

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»

**Изучение коллективных потоков идентифицированных
адронов в столкновениях ядер золота при энергии 39 ГэВ
на нуклон в эксперименте STAR (RHIC)**

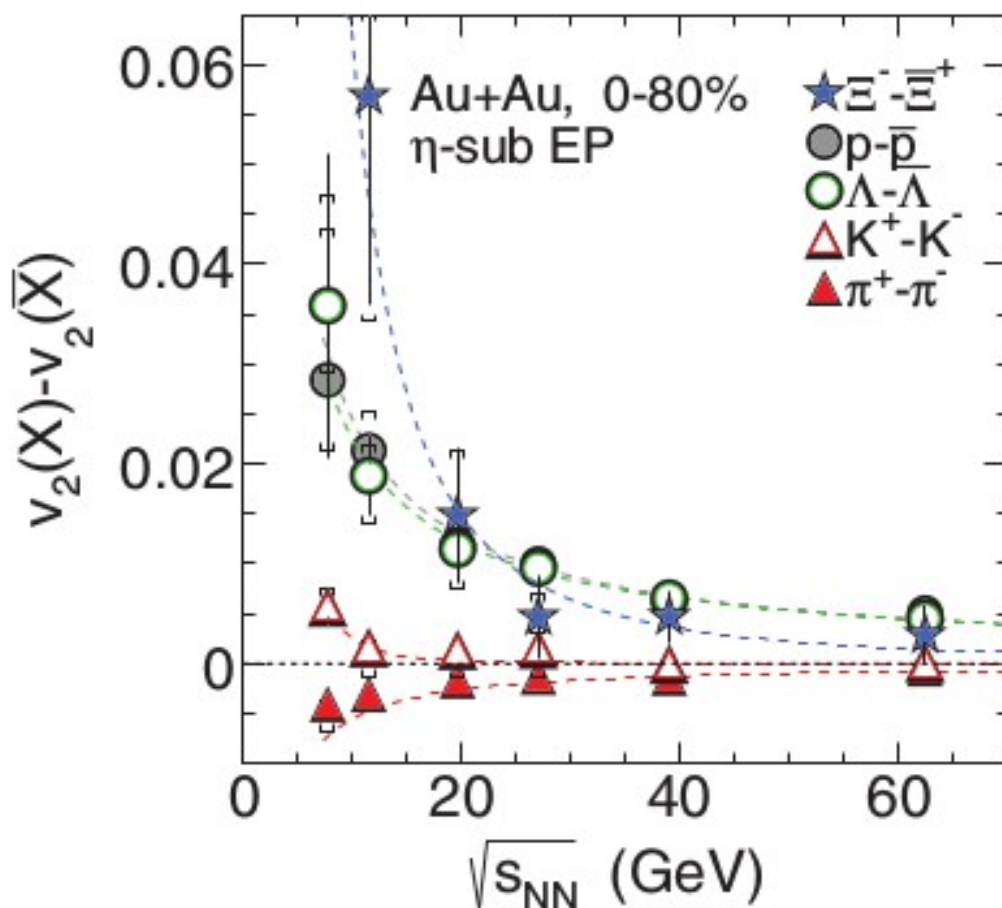
Выполнил: студент группы М19-115
Поваров А.С.
Научный руководитель: асс. ИЯФиТ
Нигматкулов Г.А.

Москва, 2019г.

Цель и задачи работы

Изучение коллективных потоков является важной целью для понимания транспортных свойств КГМ, так как эта величина чувствительна к свойствам системы на ранних стадиях ее эволюции.

Задачи данной работы состоят в повторении результатов эллиптического потока и в сравнении эллиптического и треугольного потоков положительно и отрицательно заряженных частиц.



Измерение коллективных потоков

Азимутальное распределение частиц, измеренное относительно плоскости события, можно описать с помощью Фурье-разложения:

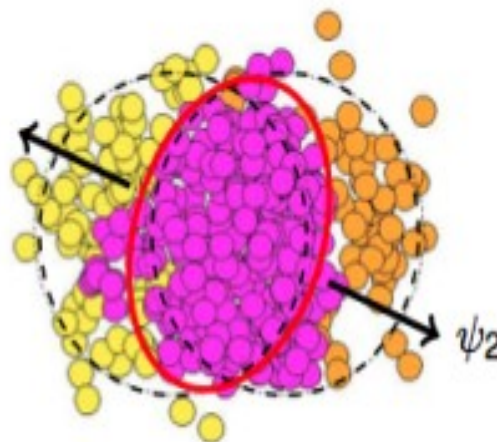
$$E \frac{d^3 N}{d p^3} = \frac{1}{2 \pi} \frac{d^2 N}{p_T dp_T dy} \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} 2 v_n \cos(n(\phi - \Psi_n)) \right)$$



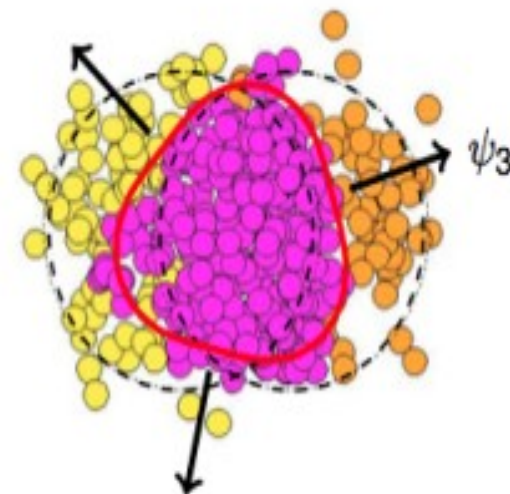
$$v_n = \frac{\langle \cos(n(\phi_{\pm} - \Psi_{n,\mp})) \rangle}{Res\{\Psi_n\}}$$

В знаменателе дроби стоит величина, называемая разрешением плоскости события.

