamma\pi^- \rightarrow \pi\pi}}{dt}$$

$$\frac{d\sigma_{\gamma\pi^- \rightarrow \pi\pi}}{dt} = \frac{(F^{3\pi})^2}{128\pi} \frac{1}{4} (s - 4m_{\pi}^2) \sin^2 \theta$$

Z - заряд ядра

Q - переданный 4-импульс

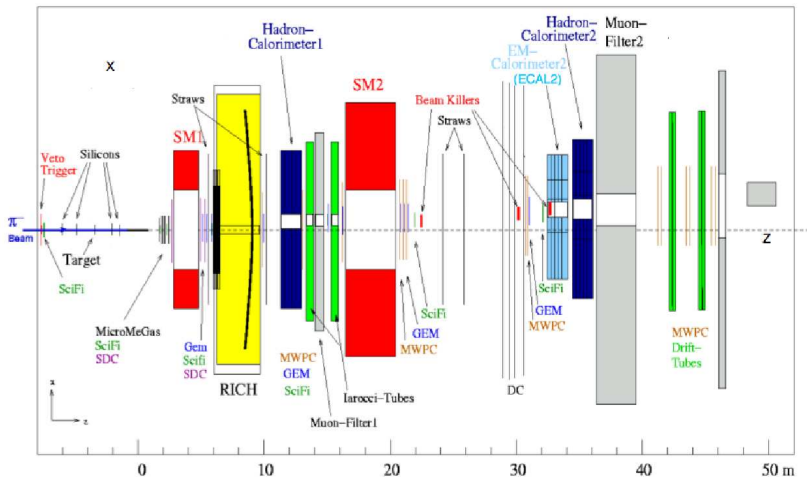
$$s = (P_{\pi^-}' + P_{\pi^0})^2, \quad t = (P_{\pi^-} + P_{\pi^-}')^2, \quad Q_{min}^2 = \left(\frac{s - m_{\pi}^2}{2E}\right)^2,$$

- 1 разработка эффективных критериев выделения событий электромагнитного процесса $\pi^- + (A, Z) \rightarrow \pi^- + \pi^0 + (A, Z)$, исходя из кинематики реакции и особенностей экспериментальной установки COMPASS;
- 2 применение разработанных критериев отбора событий для поиска процесса $\pi^- + (A, Z) \rightarrow \pi^- + \pi^0 + (A, Z)$ в физических данных эксперимента COMPASS 2009 года;
- 3 оценка числа событий искомого процесса, доступных для дальнейшего анализа;
- 4 оценка экспериментального разрешения установки COMPASS для таких кинематических переменных изучаемого процесса, как инвариантная масса двух фотонов, инвариантная масса конечного состояния $\pi^- \pi^0$, квадрат переданного ядру 4-импульса Q^2 , и полная энергия конечного состояния $E_{\pi^-} + E_{\pi^0}$.



COMPASS (COmmon Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy) - эксперимент на вторичном пучке супер - протонного синхротрона (SPS) в ЦЕРНе. Целью данного эксперимента является изучение структуры адронов и адронная спектроскопия с использованием мюонных и адронных пучков высокой интенсивности. В эксперименте COMPASS участвуют ≈ 240 учёных из 11 стран и 28 институтов.

