

**Азимутальная анизотропия выхода
нейтральных пи-мезонов в Pb-Pb
столкновениях при $\sqrt{s_{NN}} = 2760$ ГэВ в
эксперименте ALICE**

Дмитрий Блау,

НИЦ «Курчатовский Институт»

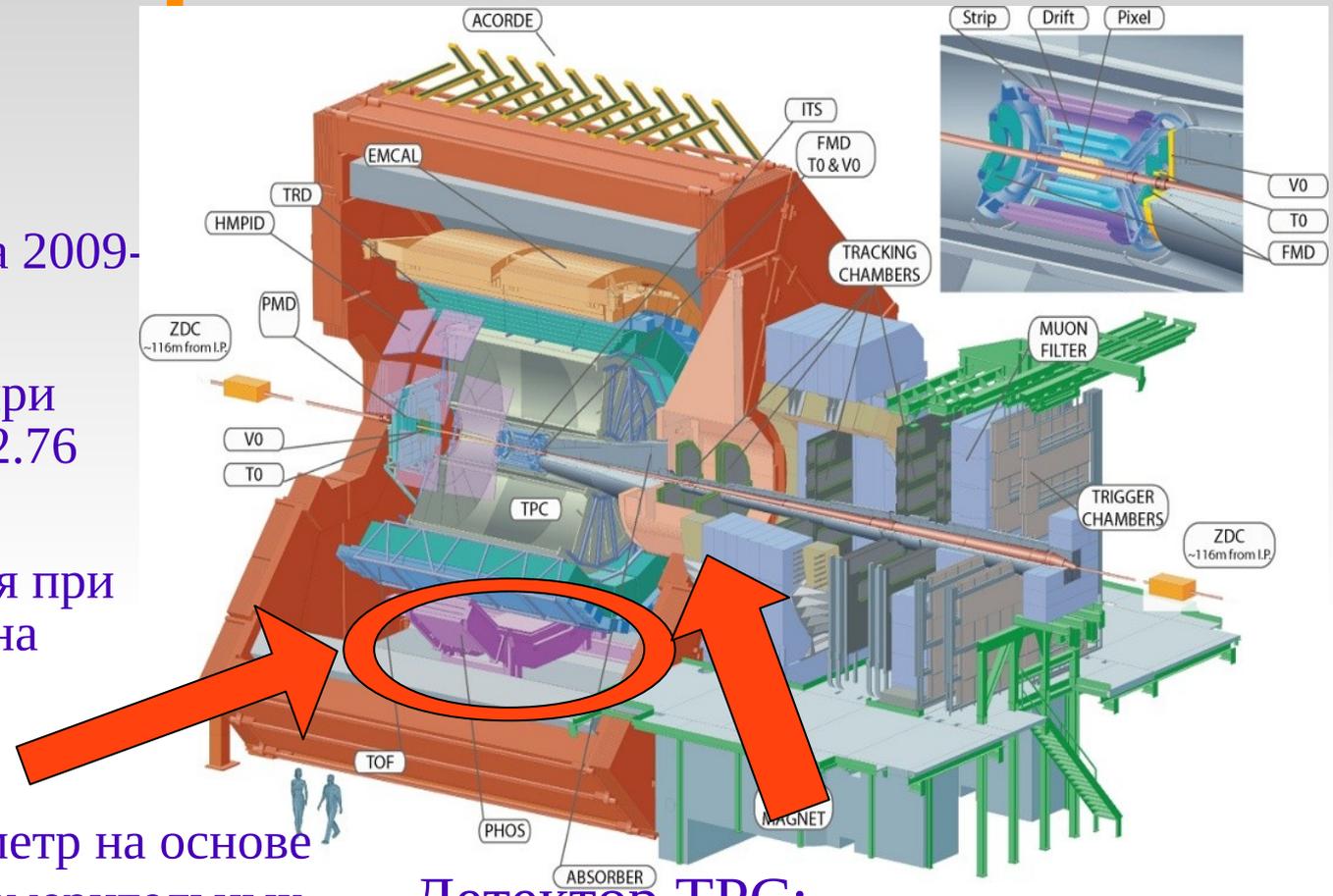
План доклада

- Эксперимент ALICE и спектрометр PHOS
- Что такое эллиптический поток?
- Данные с RHIC и теоретические предсказания
- Метод плоскости реакции
- Анализ данных Pb-Pb сеанса LHC 2010 года
- Результаты измерения эллиптического потока нейтральных пи-мезонов в эксперименте ALICE с помощью детектора PHOS
- Заключение

Эксперимент ALICE

Эксперимент ALICE:

- Исследование КГП
- Данные, набранные за 2009-2011 гг.
- pp столкновения при энергии 900 ГэВ, 2.76 ТэВ и 7 ТэВ,
- PbPb столкновения при энергии 2.76 ТэВ на нуклон.



