

Исследование направленного потока отрицательно заряженных пи-мезонов в столкновениях Xe + Cs(I) при кинетической энергии 3.8А ГэВ

Студент: Карпушкин Фёдор Николаевич

Научный руководитель:

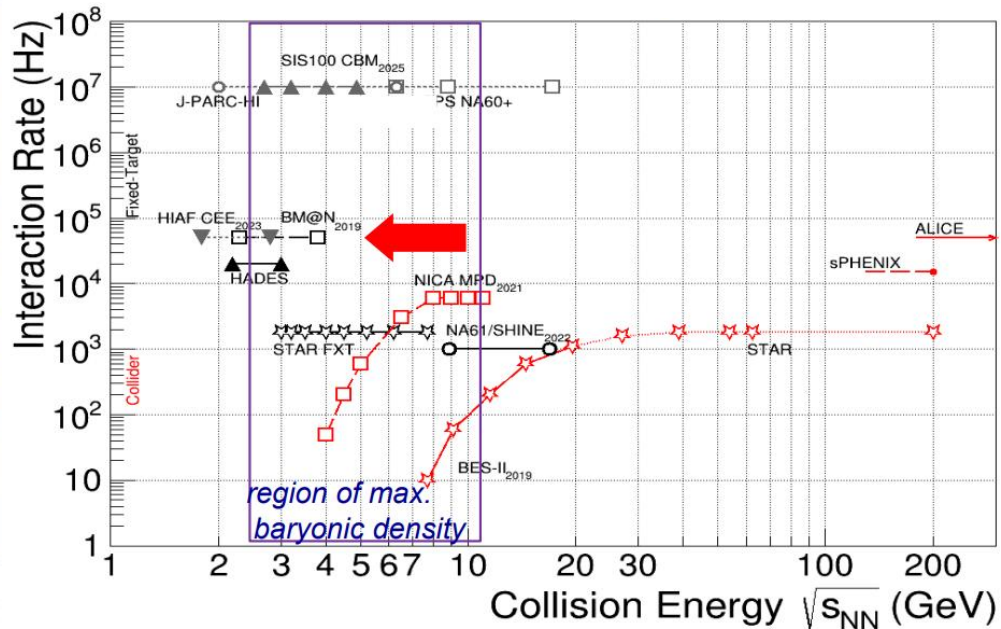
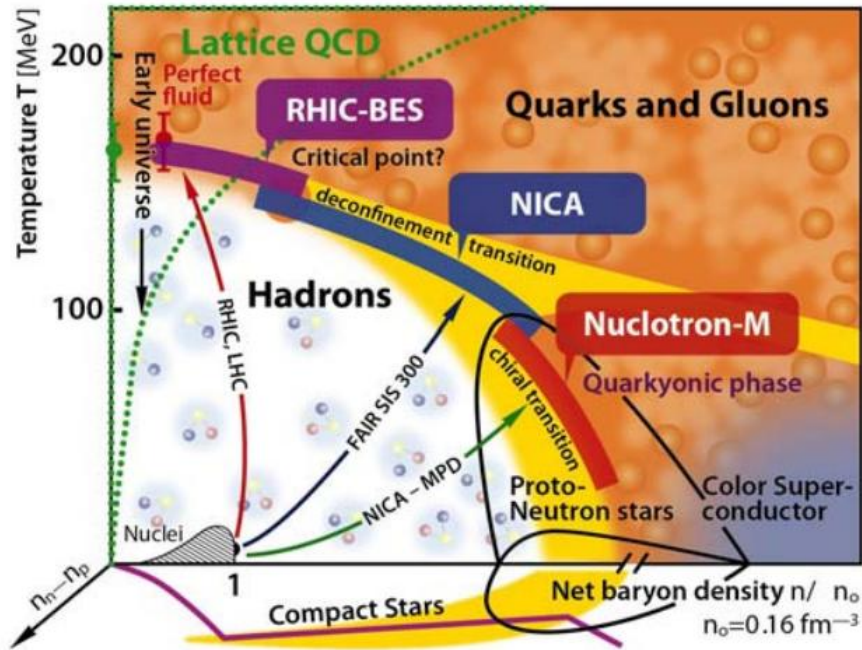
к.ф.-м.н., доцент Тараненко Аркадий Владимирович

Научный консультант:

к.ф.-м.н., Мамаев Михаил Валерьевич

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

Фазовая диаграмма КХД-материи



В 2005 году 4 эксперимента (STAR, PHENIX, BRAHMS, PHOBOS) на коллайдере RHIC объявили об открытии кварк-глюонной материи в столкновениях Au+Au при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ

Коллективные анизотропные потоки

Азимутальное распределение частиц относительно угла

плоскости реакции:
$$\frac{dN}{d\phi} \propto 1 + \sum_{n=1}^{\infty} 2 v_n \cos(n(\phi - \Psi_{RP}))$$

Потоковые коэффициенты:

$$v_n = \langle \cos n(\phi - \Psi_{RP}) \rangle$$

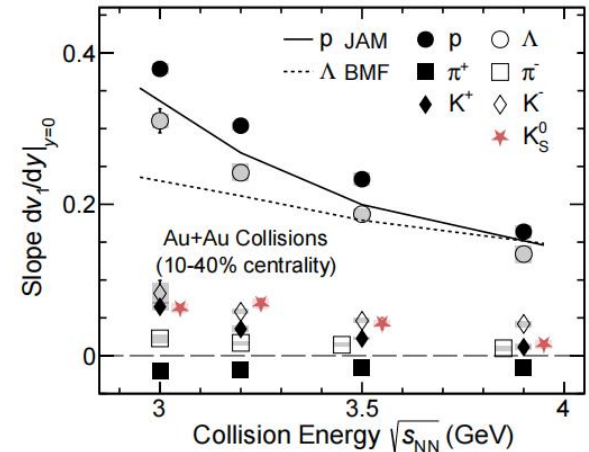
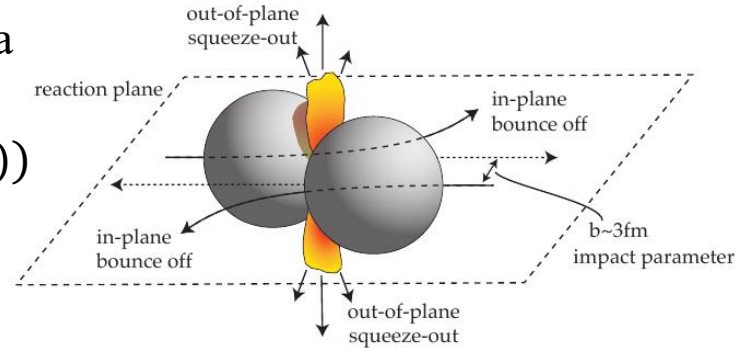
v_1 – направленный поток,