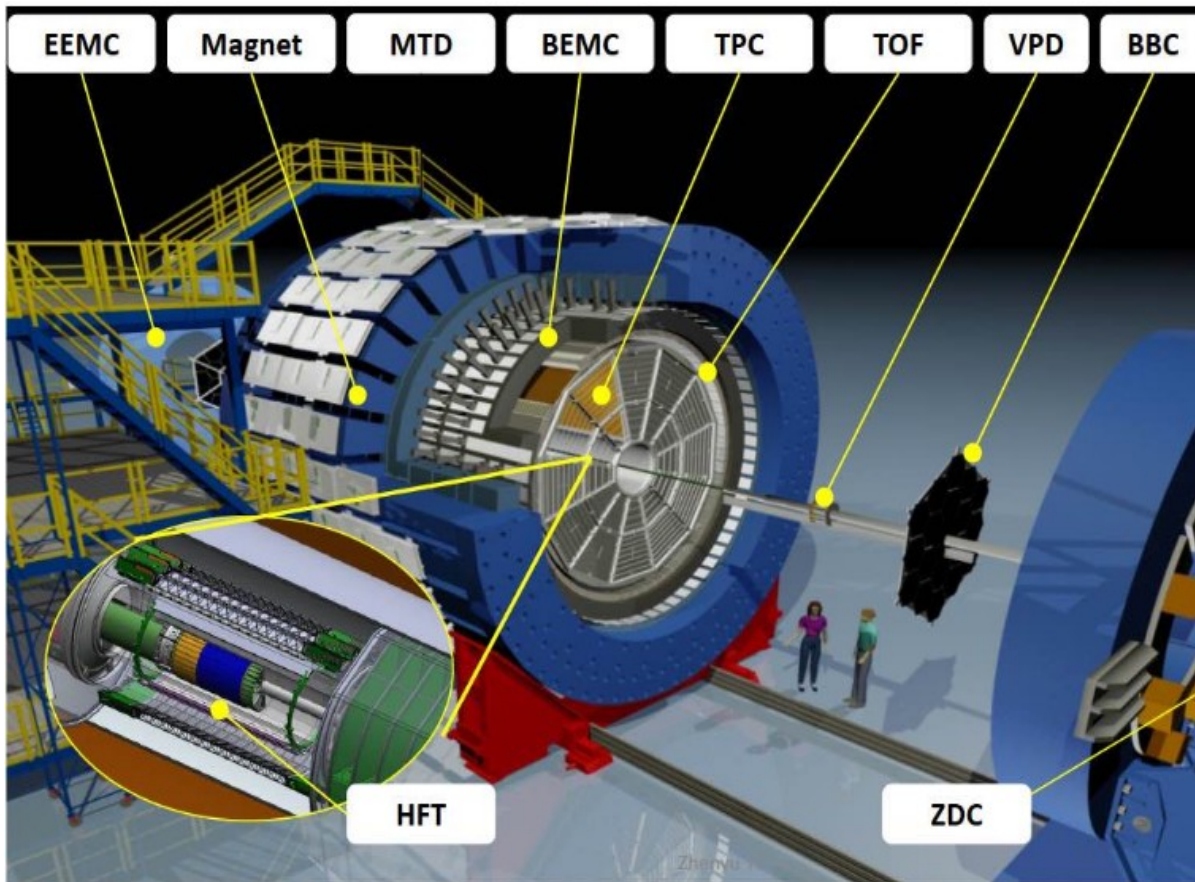
Эллиптический
поток v_2



Треугольный
поток v_3

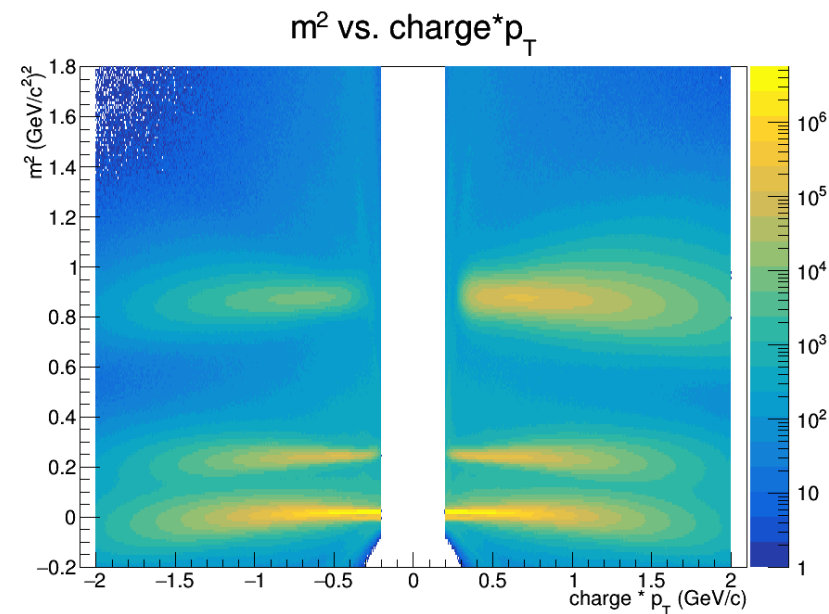
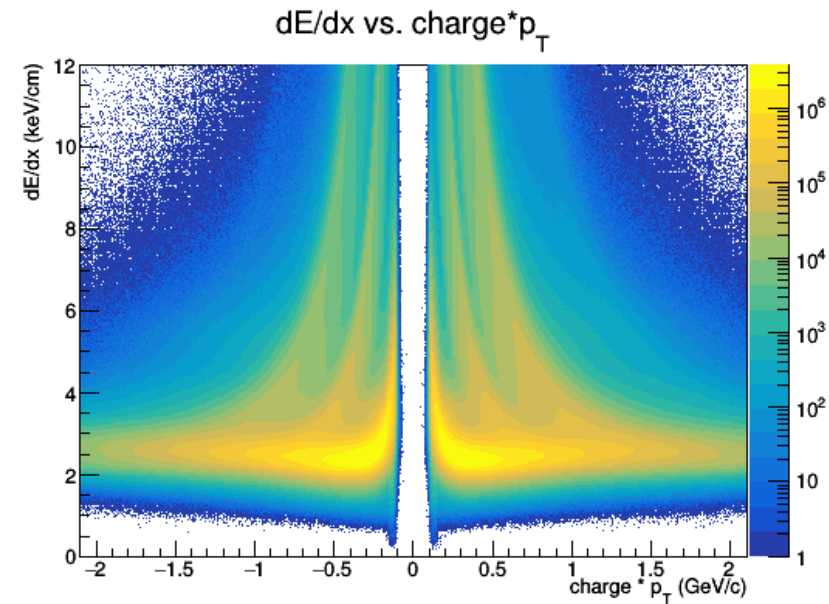


Эксперимент STAR



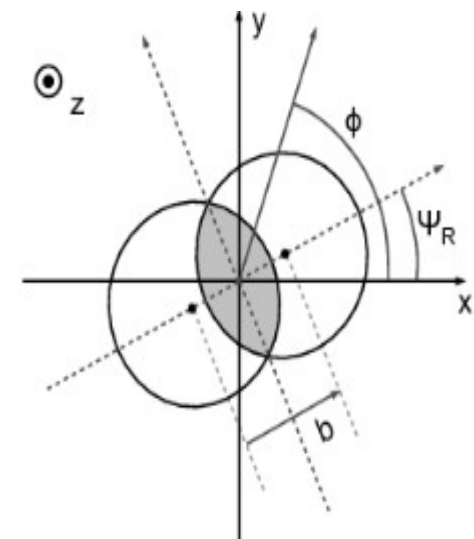
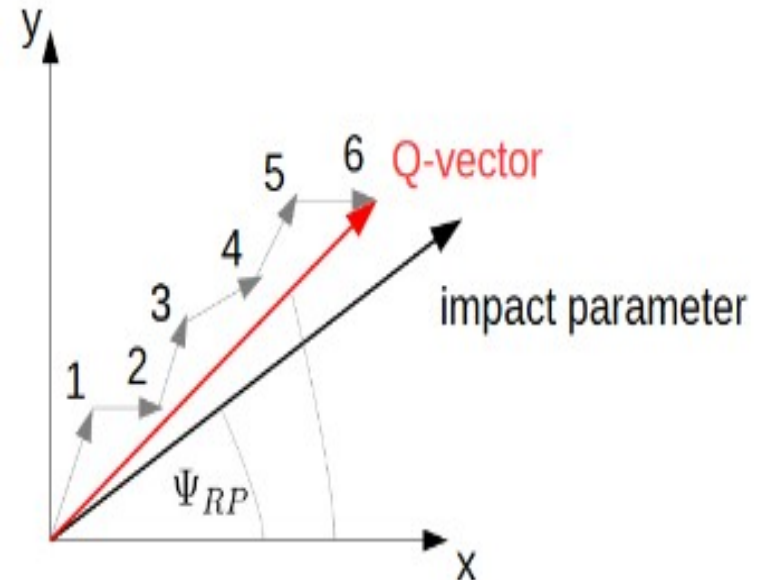
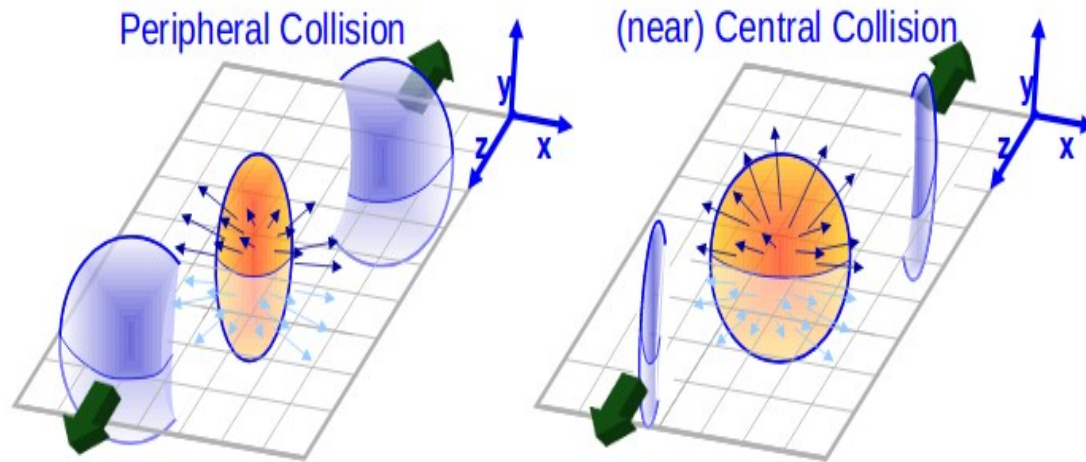
$$\text{Au+Au}, \sqrt{s_{NN}} = 39 \text{ ГэВ}$$

В данной работе используются детекторы TPC (ионизационные потери, импульс) и TOF (время пролета, квадрат массы), покрывая диапазоны псевдобыстроты $|\eta| < 1$ и азимутальному углу $0 < \phi < 2\pi$



Восстановление плоскости события

- Для измерения потоков используется метод плоскости события (Event Plane method)
- В столкновениях плоскость реакции определяют направлением оси пучка и вектором прицельного параметра



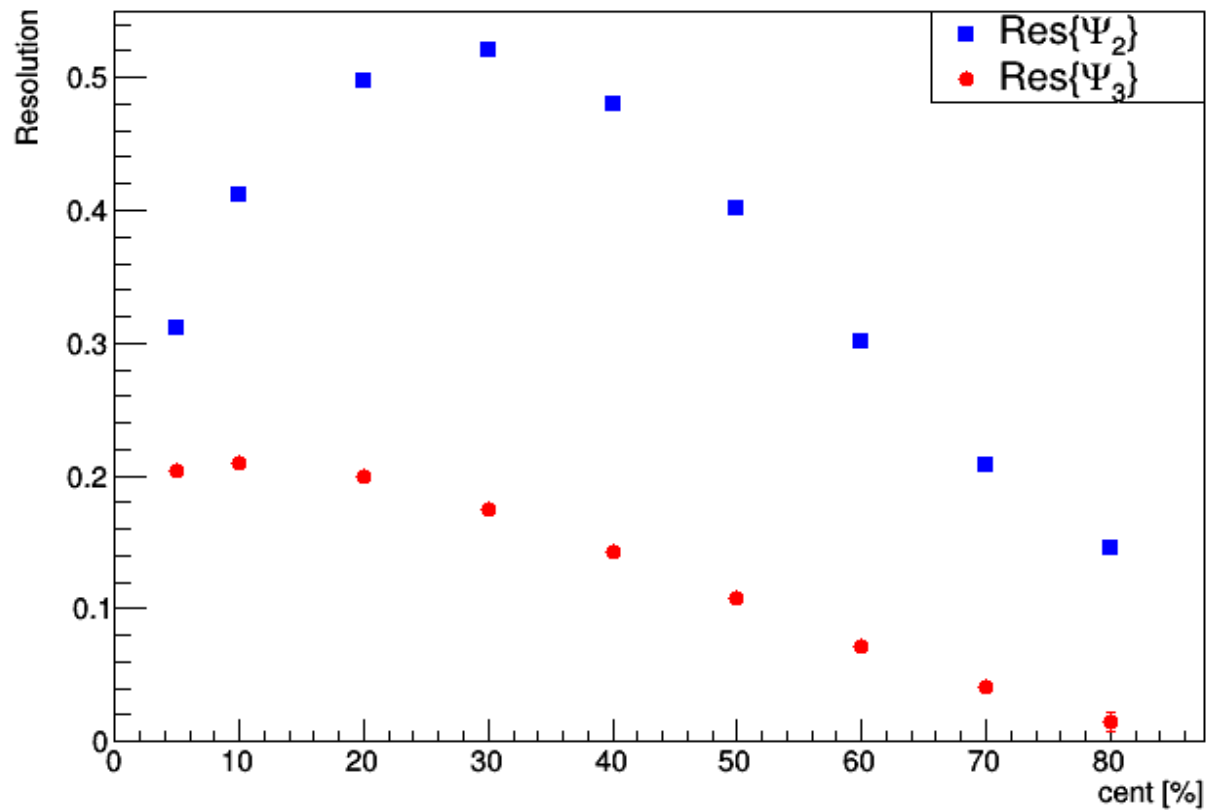
$$Q_x = \sum_i \omega_i \cos(n \phi_i) \quad Q_y = \sum_i \omega_i \sin(n \phi_i)$$

