

**Исследование направленного потока отрицательно  
заряженных  $\pi^-$ -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:**

Мамаев Михаил Валерьевич

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

# Коллективные анизотропные потоки

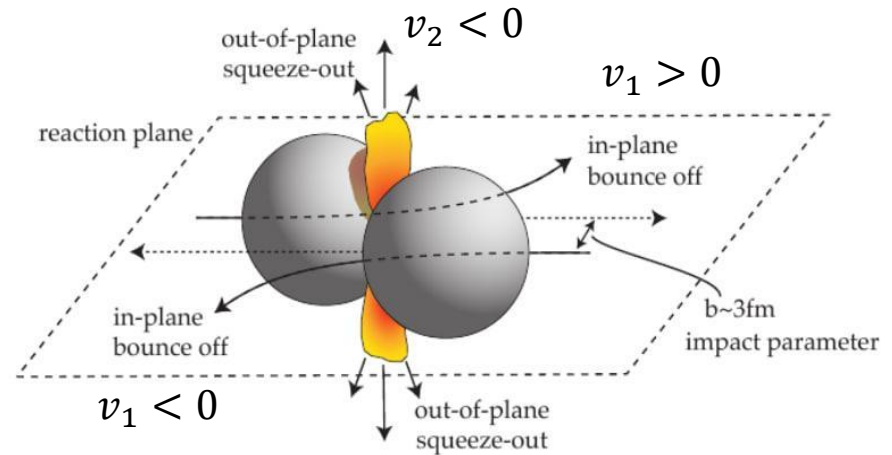
Азимутальное распределение частиц относительно угла плоскости реакции

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

Потоковые коэффициенты

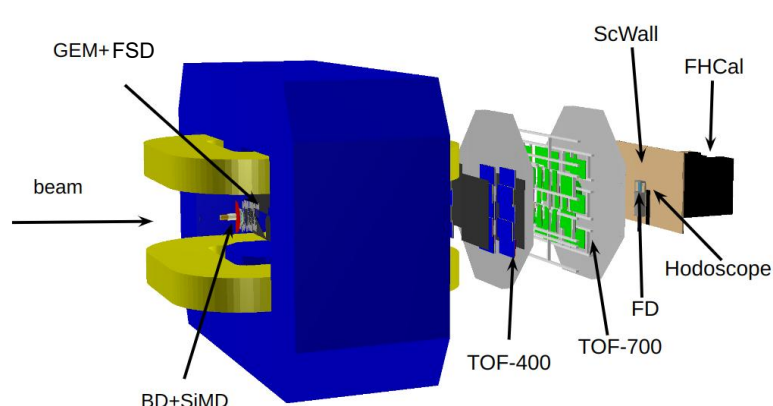
$$v_n = \langle \cos n(\phi - \Psi_{RP}) \rangle$$

$v_1$  – направленный поток,  
 $v_2$  – эллиптический



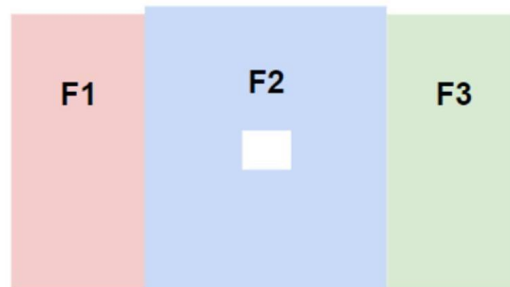
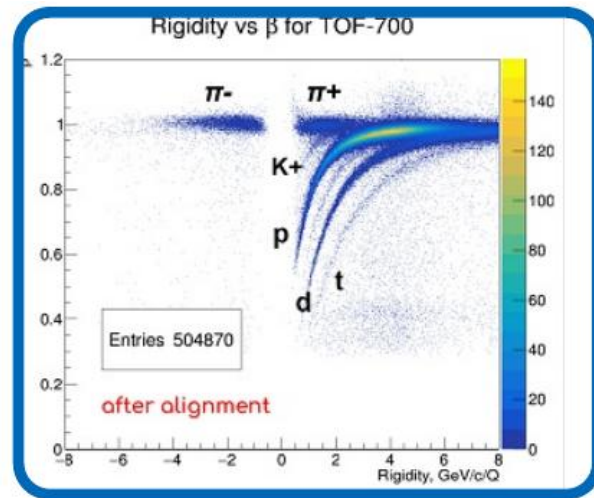
# Эксперимент $\text{BM@N}$ (“Барионная Материя на Нуклотроне”)