v_2 – эллиптический

Время пролета ядер: $t_{\text{pass}} = 2R/\sinh(y)$

Время расширения: $t_{\text{exp}} \sim R/c_s$

Коллективные потоки при $\sqrt{s_{NN}}=2-5$ ГэВ сильно зависят от энергии столкновений из-за взаимодействия рожденных частиц с нуклонами-спектаторами

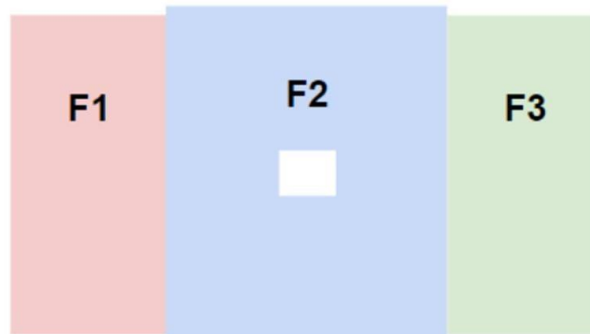
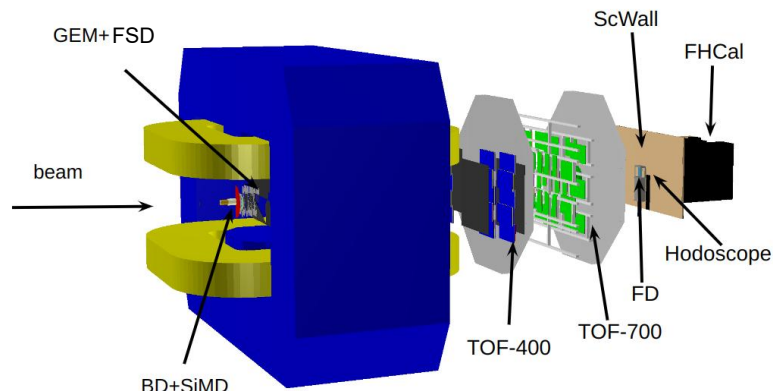


Задачи, которые необходимо было решить

1. Изучить принципы работы детекторов установки BM@N, используемых для реконструкции трека и идентификации заряженных частиц
2. Провести калибровку время-пролетных систем ToF400 и ToF700
3. Провести идентификацию заряженных π -мезонов в столкновении ядер Xe + Cs(I) при кинетической энергии пучка 3.8A ГэВ.
4. Получить зависимость направленного потока заряженных π -мезонов от быстроты (y_{cm}) в столкновениях Xe + Cs(I) при $E_{kin} = 3.8A$ ГэВ
5. Провести сравнение и анализ полученных результатов с опубликованными результатами эксперимента STAR (RHIC).

Эксперимент BM@N (“Барионная Материя на Нуклотроне”)

500 М событий $\text{Xe} + \text{Cs(I)}$ при энергии $E_{\text{KIN}} = 3.8\text{A}$ ГэВ



Для оценки плоскости события модули детектора FHCal были разделены на 3 подгруппы: F1 - протоны, F2 - фрагменты, F3 – нейтроны.

Трековая система

Времяпролетная система

Метод измерения направленного потока (v_1)

Из данных трековой системы строится единичный вектор для каждой k -ой частицы в событии:

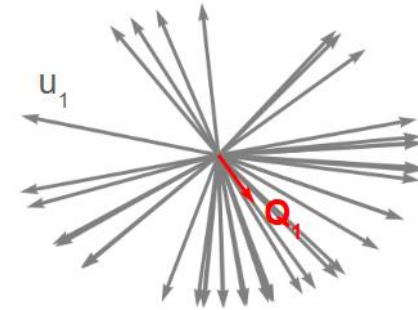
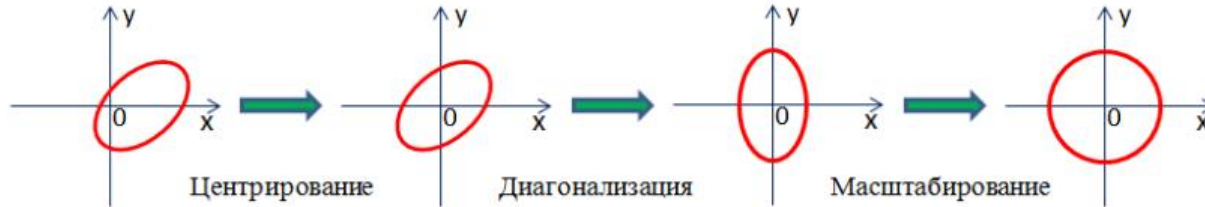
$$u_{n,k} = \cos n\phi_k + i\sin n\phi_k$$

где ϕ – азимутальный угол импульса частицы

Из данных об энергии спектаторов из FHCa1 определяется вектор потока Q_n :