$$\Psi_n = \frac{1}{n} \left(\tan^{-1} \frac{\sum_i \omega_i \sin(n \phi_i)}{\sum_i \omega_i \cos(n \phi_i)} \right)$$

Разрешение плоскости события

Уравнение для вычисления разрешения детектора, используя метод двух подсобытий:

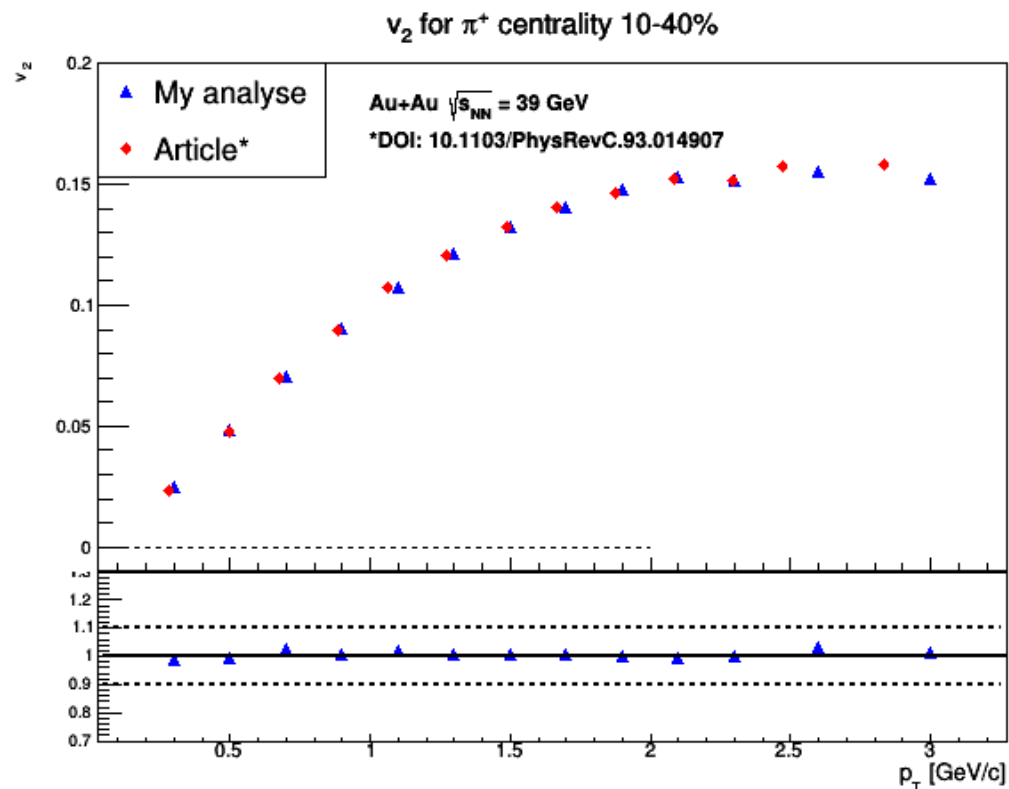
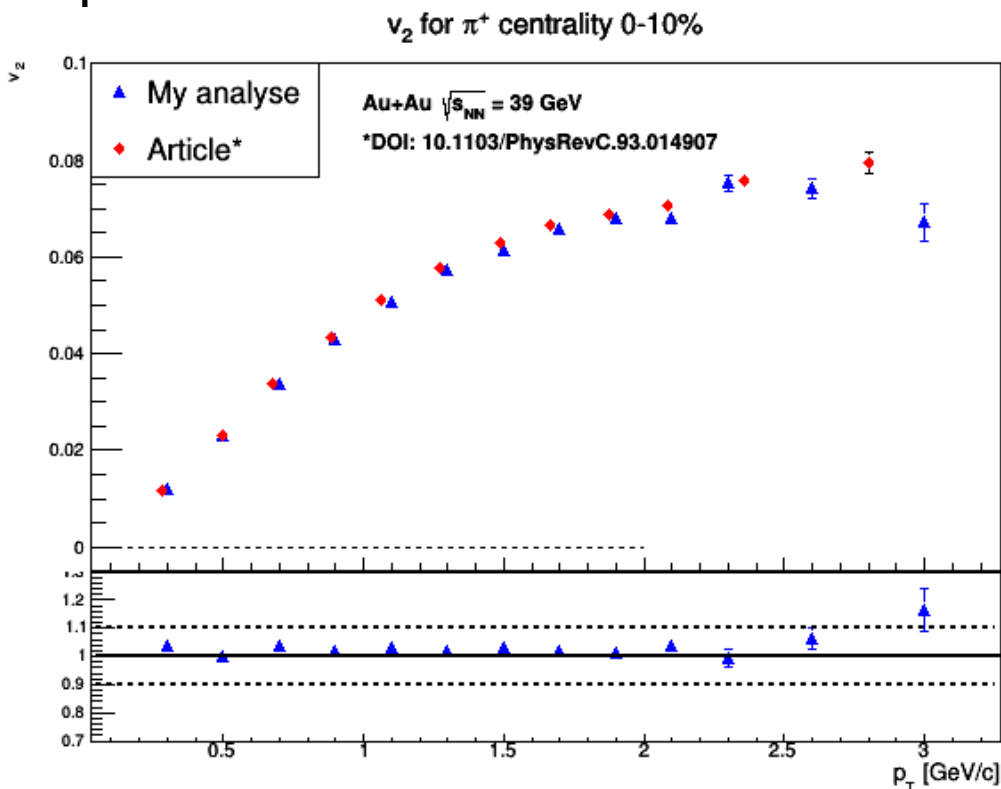
$$Res\{\Psi_n\} = \sqrt{\langle \cos(n(\Psi_{n,\eta_+} - \Psi_{n,\eta_-})) \rangle}$$



Разрешение показывает точность определения детектором плоскости события

Эллиптический поток (1)

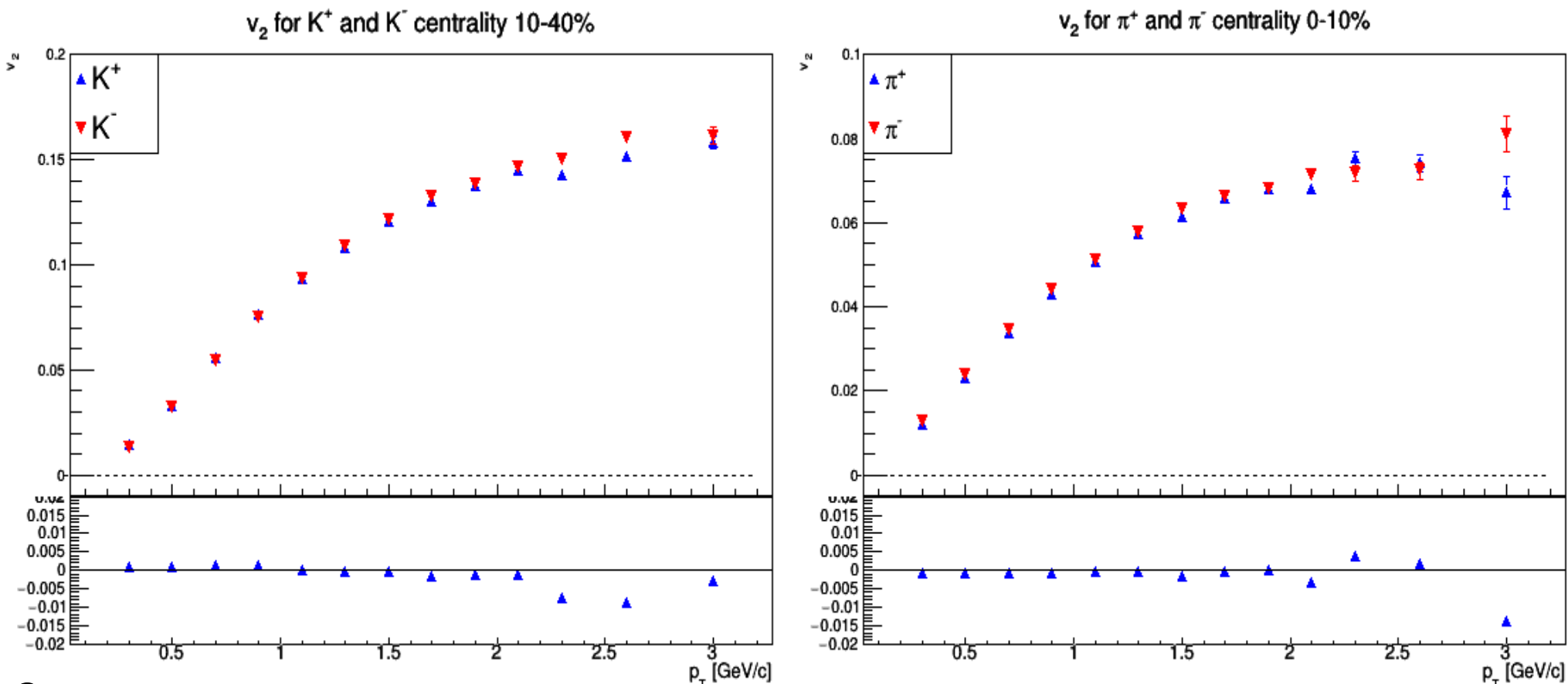
Было проведено сравнение полученных значений эллиптического потока для идентифицированных адронов с результатами, полученными ранее коллаборацией STAR. Ниже представлены графики потоков положительно заряженных пионов.