Установка COMPASS



Мишень

Материал: Ni
Толщина 4 мм

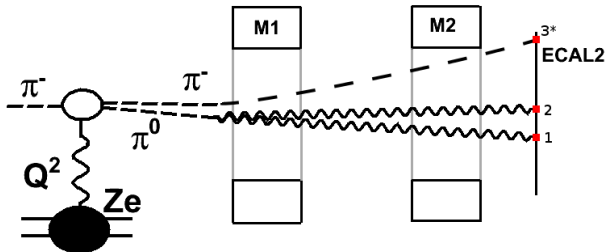
Пучок

Адронный пучок (97% π^-)
Энергия: 190 ГэВ

Данные

Адронный сеанс 2009
Объем: $3.3 \times 10^{13} \pi^-$

Критерии отбора событий

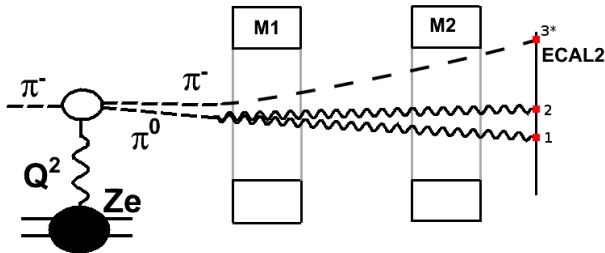


Критерии отбора событий по конфигурации трека

Критерии отбора событий по конфигурации сигнала в ECAL2

Критерии отбора событий по кинематическим переменным

Критерии отбора событий



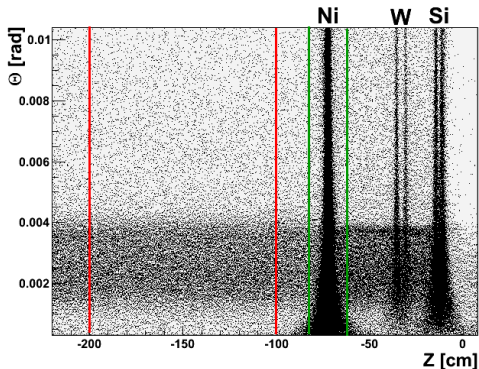
Критерии отбора по конфигурации трека:

Одна вершина (один исходящий трек).
Трек рассеянного π⁻ восстановлен от мишени до ECAL2.
Z-координата вершины реакции должна соответствовать номинальному положению мишени.

Критерии отбора по сигналу в ECAL2:

Два кластера в ECAL2 (возможно наличие кластера №3*).
Энерговыделение в каждом кластере выше 7 ГэВ.
Суммарная энергия двух кластеров выше 40 ГэВ (триггер).

Зависимость угла рассеяния π^- от Z-координаты вершины



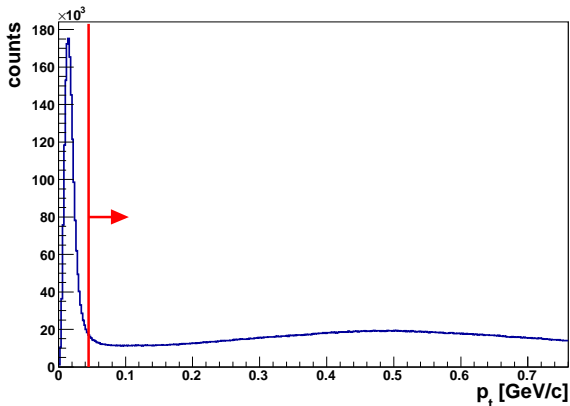
Примесь K^- -мезонов в адронном пучке $\approx 3\%$. Распад $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0$ имеет сигнатуру, схожую с искомым процессом, потому события распада используются для проверки критериев отбора и оценки акцептанса.

Условия на Z-координату вершины:

Условие для отбора распадов K^- вне мишени

Условие для отбора $\pi^- \gamma \rightarrow \pi^- \pi^0$ в мишени

Распределение частиц по поперечному импульсу p_t

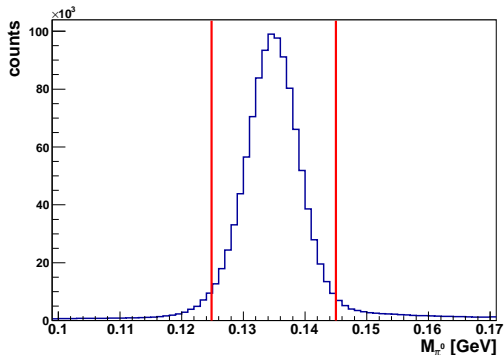


Условие отбора

$$p_t > 45 \text{ МэВ/с}$$

Условие отбора по p_t исключает область, в которой преобладает многократное рассеяние.