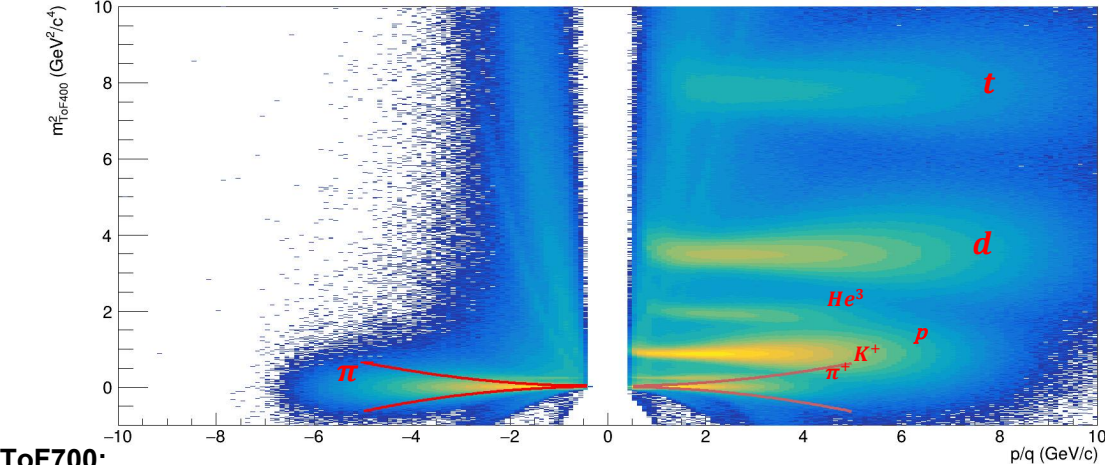
$$Q_n = \frac{\sum_{k=1}^M E_k u_n^k}{\sum_{k=1}^M E_k} = |Q_n| e^{in\Psi_n^{EP}}$$

Ψ_n^{EP} – угол плоскости события.

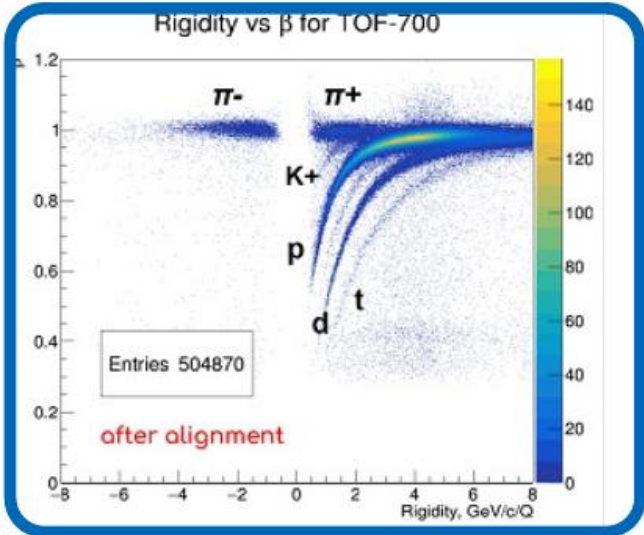
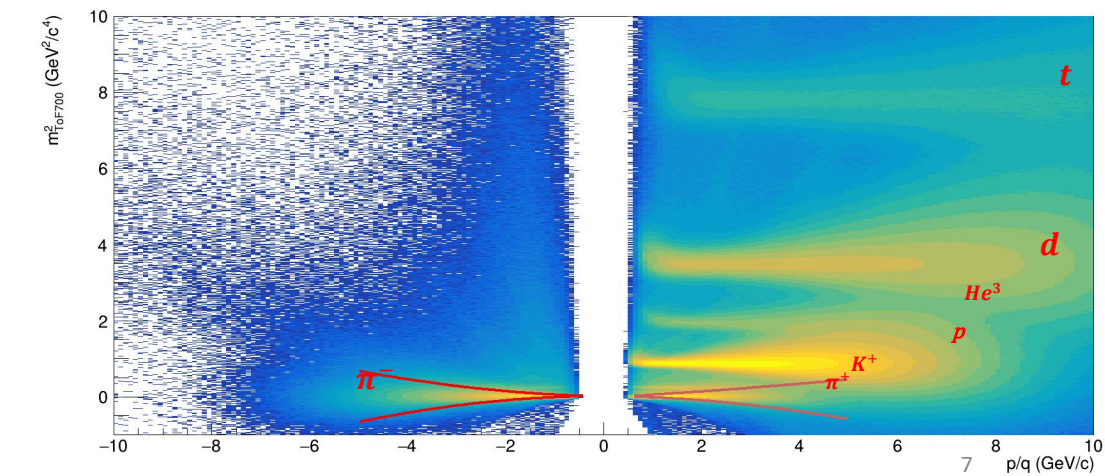


Распределение заряженных частиц по квадрату массы (m^2) по отношению импульса к заряду частицы (p/q)

ToF400:



ToF700:

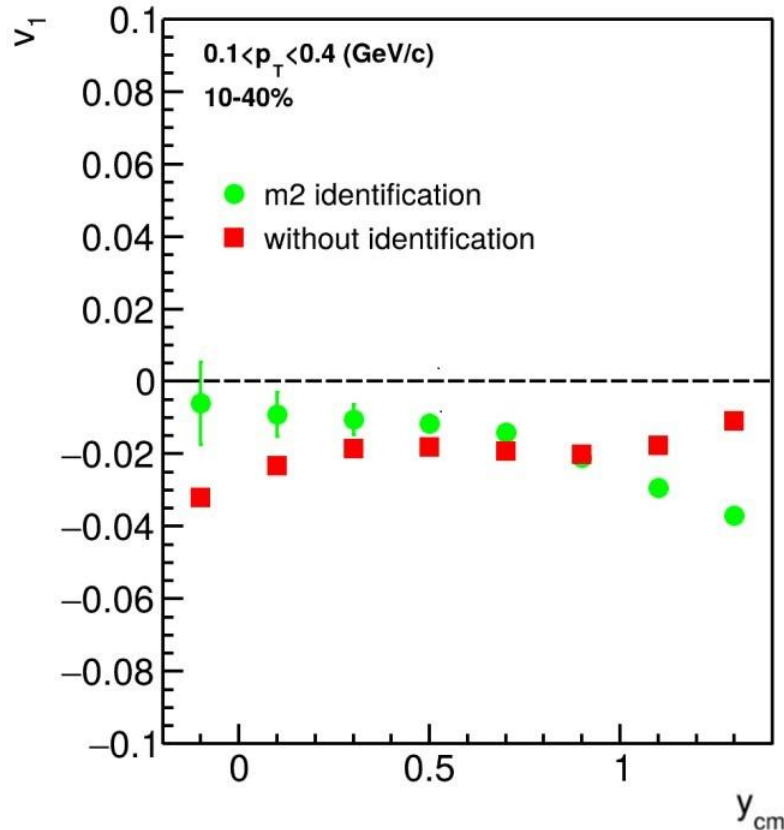


$$m^2 = \frac{p^2}{\gamma^2 \beta^2}$$

Условие на частицы:

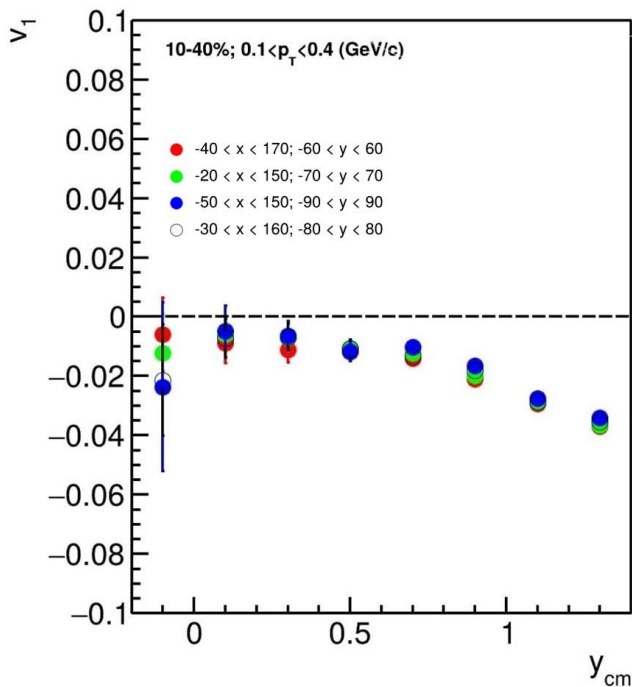
$$(m^2 - m_\pi^2) < 3\sigma_{m_\pi^2}$$

Зависимость направленного потока (v_1) для кандидатов в π^- -мезоны от быстроты (y_{cm}) с идентификацией и без идентификации

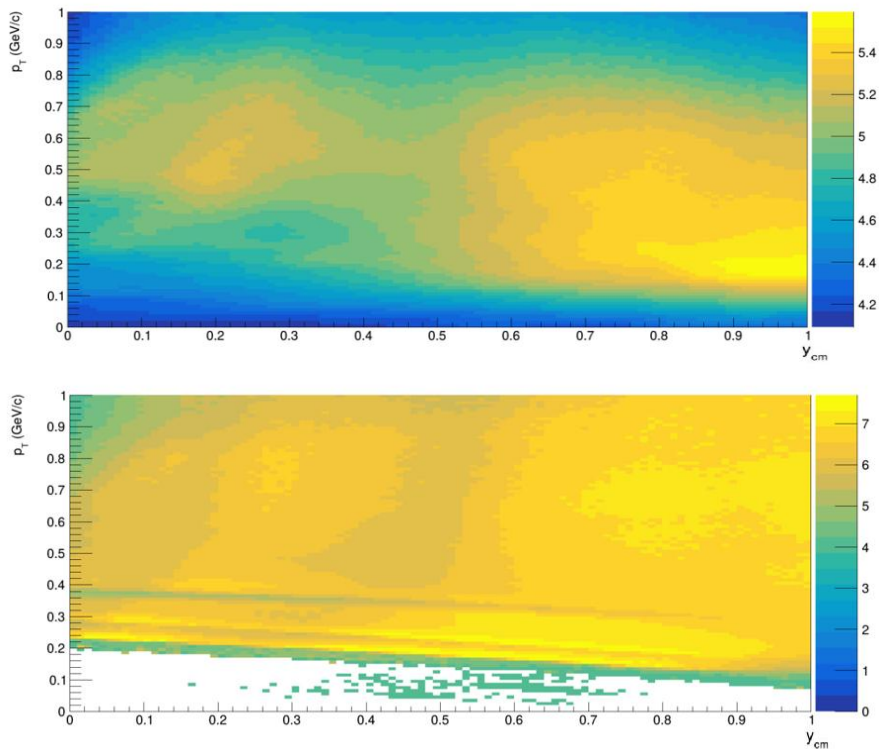


После идентификации π^- -мезонов, полученная зависимость направленного потока (v_1) от быстроты (y_{cm}), больше соответствует ожидаемому результату, а именно функция направленного потока должна переходить через 0, как функция быстроты