Полученные значения совпадают в пределах 10%, кроме некоторых точек, что может быть связано с различием в идентификации частиц.

Эллиптический поток (2)

Было проведено сравнение эллиптических потоков положительно и отрицательно заряженных адронов. Ниже представлены графики потоков положительно и отрицательно заряженных каонов и пионов.

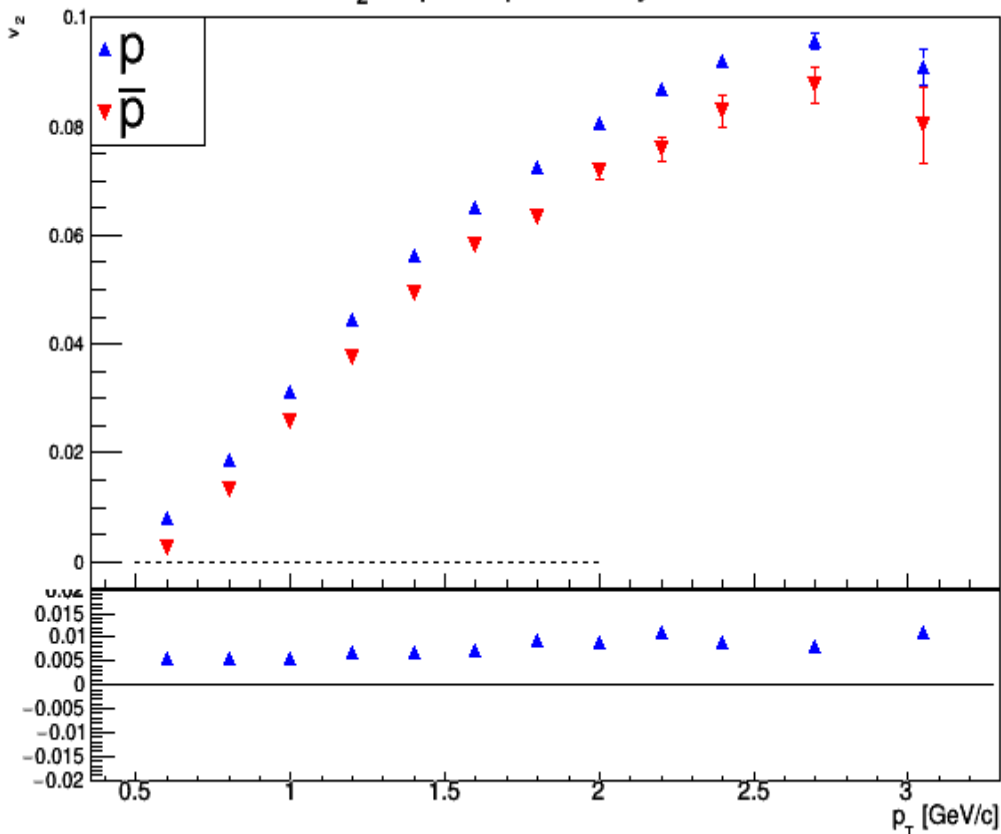


Значения эллиптического потока заряженных пионов и каонов имеют практически одинаковую форму и величину, как и ожидалось для частиц с одинаковой массой и числом кварков.

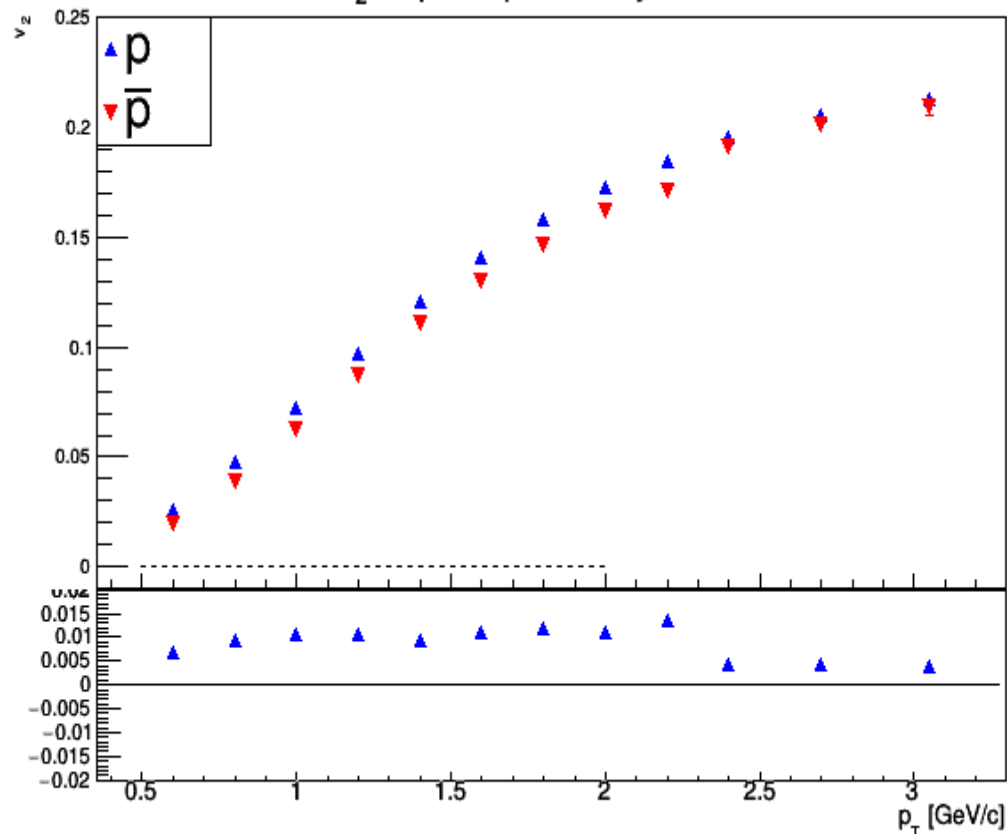
Эллиптический поток (3)

В отличие от заряженных пионов и каонов наблюдается значительная разница в значениях потока протонов и пионов. Разница почти постоянная как функция поперечного импульса p_T .

v_2 for p and \bar{p} centrality 0-10%



v_2 for p and \bar{p} centrality 10-40%

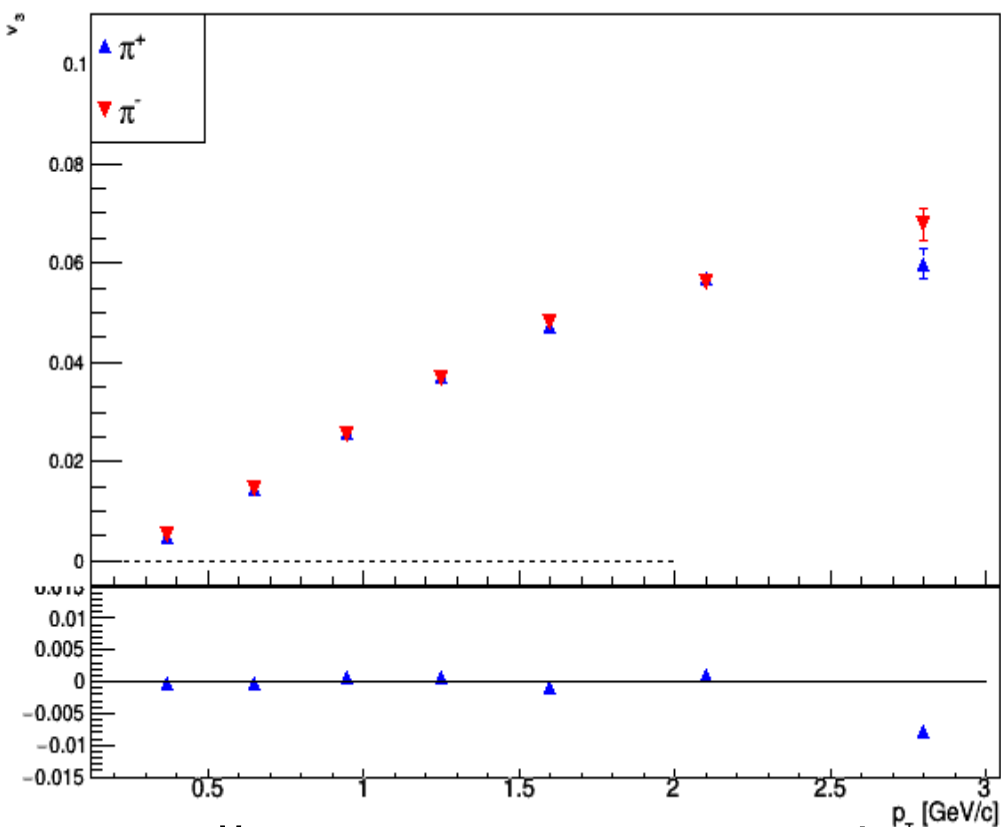


Есть ли отличия в треугольных потоках положительно и отрицательно заряженных частиц?