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



Трековая система

Времяпролетная система



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

# Метод измерения направленного потока ( $v_1$ )

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

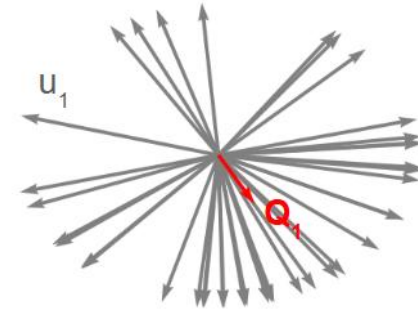
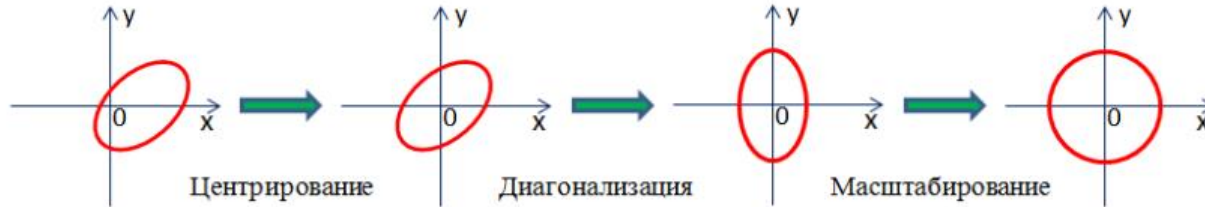
$$u_{n,k} = \cos n\phi_k + i\sin n\phi_k$$

где  $\phi$  – азимутальный угол импульса частицы

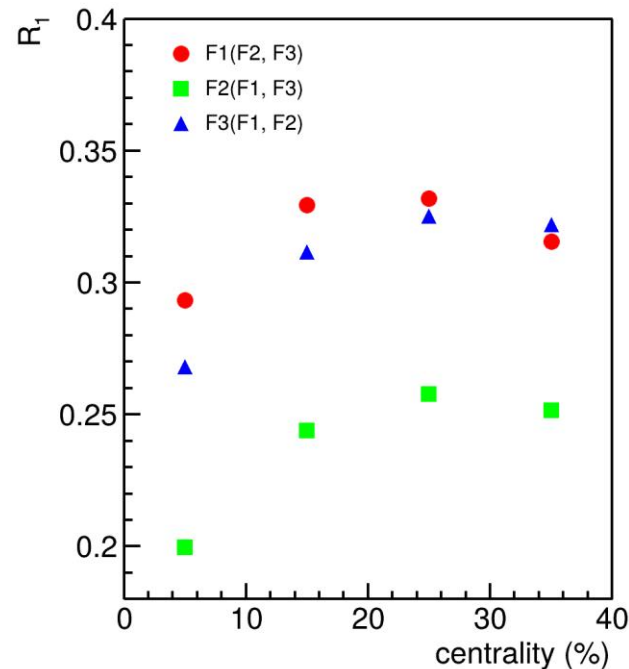
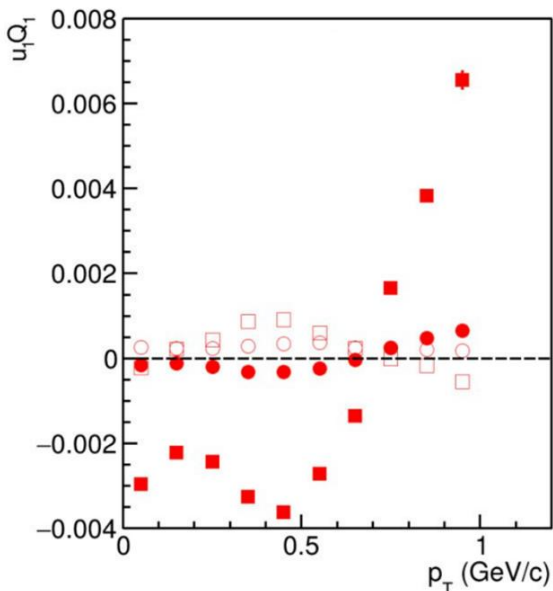
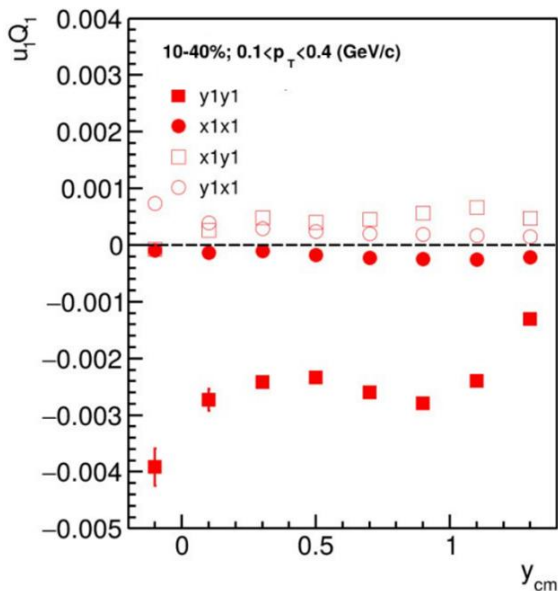
Из данных об энергии спектаторов из FHCa1 определяется вектор потока  $Q_n$ :