Критерии отбора для кандидатов в π^- -мезоны

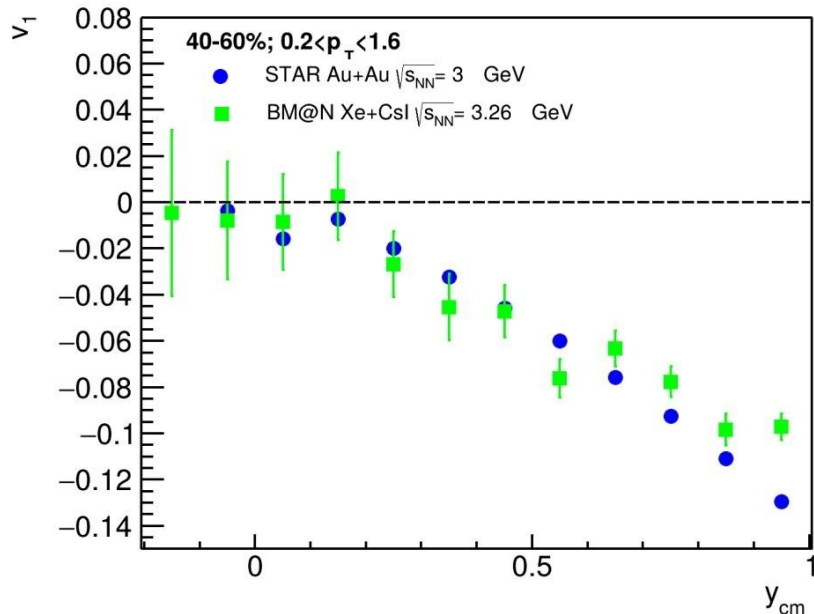
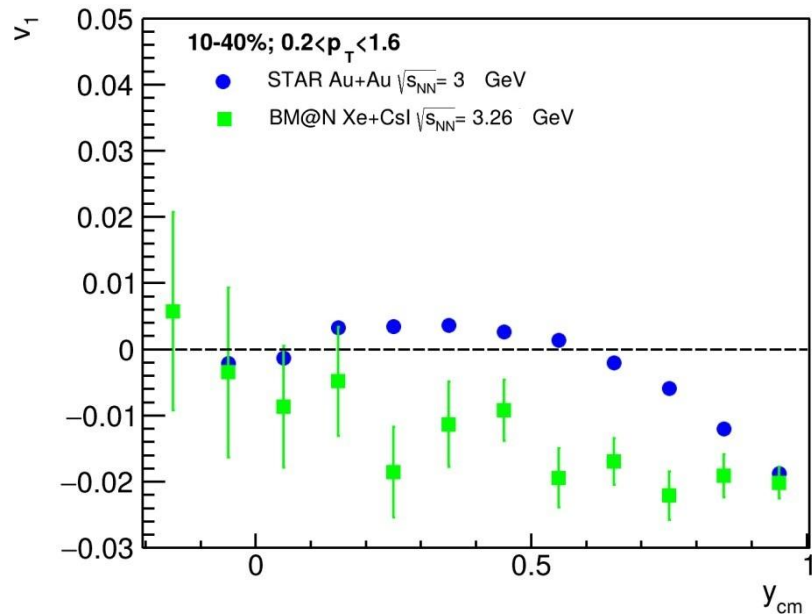


Критерий на положение трека π^- -мезона в плоскости FHCAL:
 $-40 < x < 170$ см и $-60 < y < 60$ см.



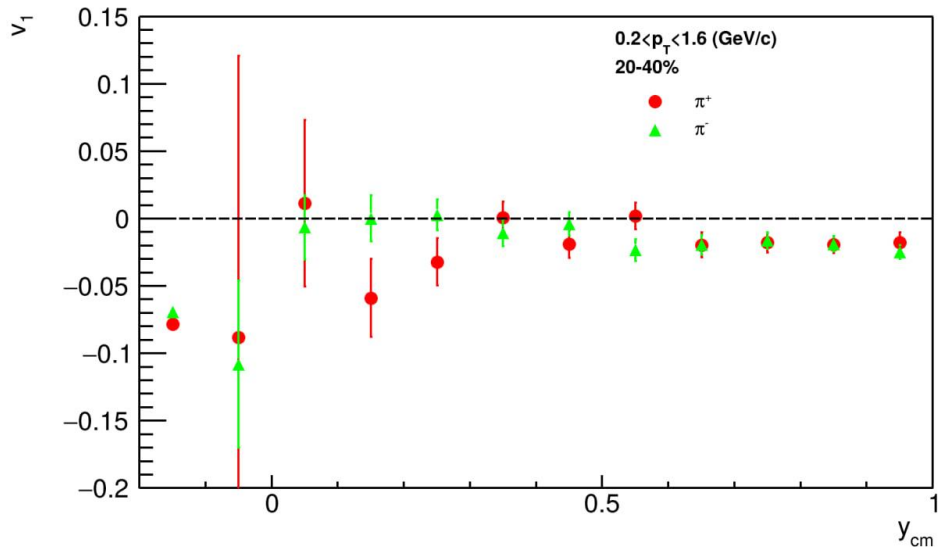
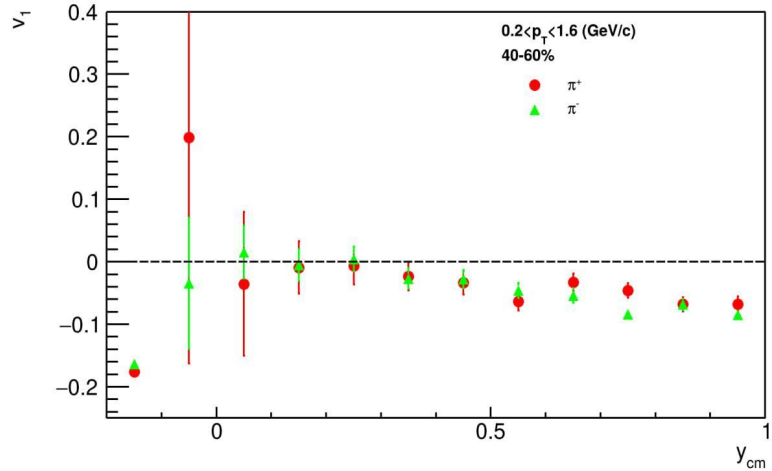
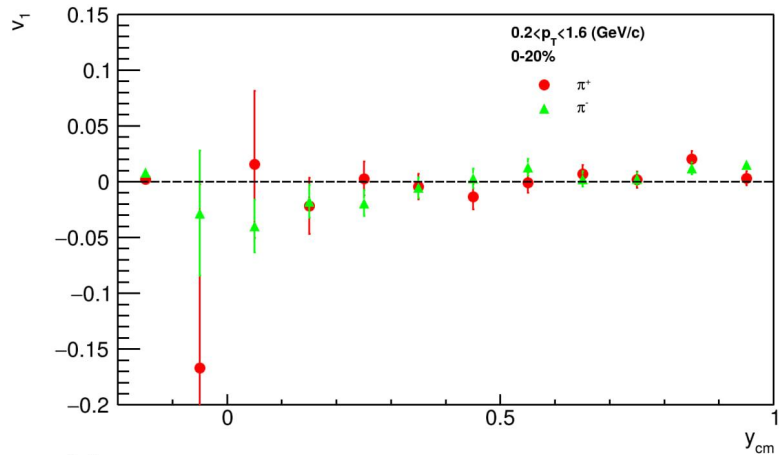
Минимальное число станций внутренней трековой системы, используемых для реконструкции трека: $N_{hits} > 5$