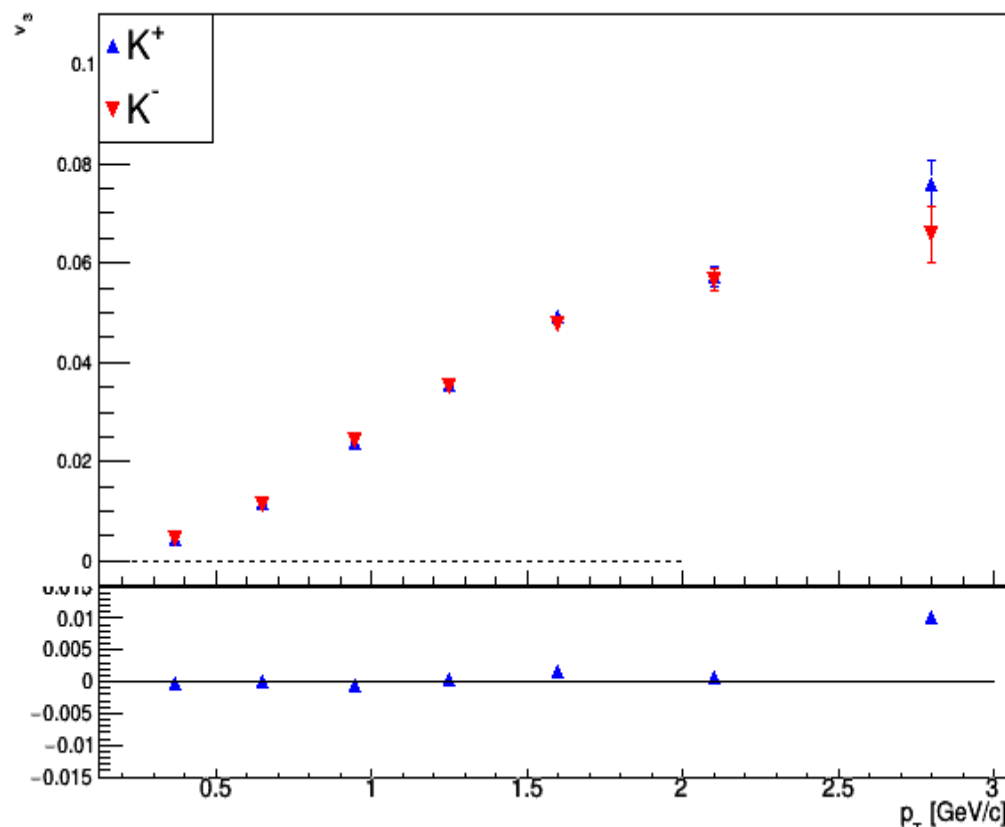
Треугольный поток (1)

Был измерен треугольный поток идентифицированных адронов. Значения получены впервые для данной энергии. Было проведено сравнение треугольных потоков положительно и отрицательно заряженных частиц.

v_3 for π^+ and π^- centrality 0-10%



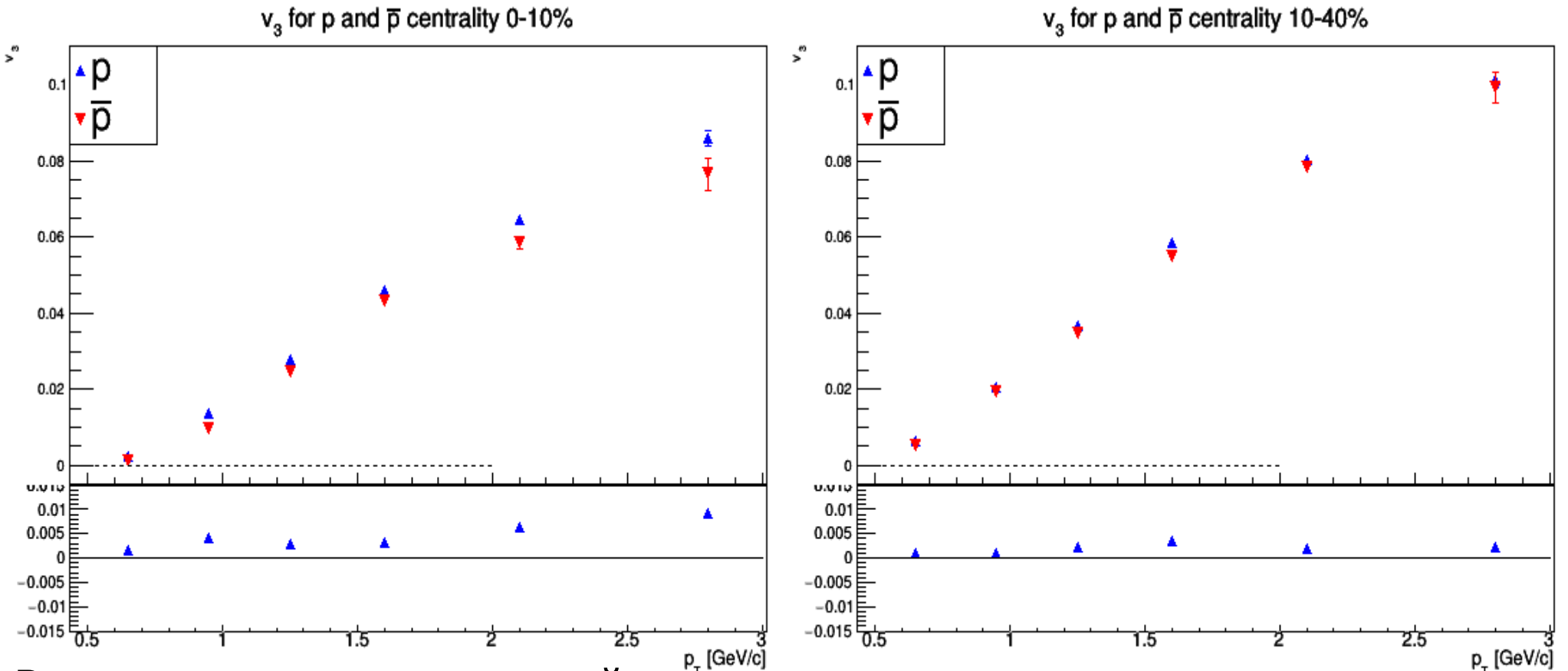
v_3 for K^+ and K^- centrality 10-40%



На слайде представлены графики потоков положительно и отрицательно заряженных каонов и пионов.

Треугольный поток (2)

На графиках представлен треугольный поток протонов и антипротонов как функция поперечного импульса.



Видно, что разница значений треугольного потока протонов и антипротонов меньше по сравнению с эллиптическим потоком.

Заключение

- Был проведен анализ данных столкновений Au+Au при энергии 39 ГэВ на нуклон, полученные в эксперименте STAR (RHIC).
- Были получены значения эллиптического потока идентифицированных адронов для энергии 39 ГэВ. Проведено сравнение с результатами, полученными ранее коллаборацией STAR. Значения совпадают в пределах погрешности.
- Основная задача работы измерение треугольного потока идентифицированных адронов была выполнена. Полученные значения являются новыми для данной энергии.
- Проведено сравнение потоков положительно и отрицательно заряженных адронов.