Распределение инвариантной массы $\gamma\gamma$



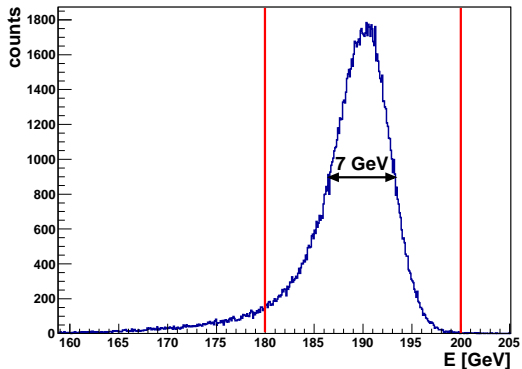
Условие отбора

$$125 \text{ МэВ} < M_{\pi^0} < 145 \text{ МэВ}$$

Характеристики пика π^0 :

- $M_{\pi^0} = 134,8 \pm 0.1 \text{ МэВ}$
- $\sigma_{M_{\pi^0}} = 4,25 \pm 0.01 \text{ МэВ}$

Распределение полной энергии системы частиц $\pi^- \pi^0$



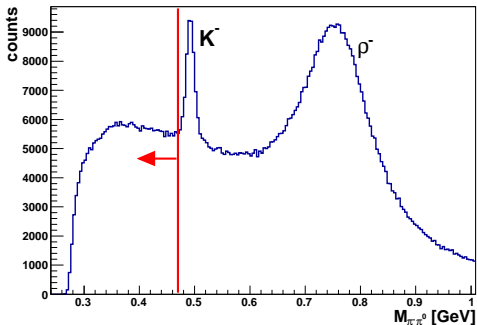
Условие отбора

$$180 \text{ ГэВ} < E_{\pi^-} + E_{\pi^0} < 200 \text{ ГэВ}$$

Разрешение по полной энергии конечного состояния $E_{\pi^-} + E_{\pi^0}$

Полная ширина пика $E_{\pi^-} + E_{\pi^0}$ на половине высоты = 7 ГэВ

Распределение инвариантной массы $\pi^- \pi^0$

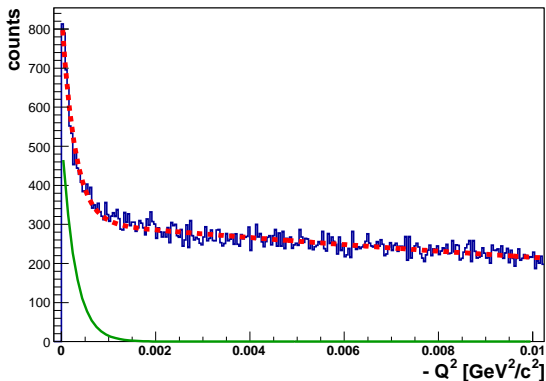


Условие отбора

$$M_{\pi^- \pi^0} < 470 \text{ МэВ}$$

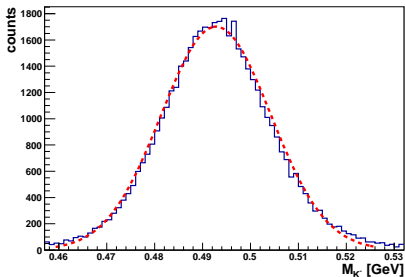
Условие отбора по инвариантной массе $\pi^- \pi^0$ позволяет отбросить нежелательные события распадов K^- и ρ^- мезонов.

Распределение квадрата переданного 4-импульса



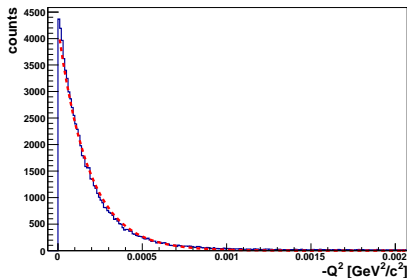
Аппроксимация распределения

Для аппроксимации используется функция $f(Q^2) = I_1 a_1 e^{a_1 Q^2} + I_2 a_2 e^{a_2 Q^2}$.
Интегрируя быстро спадающую экспоненту получаем количество событий процесса $\pi^- + (A, Z) \rightarrow \pi^- + \pi^0 + (A, Z)$ равное 3930 ± 130 .



Характеристики пика K^- :

- $M_{K^-} = 493,7 \pm 0.1$ МэВ
- $\sigma_{M_{K^-}} = 9,73 \pm 0.06$ МэВ



Разрешение экспериментальной установки по Q^2

$$\sigma_{Q^2} = (1.81 \pm 0.01) \times 10^{-4} \text{ ГэВ}^2/c^2$$

Наблюдаемая форма и ширина пика полностью определяются разрешением экспериментальной установки.