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

$\Psi_n^{EP}$  – угол плоскости события.



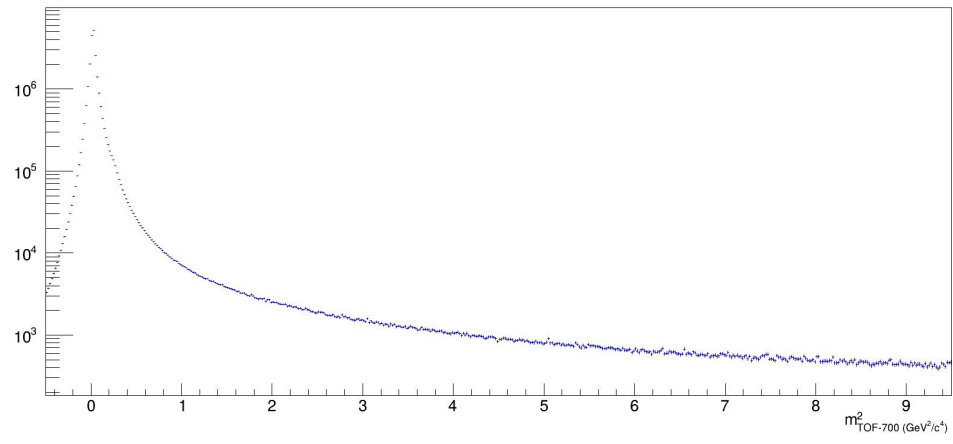
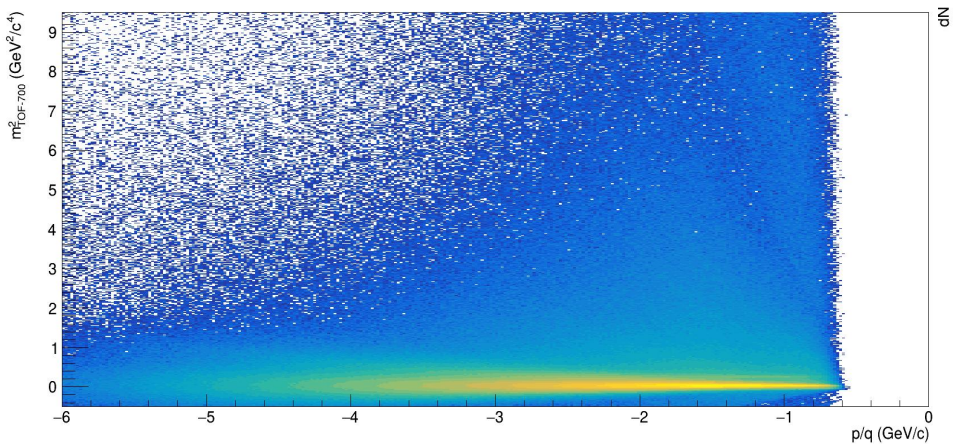
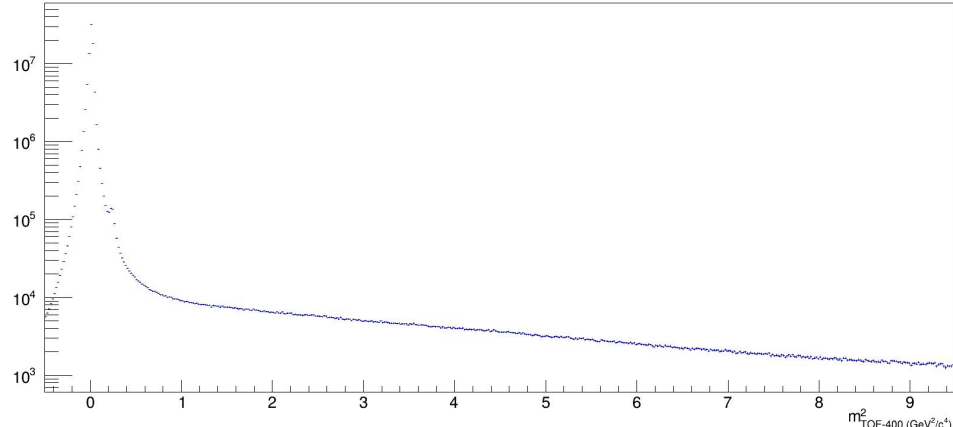
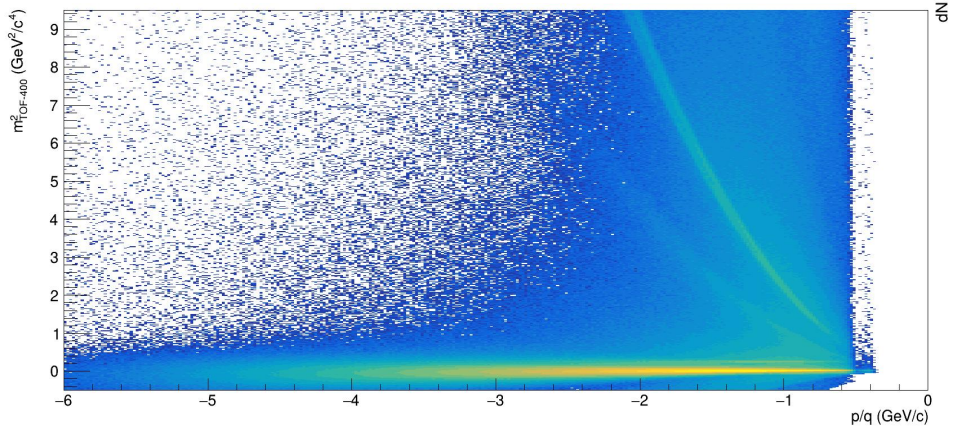
# Получение зависимости направленного потока ( $v_1$ ) для кандидатов в $\pi^-$ -мезоны от быстроты ( $y_{cm}$ ) и поперечного импульса ( $p_T$ )