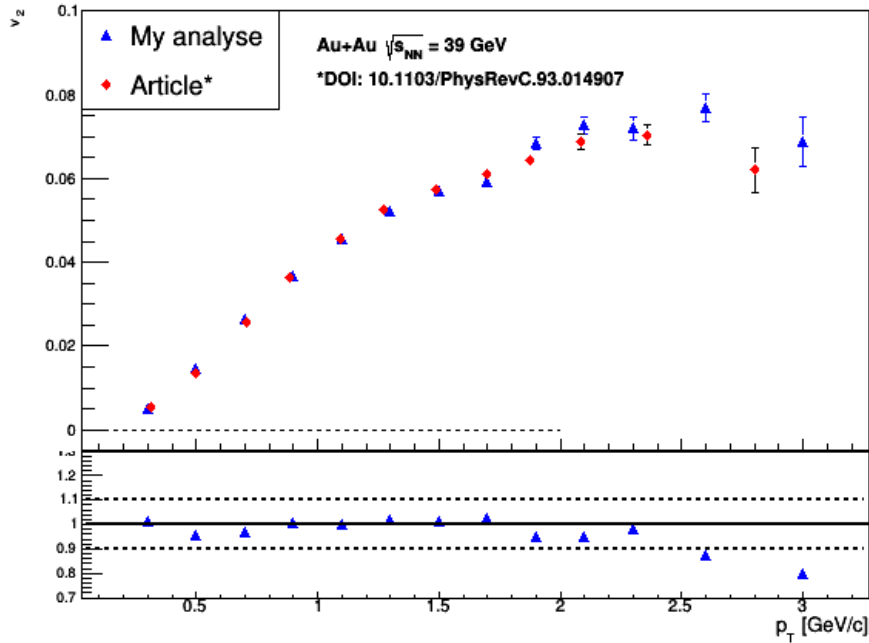
Запасные слайды

Критерии отбора треков и событий

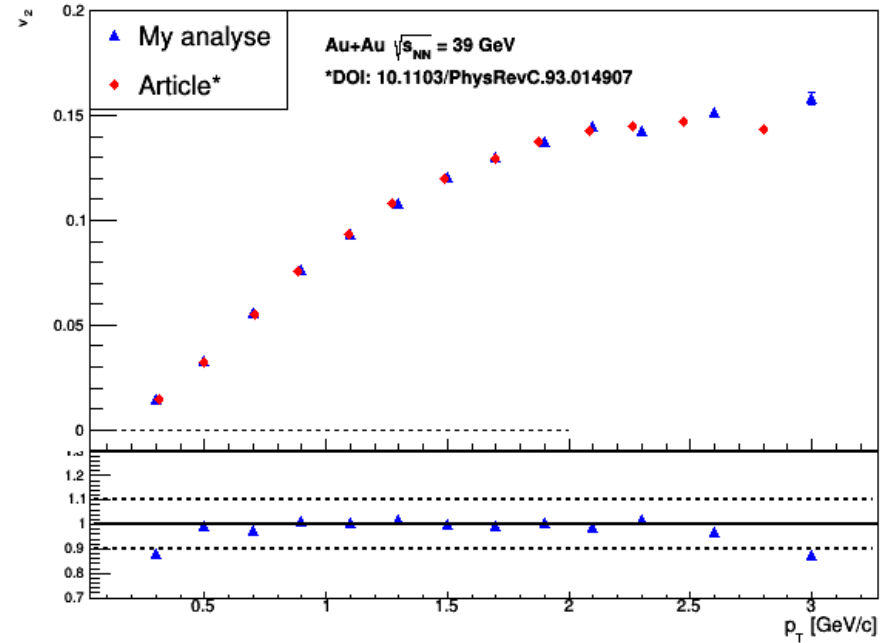
	Предыдущие результаты	Данная работа
$ V_z $	< 50 см	< 50 см
$ V_r $	< 2 см	< 2 см
$ \eta $	< 1	< 1
N_{hits}	≥ 15	≥ 15
$N_{\text{hits}}/N_{\text{hits}}^{\text{poss}}$	> 0.52	> 0.52
DCA	< 2 см	< 2 см
p_T	от 0,2 ГэВ/с до 2 ГэВ/с (EP) от 0,2 ГэВ/с до 3,0 ГэВ/с (v_2)	от 0,2 ГэВ/с до 2 ГэВ/с (EP) от 0,2 ГэВ/с до 3,0 ГэВ/с ($v_{2,3}$)