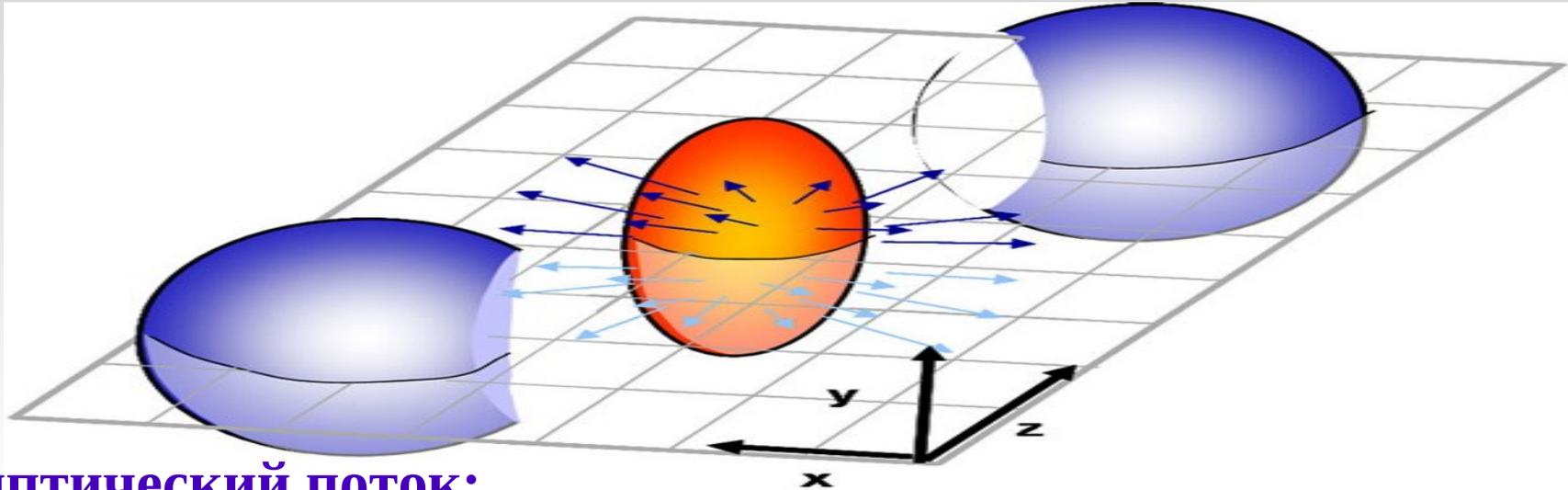
Спектрометр PHOS:

- Прецизионный спектрометр на основе кристаллов PWO (~10000 измерительных ячеек в 3 модулях)
- Энергетический диапазон: 0.1-100 ГэВ
- Аксептанс $\Delta\phi = 100^\circ$, $|\eta| < 0.12$

Детектор TPC:

- Время-проекционная камера для измерения заряженных частиц
- Ne/CO₂/N₂ (90/10/5)
- Аксептанс $|\eta| < 0.9$