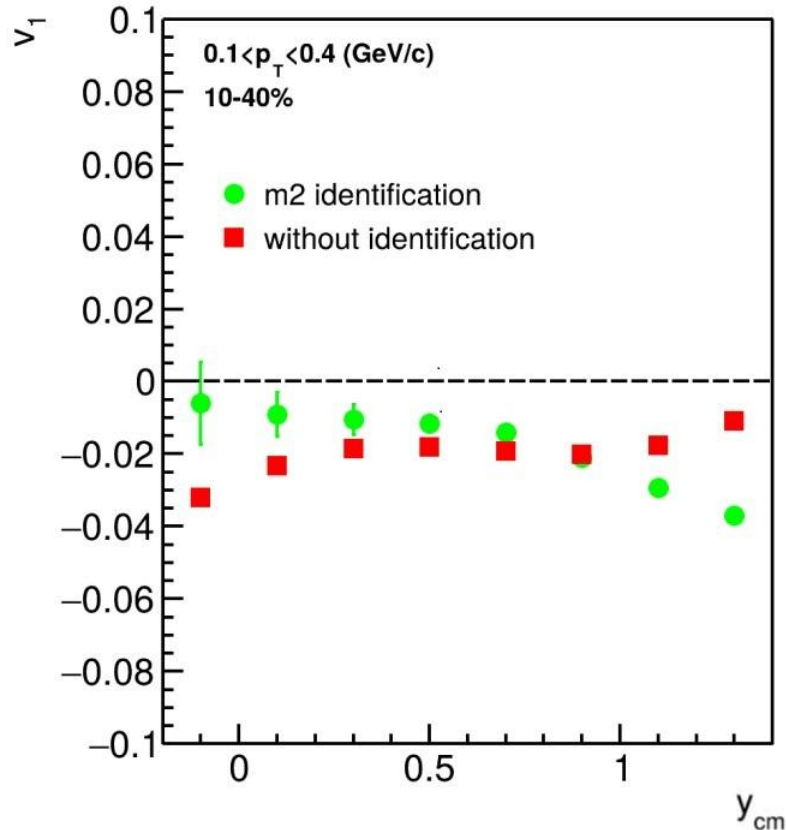
Направленный поток  $v_1 = \frac{\langle u_1 Q_1 \rangle}{R_1}$       $R_1^{F2(F1, F3)} = \frac{\sqrt{\langle Q_1^{F2} Q_1^{F1} \rangle \langle Q_1^{F2} Q_1^{F3} \rangle}}{\sqrt{\langle Q_1^{F1} Q_1^{F3} \rangle}}$