Сравнение эллиптических потоков каонов с известными значениями

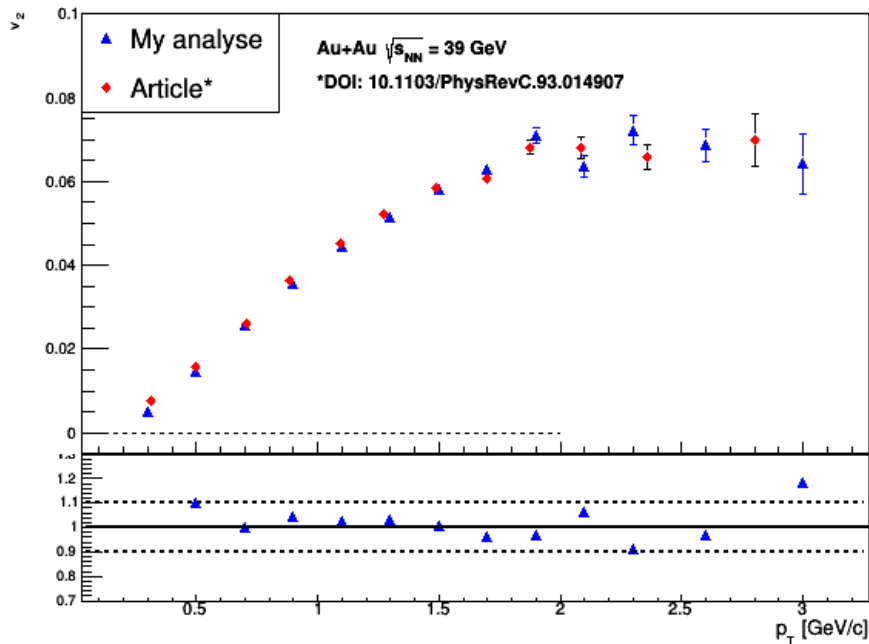
v_2 for K^+ centrality 0-10%



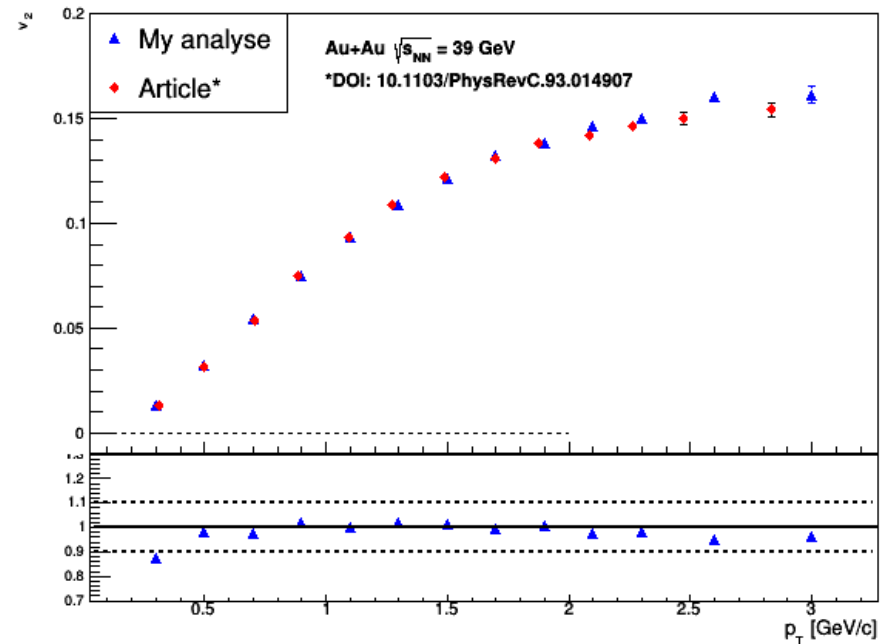
v_2 for K^+ centrality 10-40%



v_2 for K^- centrality 0-10%

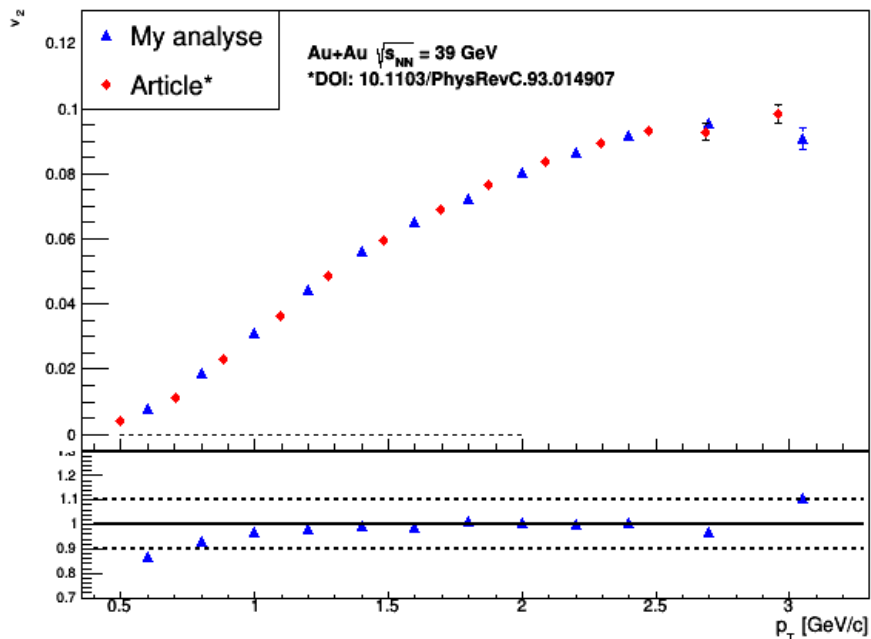


v_2 for K^- centrality 10-40%

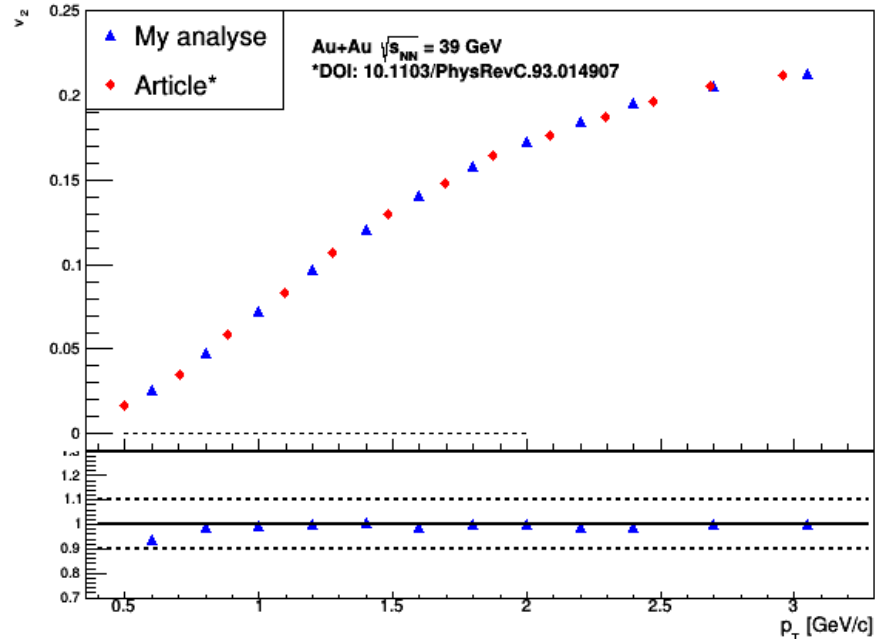


Сравнение эллиптических потоков (анти)протонов с известными значениями

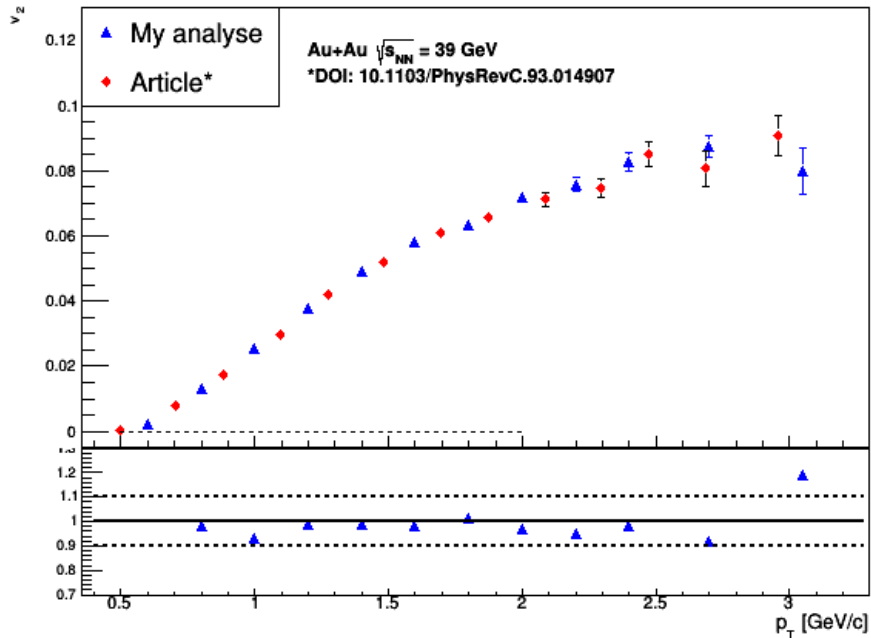
v_2 for p and centrality 0-10%



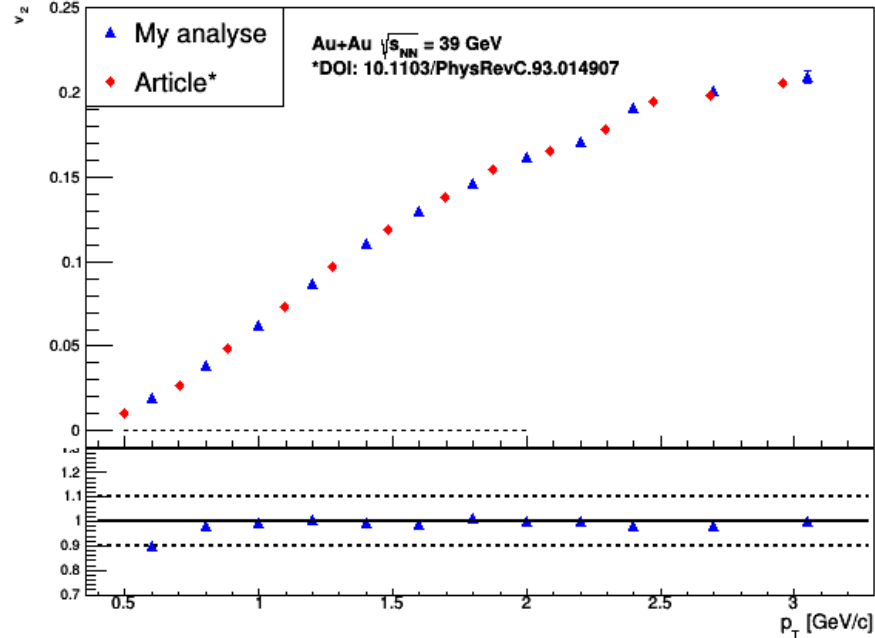
v_2 for p and centrality 10-40%



v_2 for \bar{p} and centrality 0-10%

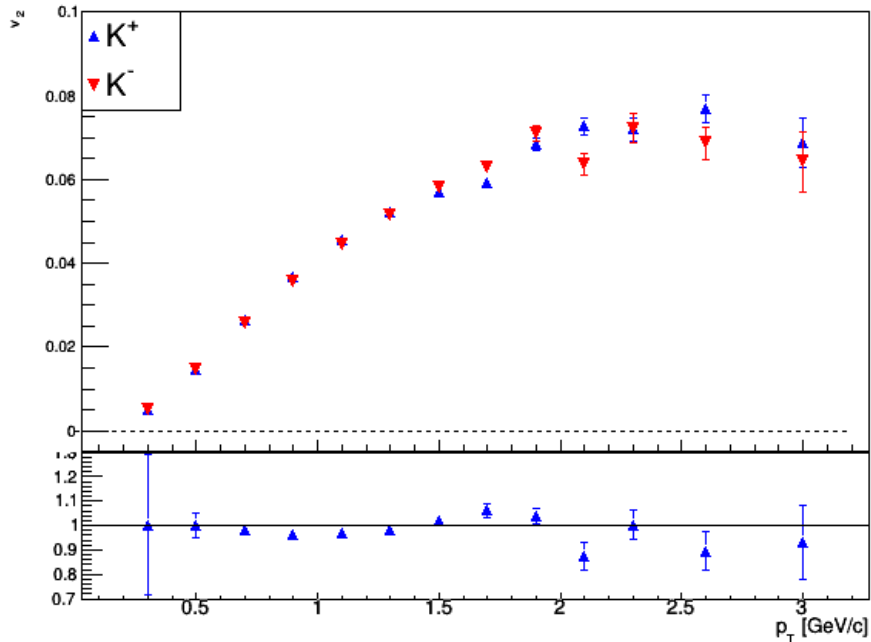