Сравнение полученных результатов с результатами эксперимента STAR (RHIC)



Из сравнения результатов экспериментов можно сделать вывод, что измеренные значения направленного потока v_1 отрицательно заряженных π^- -мезонов преимущественно согласуются по порядку величины с результатами эксперимента STAR (RHIC), но из-за недостатка статистики делается невозможным изучение значения наклона вблизи средних быстрот.

Сравнение зависимостей направленного потока (v_1) π^+ -мезонов и π^- -мезонов от быстроты (y_{cm})



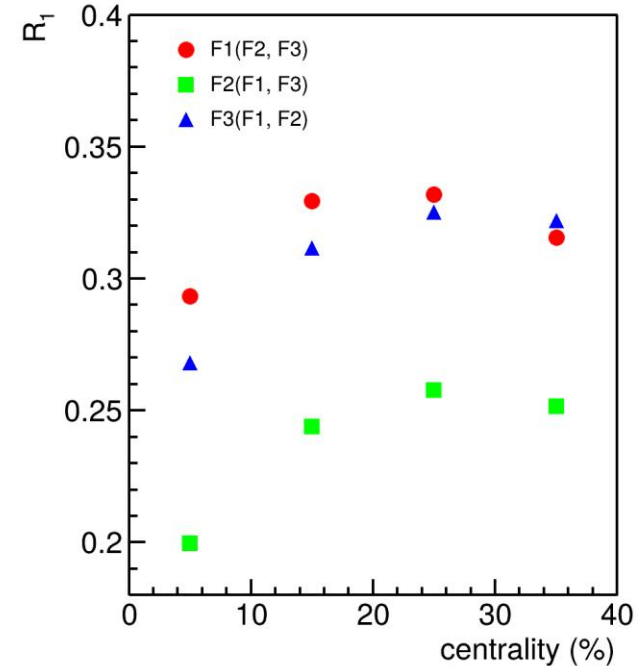
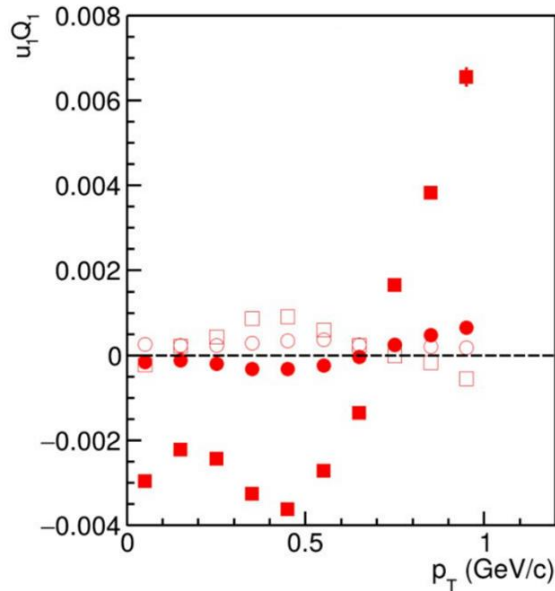
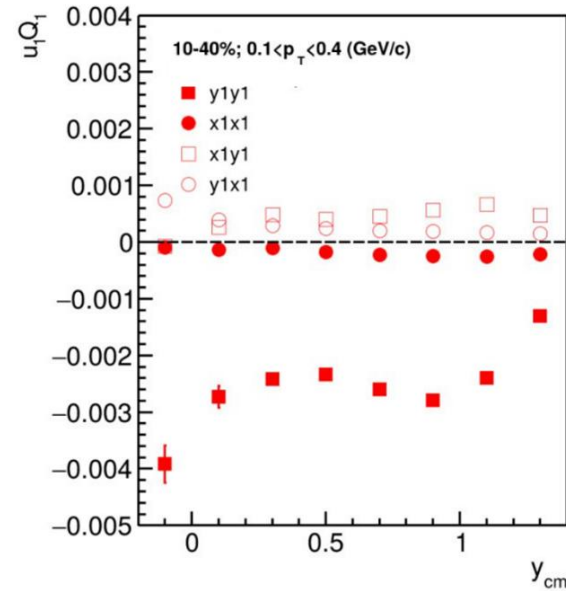
Направленный поток v_1 положительных и отрицательных π -мезонов согласуются друг с другом, но все также невозможно исследовать значение наклона направленного потока.