Эллиптический поток

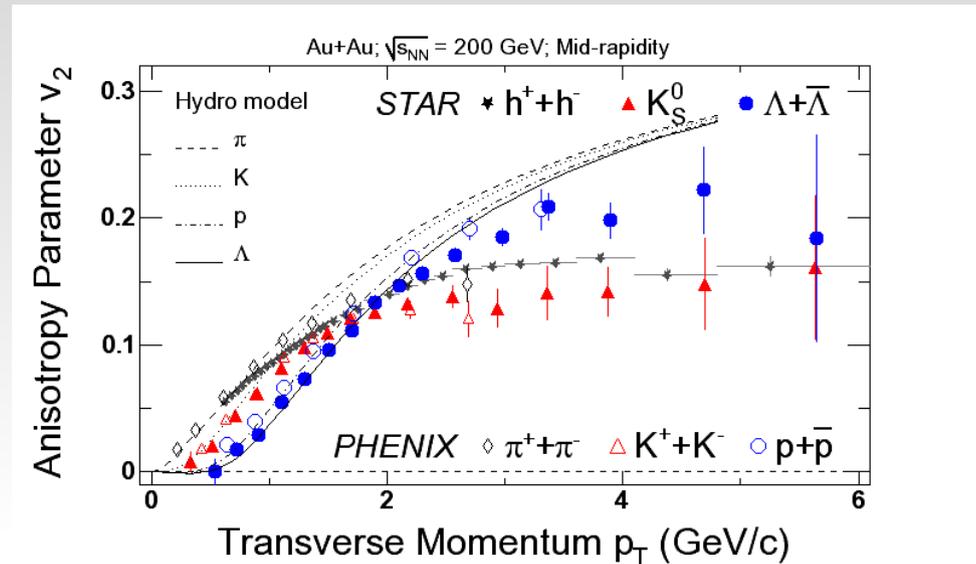


Эллиптический поток:

- Из-за начальной анизотропии области перекрытия сталкивающихся ядер возникает различный градиент давления в плоскости реакции (xz на рисунке) и вне плоскости.
- Этот градиент определяет конечную анизотропию выхода частиц, которая характеризуется коэффициентом при $\cos(2\Delta\varphi)$ разложения выхода частиц в ряд Фурье по отношению к плоскости реакции.
- Изучая азимутальную анизотропию выхода частиц можно получить информацию о ранней стадии эволюции системы в состоянии КГП.

Эллиптический поток – данные и предсказания

Экспериментальные данные с RHIC по измерению эллиптического потока различных частиц и их описание в идеальной гидродинамической модели



Теоретические предсказания:

- Гидродинамические расчеты с вязкостью + различными начальными условиями (модели СГС и Глаубера) описывают имеющиеся данные с RHIC с хорошей точностью.
- Измеренное на RHIC отношение коэффициента вязкости к плотности энтропии (η/S) оказывается около $2-5 \cdot 1/4\pi$ (при теоретическом пределе $> 1/4\pi$).
- Насколько это справедливо для LHC?

Метод плоскости реакции

- Эллиптический поток (v_2) – это вторая гармоника в разложении в ряд Фурье выхода частиц по отношению к плоскости реакции,
- Плоскость реакции определяется прицельным параметром и осью пучка, однако экспериментально определяется т.н. плоскость события (формула справа),
- Поток, полученный из вычислений по отношению к плоскости события необходимо скорректировать на разрешение плоскости события R :

- $$v_n = \frac{v_n^{obs}}{R}$$

$$Q_x \equiv Q_n \cos(n\Psi_n) = \sum_i^M w_i \cos(n\phi_i),$$
$$Q_y \equiv Q_n \sin(n\Psi_n) = \sum_i^M w_i \sin(n\phi_i),$$
$$\Psi_n = \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\frac{Q_y}{Q_x} \right),$$

Определение угла плоскости события (Event Plane)

Анализ данных: Получение ν_2 с помощью PHOS

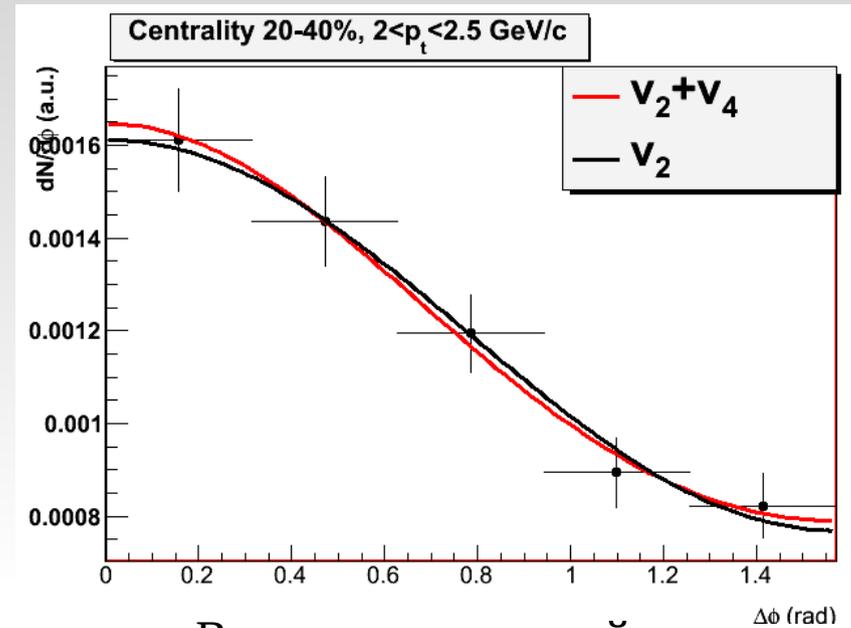
- PHOS дает возможность восстановить нейтральные π -мезоны из фотонных пар, зарегистрированных в этом детекторе.
- Дополнительные PID критерии (отсечение заряженных треков, анализ размера кластера) позволяют отделить фотонные кластеры от адронных и заряженных.
- Плоскость реакции определялась с помощью детектора TRC, для устранения автокорреляций брались только треки в диапазоне псевдобыстрот $\eta > 0.1$.