v_2 for \bar{p} and centrality 10-40%

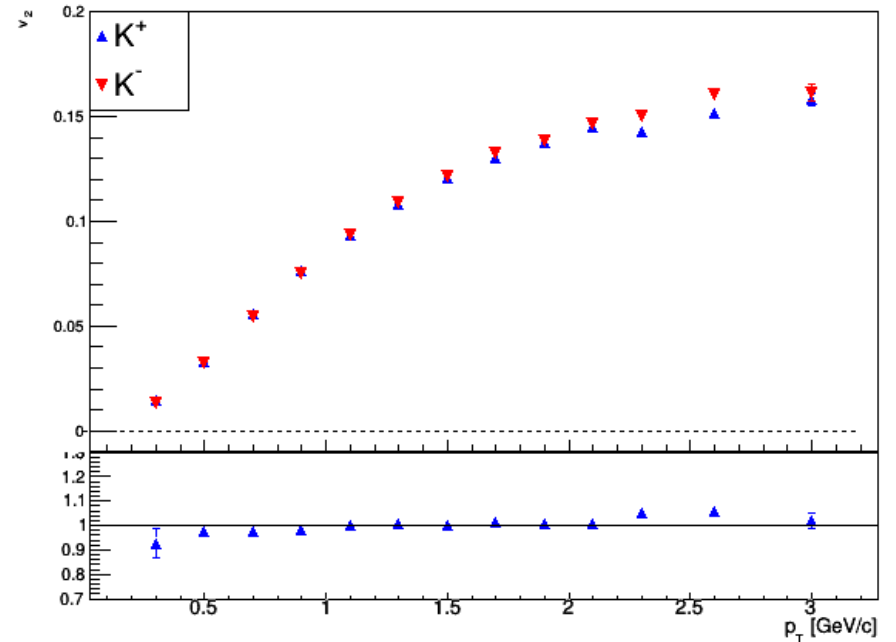


Эллиптический поток каонов и пионов

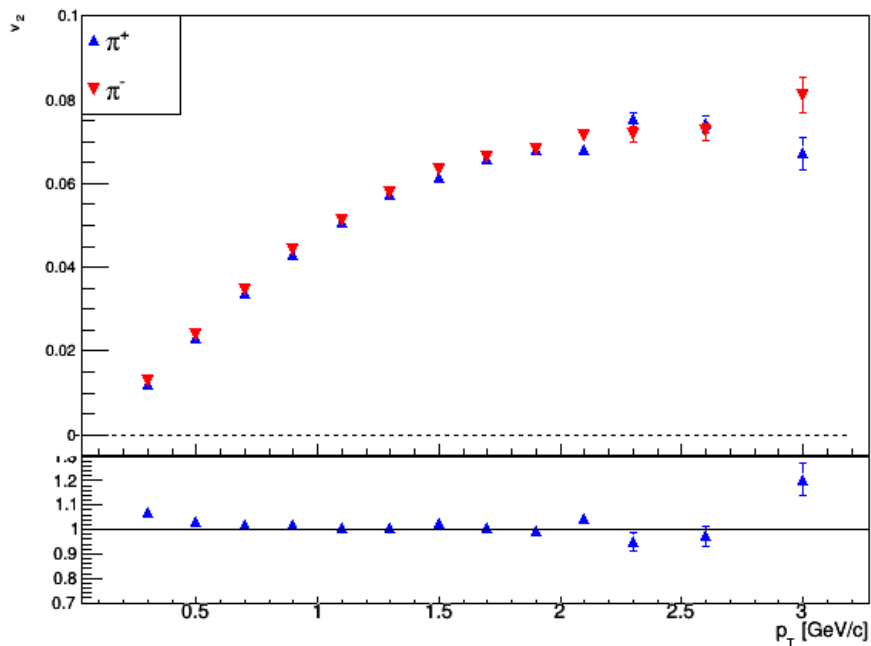
v_2 for K^+ and K^- centrality 0-10%



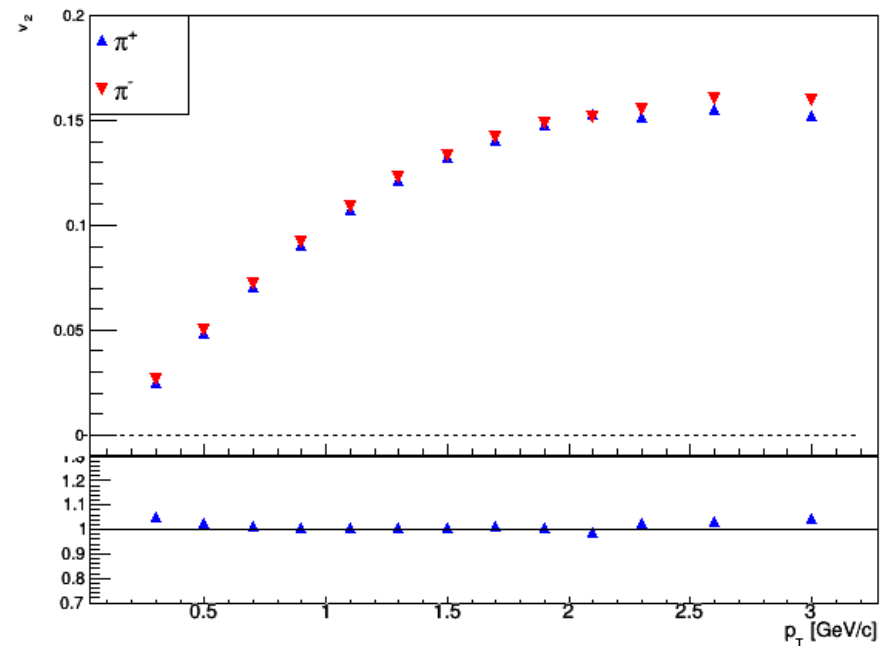
v_2 for K^+ and K^- centrality 10-40%



v_2 for π^+ and π^- centrality 0-10%

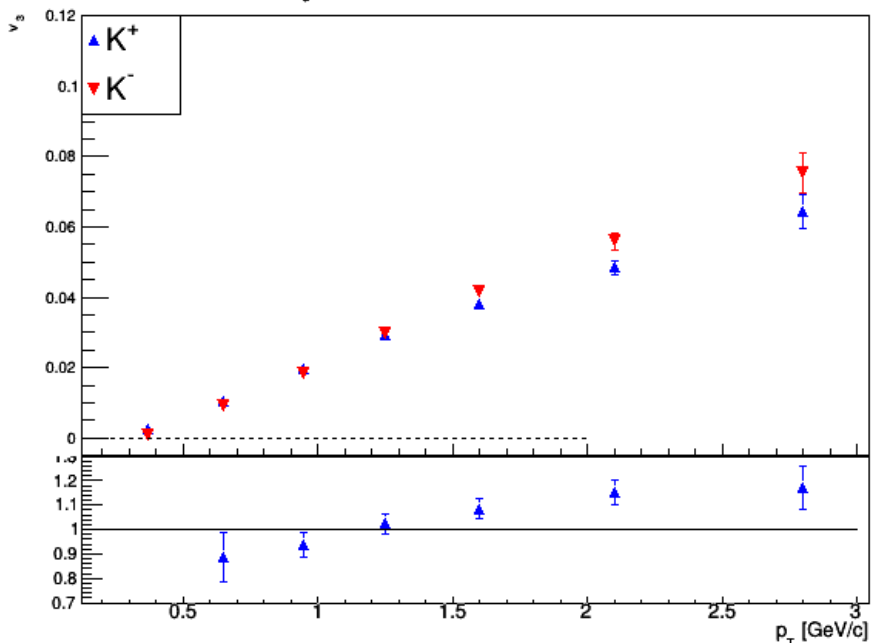


v_2 for π^+ and π^- centrality 10-40%

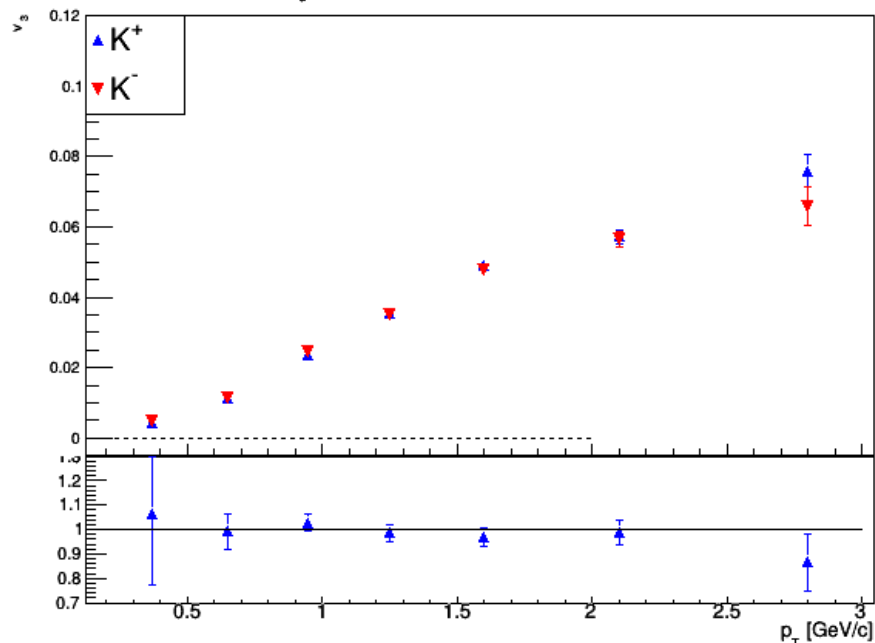


Треугольный поток каонов и пионов

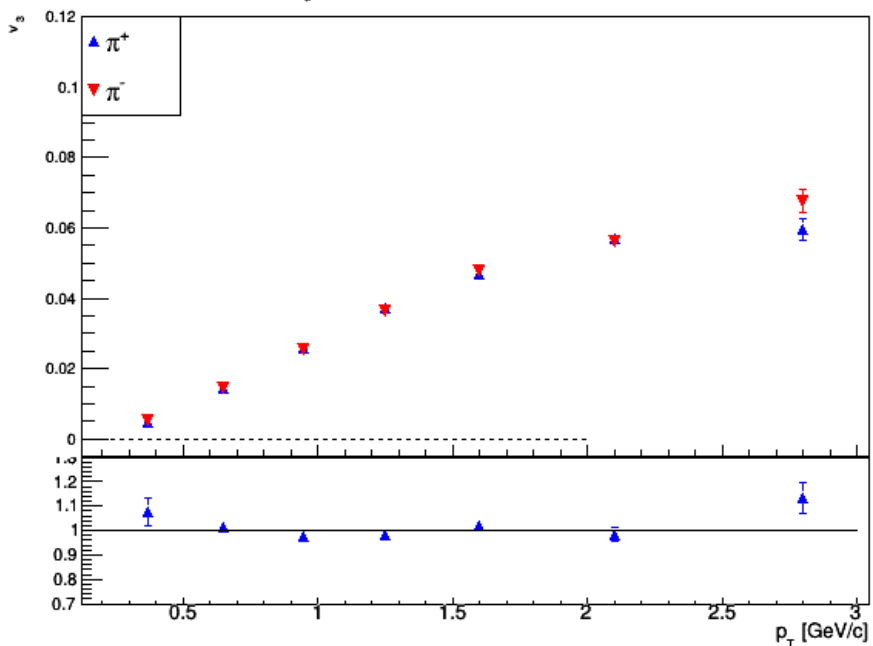
v_3 for K^+ and K^- centrality 0-10%



v_3 for K^+ and K^- centrality 10-40%



v_3 for π^+ and π^- centrality 0-10%



v_3 for π^+ and π^- centrality 10-40%