Заключение

1. Проведена калибровка время-пролетных систем ToF400 и ToF700
2. Проведена идентификация заряженных π -мезонов в столкновении ядер $\text{Xe} + \text{Cs}(I)$ при кинетической энергии пучка 3.8A ГэВ.
3. Впервые получена зависимость направленного потока заряженных π -мезонов от быстроты (y_{cm}) в столкновениях $\text{Xe} + \text{Cs}(I)$ при кинетической энергии пучка 3.8A ГэВ.
4. Проведено сравнение и анализ полученных результатов с опубликованными результатами эксперимента STAR (RHIC).

backup

Получение зависимости направленного потока (v_1) для кандидатов в π^- – мезоны от быстроты (y_{cm}) и поперечного импульса (p_T)

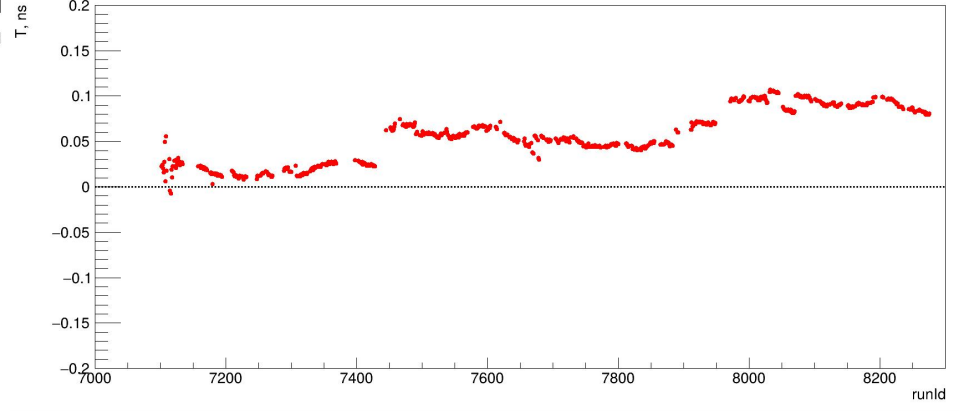
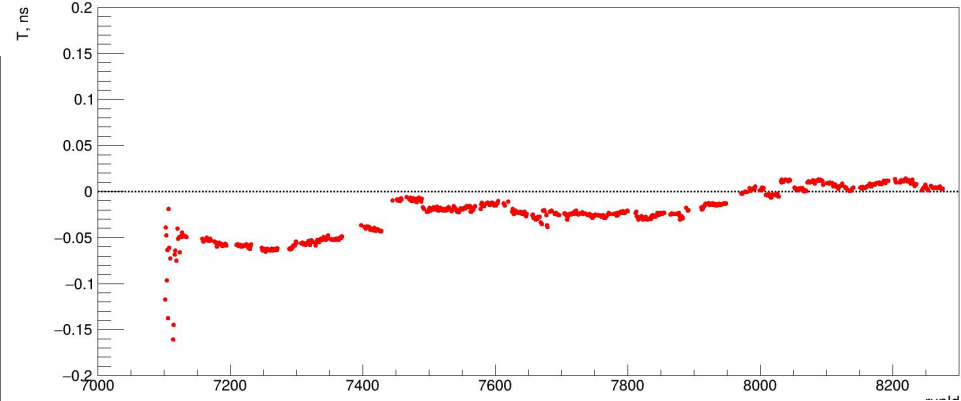
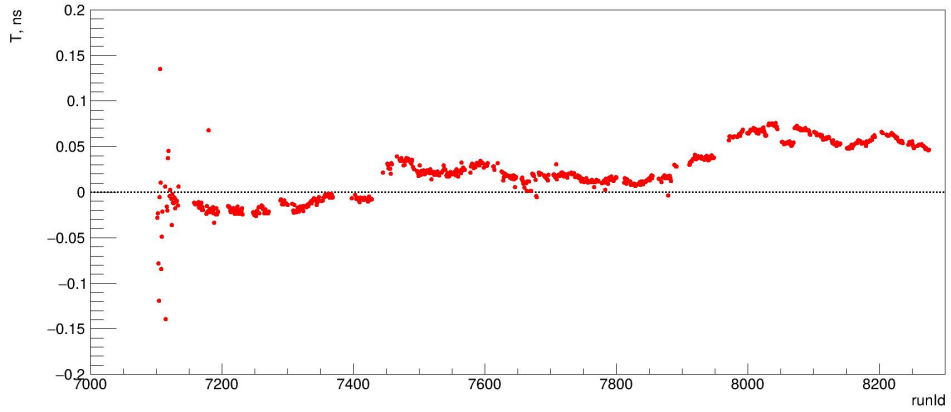
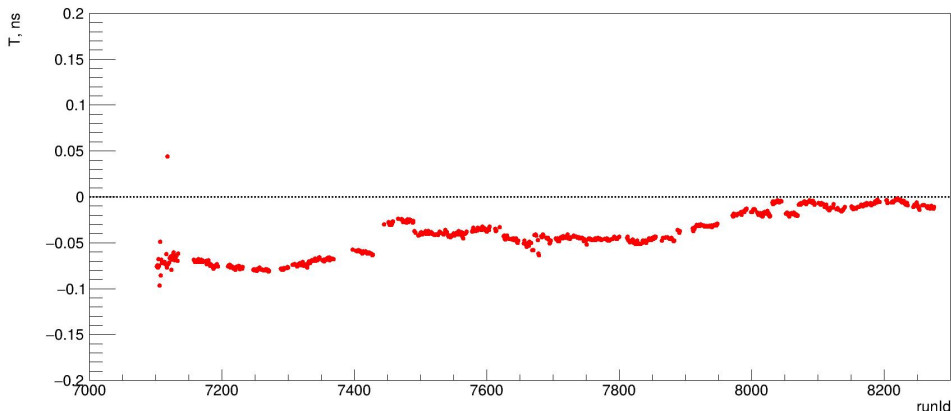


Направленный поток $v_1 = \frac{\langle u_1 Q_1 \rangle}{R_1}$ $R_1^{F_2(F_1, F_3)} = \frac{\sqrt{\langle Q_1^{F_2} Q_1^{F_1} \rangle \langle Q_1^{F_2} Q_1^{F_3} \rangle}}{\sqrt{\langle Q_1^{F_1} Q_1^{F_3} \rangle}}$

где R_1 – разрешение плоскости события для данного Q_1 -вектора.