где  $R_1$  — разрешение плоскости события для данного  $Q_1$ -вектора.

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

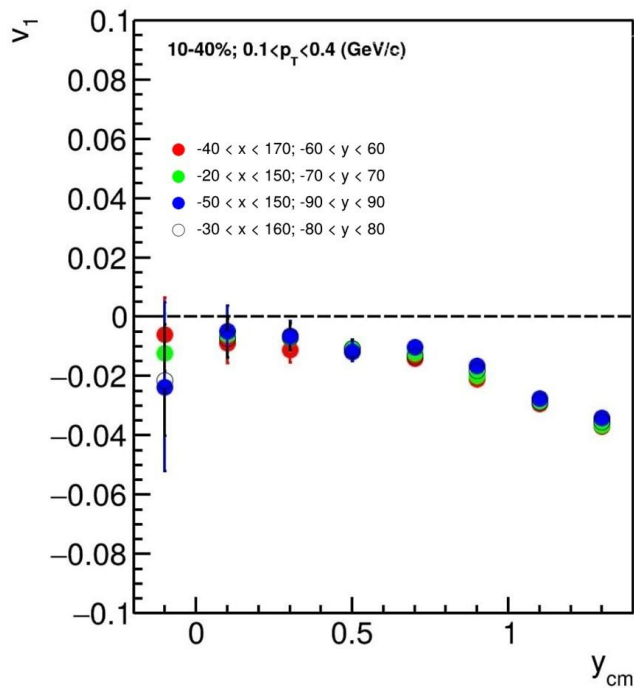


## Зависимость направленного потока ( $v_1$ ) для кандидатов в $\pi^-$ -мезоны от быстроты ( $y_{cm}$ ) с идентификацией и без идентификации