Анализ данных: Экспериментальные данные

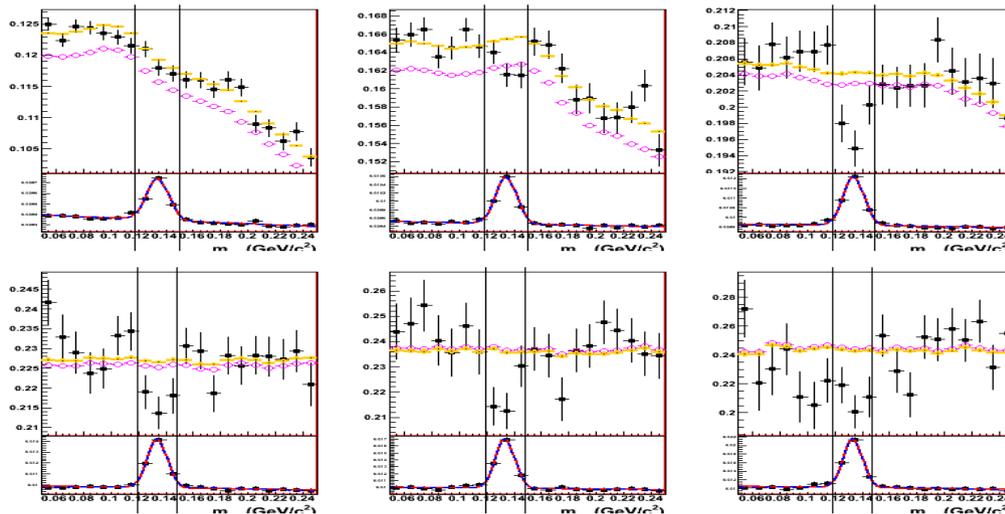
- Данные с сеанса PbPb столкновений (ноябрь-декабрь 2010 года),
- Проверялось качество данных по наблюдаемым: измеренная масса π -мезона в каждом ране, среднее количество π -мезонов на событие в каждом ране. Обе эти величины оказались стабильными в ходе сеанса,
- Около 15М событий после отбора,
- 2 класса центральности (5-20, 20-40)

Анализ данных: метод инв. масс

- Для извлечения v_2 нейтральных π -мезонов требуется разделить поток от π -мезонов и комбинаторного фона фотонов.
- v_2 фотонов из комбинаторного фона оценивался из v_2 смешанных событий и из аппроксимации v_2 реальных событий вне π^0 -пика.
- $v_{2,\pi^0} = v_{2,Re} * (S+Bg)/S - v_{2,Bg} * Bg/S$



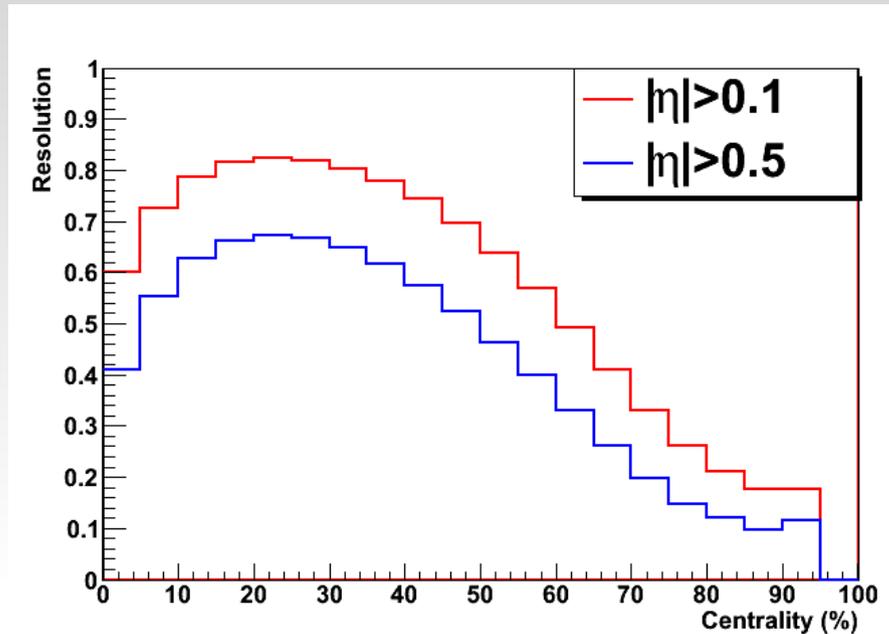
Вид корреляционной функции и её аппроксимация