- Была произведена оценка числа событий при условиях отбора, соответствующих кинематической области эксперимента “Сигма-Аякс”, число событий $\pi^- \gamma \rightarrow \pi^- \pi^0$: $N = 970 \pm 50$,
- Из анализа распадов каонов вне мишени получено значение для полной эффективности регистрации распада $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0$ (акцептанса): $A_K = (7.6 \pm 0.8)\%$.
- Сечение реакции связано с количеством событий следующей формулой:

$$\sigma = \frac{N}{A_K} \times \frac{\mu_{Ni}}{\Phi_{\pi} \rho h N_A},$$

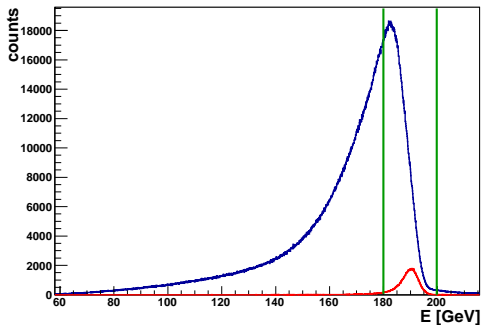
где $\Phi_{\pi} = 3.3 \times 10^{13}$, $h = 4$ мм, $\rho = 8.9$ г/см³, $\mu_{Ni} = 58$ г/моль, N_A - число Авогадро.

- Сечение полученное из анализа: $\sigma = 1020 \pm 160_{stat}(\text{нб})$ в пределах ошибки согласуется с сечением, измеренным на спектрометре “Сигма”: $\sigma = 1280 \pm 180_{stat} \pm 100_{syst}(\text{нб})$.

- Были разработаны и применены критерии выделения событий $\pi^- \gamma \rightarrow \pi^- \pi^0$. Число событий, прошедших отбор и доступных для дальнейшего анализа: 3930 ± 130 .
- В результате проведённого анализа были получены значения для разрешения установки по следующим кинематическим переменным:
 - для инвариантной массы двух фотонов - 4.25 ± 0.01 МэВ,
 - для инвариантной массы конечного состояния $\pi^- \pi^0$ - 9.81 ± 0.06 МэВ,
 - для квадрата переданного в реакции 4-импульса Q^2 - $(1.81 \pm 0.01) \times 10^{-4}$ ГэВ²/c²,
 - для полной энергии конечного состояния $E_{\pi^-} + E_{\pi^0}$ (полная ширина пика на половине высоты) - 7 ГэВ.
- Результаты работы были представлены 15 ноября 2011 года на совещании коллаборации COMPASS в ЦЕРН'е, где получили высокую оценку.
- Полученные результаты будут использованы в дальнейшем для измерения сечения и значения константы $F^{3\pi}$ в эксперименте COMPASS.

Спасибо за внимание!

Распределение полной энергии системы частиц $\pi^- \pi^0$

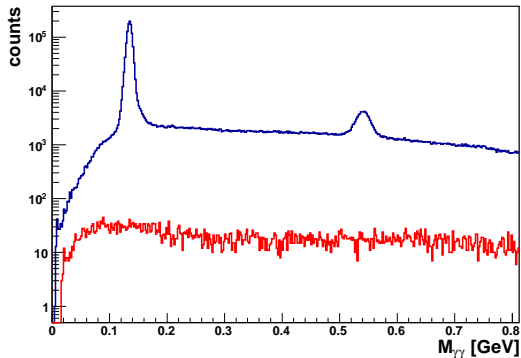


Полная энергия системы частиц $\pi^- \pi^0$ до наложения условий отбора

Полная энергия системы частиц $\pi^- \pi^0$ после наложения всех условий отбора (включая $-Q^2 < 0.001 \text{ ГэВ}^2/c^2$)

Условие отбора по полной энергии системы частиц $\pi^- \pi^0$: $180 \text{ ГэВ} < E_{\pi^- \pi^0} < 200 \text{ ГэВ}$

Хвост, уходящий в область низких энергий в распределении полной энергии системы частиц $\pi^- \pi^0$ до наложения условий отбора, создаётся событиями с большим переданным 4-импульсом, которые к тому моменту ещё не были отброшены.



Отсутствие пика, соответствующего распаду π^0 , в спектре инвариантных масс двух фотонов, свидетельствует об отсутствии сколь либо значимых фоновых электромагнитных процессов с π^0 .

Дополнительные слайды