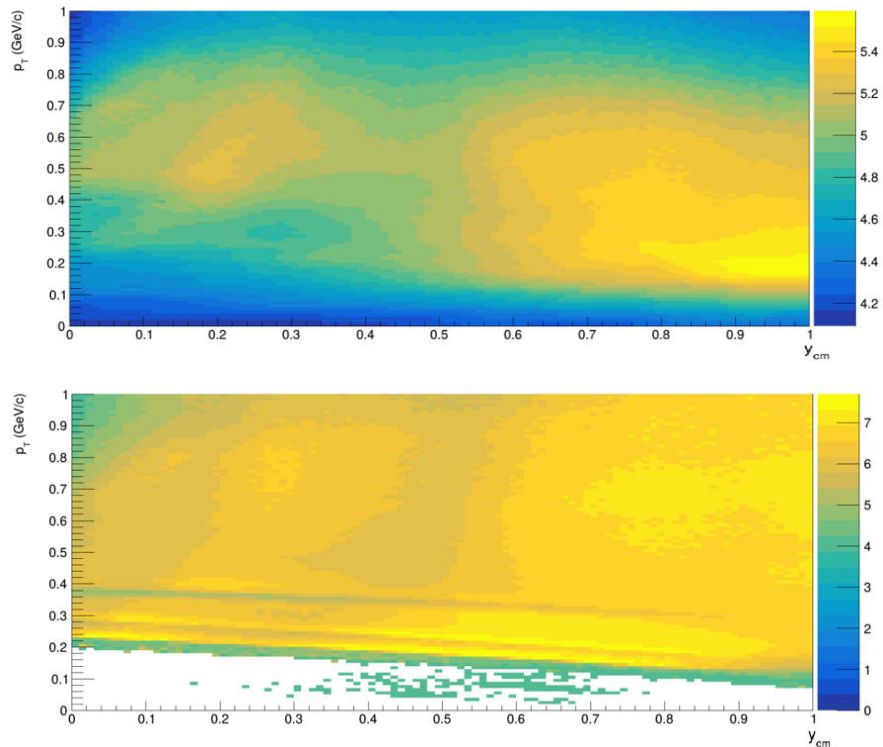


После идентификации  $\pi^-$ -мезонов, полученная зависимость направленного потока ( $v_1$ ) от быстроты ( $y_{cm}$ ), больше соответствует ожидаемому результату, а именно функция направленного потока должна переходить через 0, как функция быстроты

# Критерии отбора для кандидатов в $\pi^-$ -мезоны

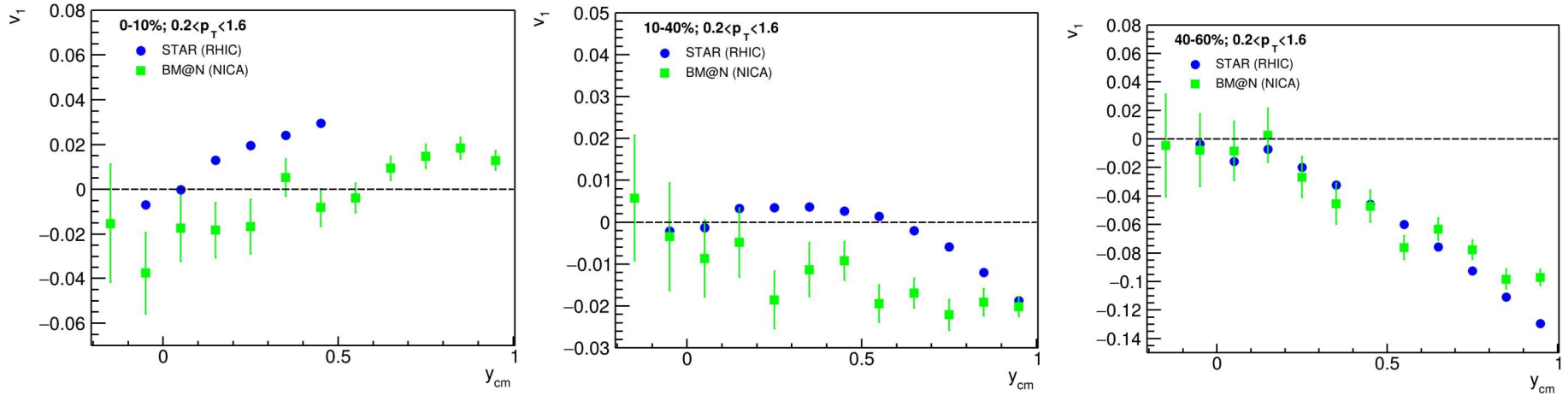


Критерий на положение  $\pi^-$ -мезона в плоскости FHCAL:  
 $-40 < x < 170$  см и  $-60 < y < 60$  см.



Минимальное число станций трекового детектора, 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  $\pi^-$ -мезонов преимущественно согласуются по порядку величины с результатами эксперимента STAR (RHIC), но из-за недостатка статистики делается невозможным изучение значения наклона вблизи средних быстрот.

# Заключение

1. Проведена идентификация отрицательно заряженных  $\pi^-$ -мезонов в столкновении ядер  $\text{Xe} + \text{Cs}(I)$  при кинетической энергии пучка 3.8А ГэВ.
2. Впервые получена зависимость направленного потока отрицательно заряженных  $\pi^-$ -мезонов от быстроты ( $y_{cm}$ ) в столкновениях  $\text{Xe} + \text{Cs}(I)$  при кинетической энергии пучка 3.8А ГэВ.
3. Проведено сравнение и анализ полученных результатов с опубликованными результатами эксперимента STAR (RHIC).