Зависимость v_2 от инвариантной массы пары фотонов

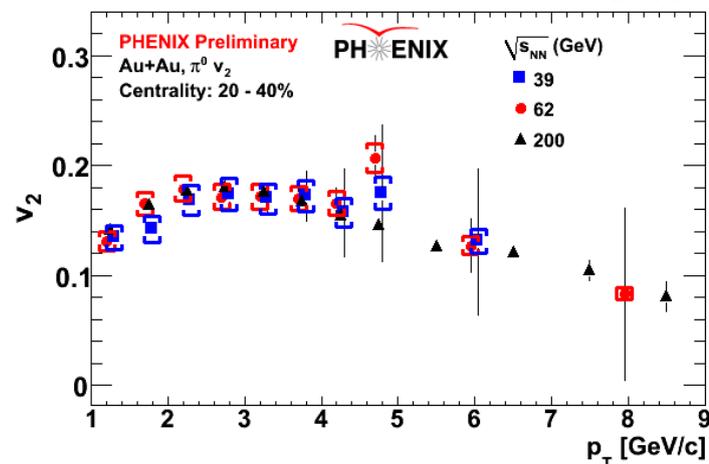
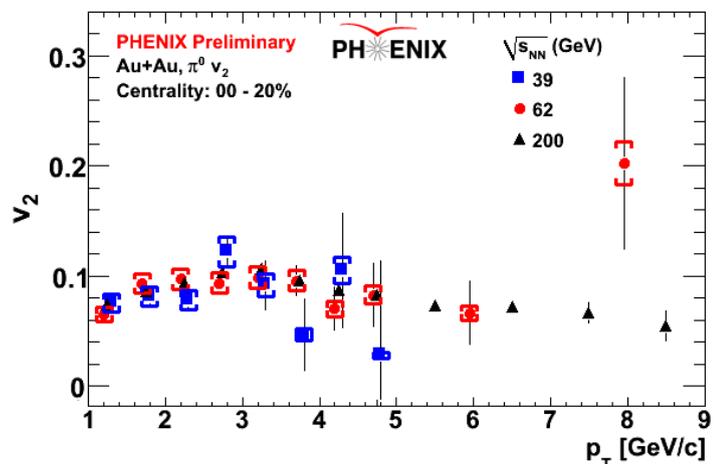
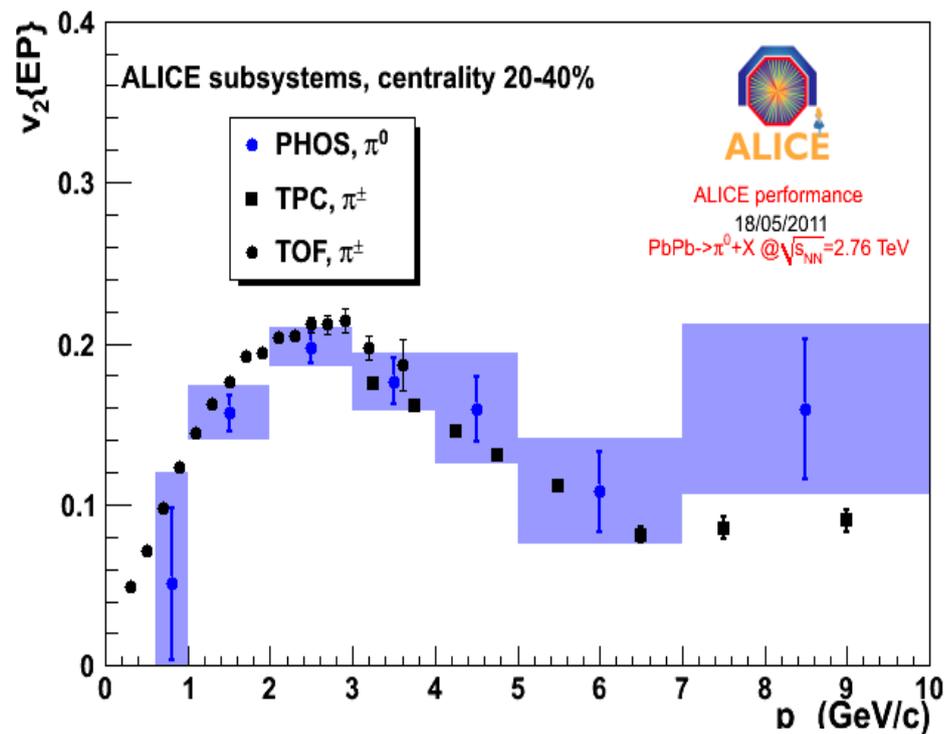
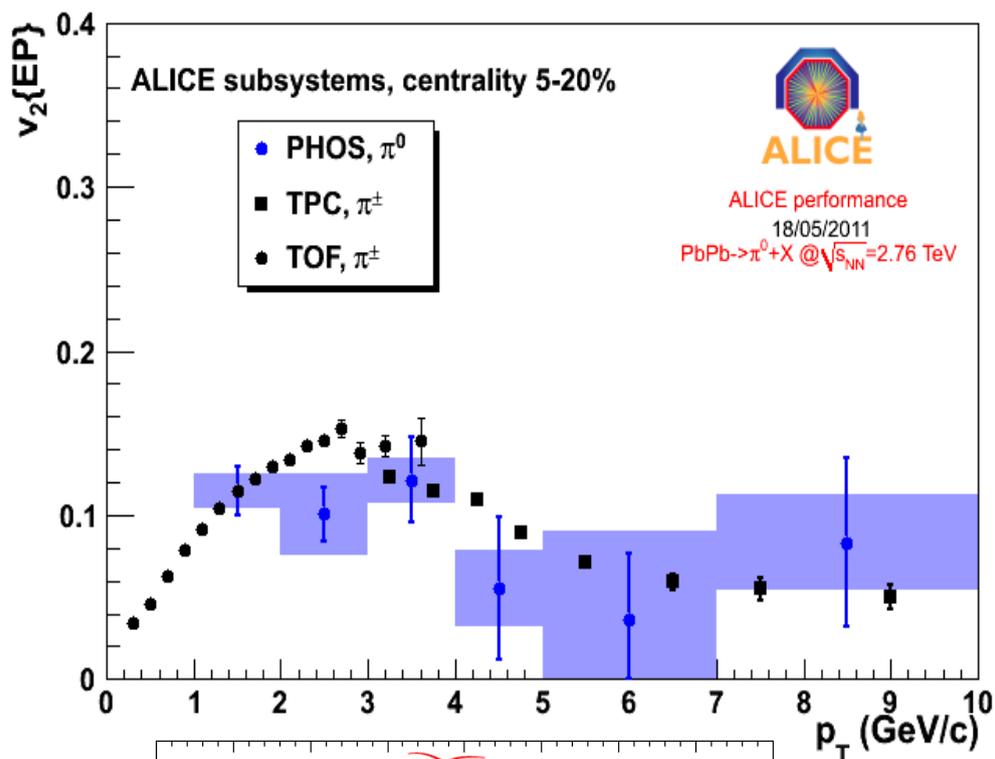
Анализ данных: разрешение ПР

- Разрешение плоскости реакции оценивалось из корреляции двух независимых подсобытий, в нашем случае это были события с $\eta < -0.1$ и $\eta > 0.1$.
- $R = \langle \sqrt{\cos(\Psi_{RP}^1 - \Psi_{RP}^2)} \rangle$



Разрешение плоскости реакции

Результаты



X. Gong,
Hard Probes 2010
PHENIX, Run10

Заключение

- Получены первые результаты по измерениям эллиптического потока нейтральных π -мезонов в PbPb столкновениях при энергии 2.76 ТэВ на нуклон.
- Результаты измерений эллиптического потока в центральных столкновениях (5-20% и 20-40% центральности) хорошо согласуются с результатами измерений эллиптического потока заряженных π -мезонов, полученными в эксперименте ALICE.
- В сравнении с дифференциальным эллиптическим потоком нейтральных π -мезонов, измеренных на RHIC при энергиях 39, 62 и 200 GeV наши результаты дают сравнимый по величине (чуть больший) коэффициент v_2 .