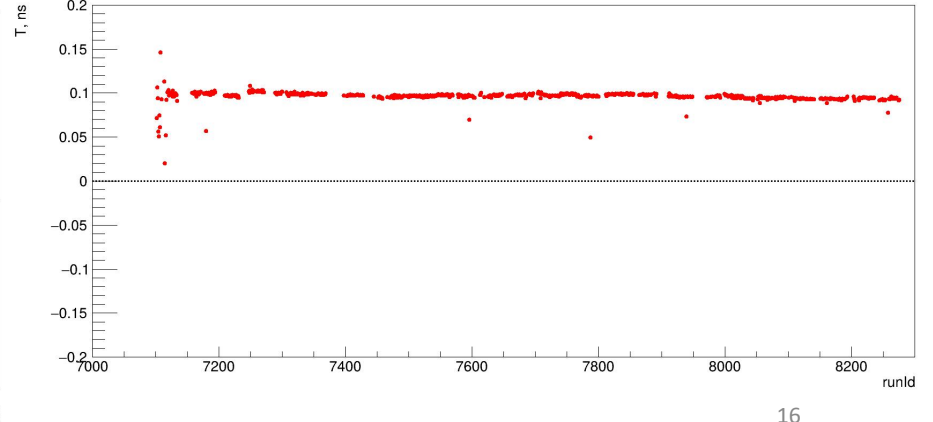
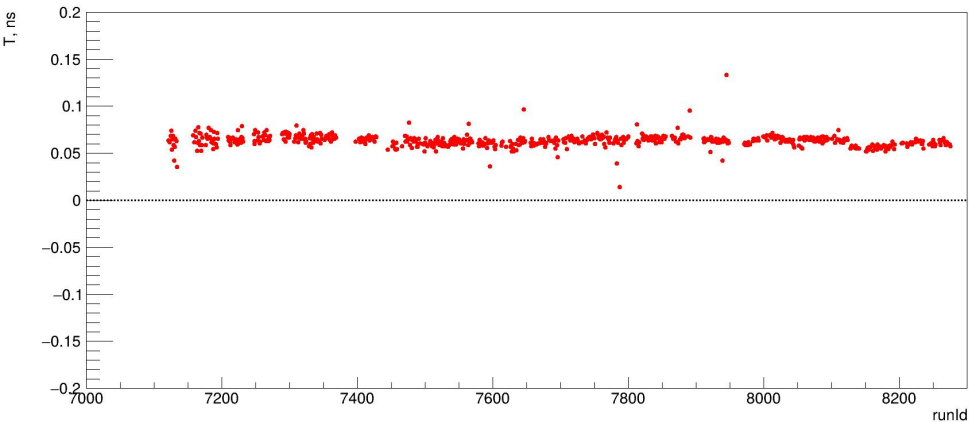
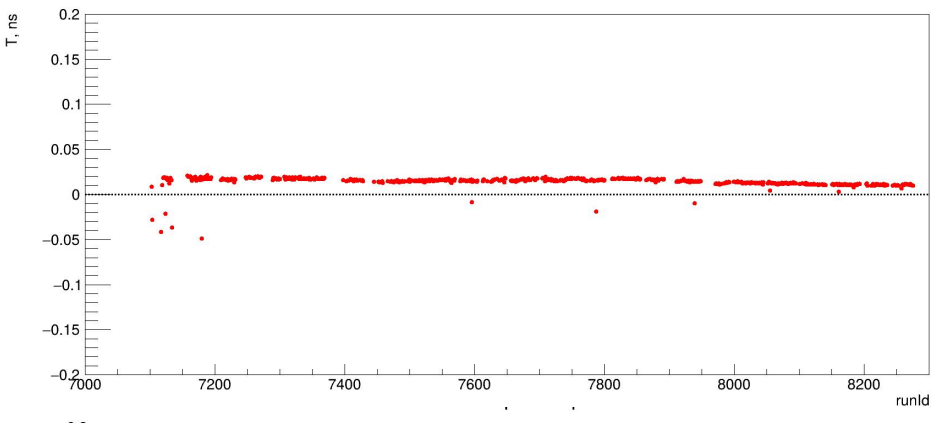
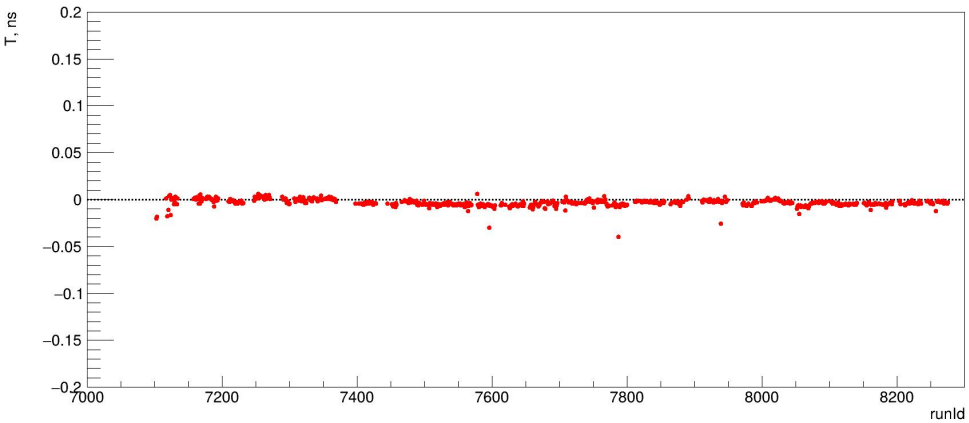
Калибровка время-пролетных систем ТоF400 и ТоF700

$$\Delta T = T_{TOFHit} - \frac{L_{FromVrtzToHit}}{c} * \frac{\sqrt{P_{Tr}^2 + m_{expected}^2}}{P_{tr}}$$



Калибровка время-пролетных систем ТоF400 и ТоF700

Коррекция времени сдвига на зависимость от runID



Калибровка время-пролетных систем ТоF400 и ТоF700

Зависимость времени сдвига T от номера стрипа

