

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

Дмитрий Блау,

НИЦ «Курчатовский Институт»

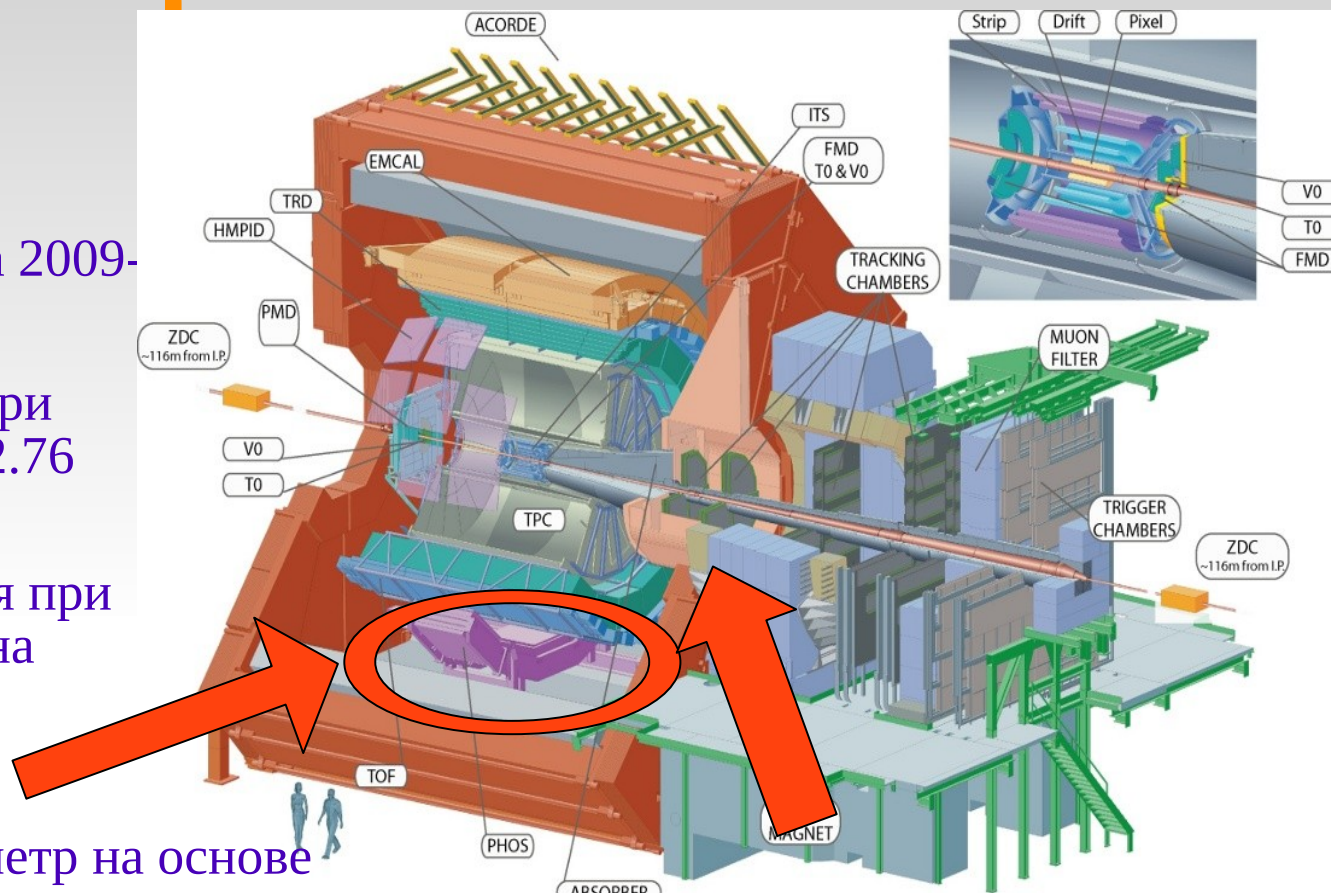
# План доклада

- 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.



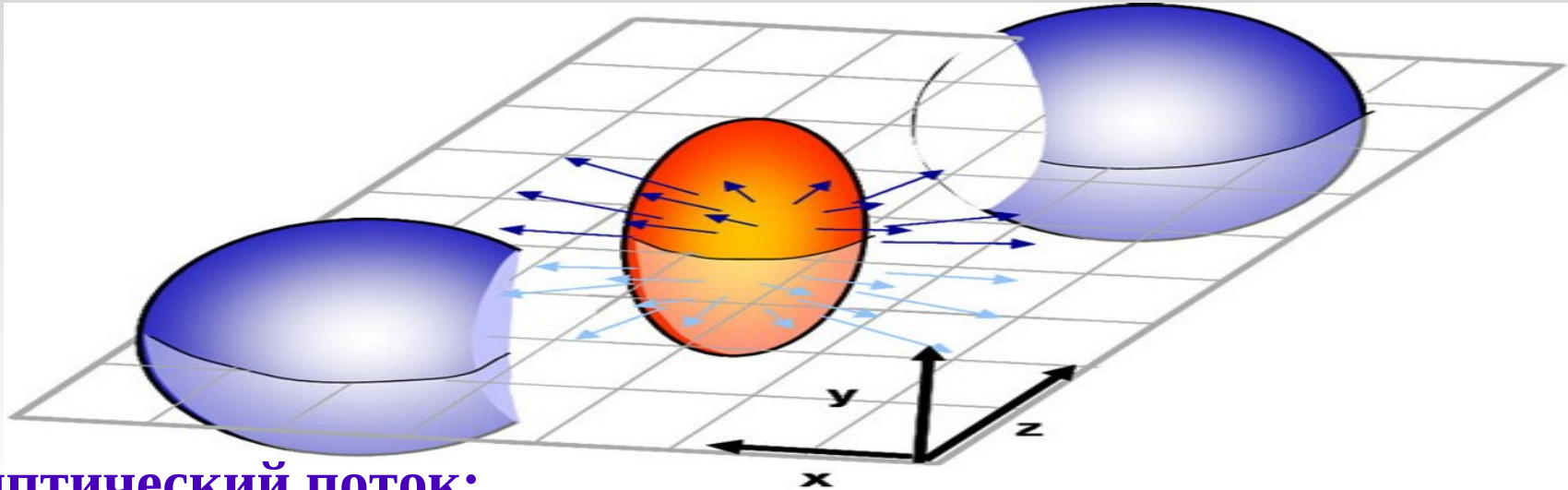
## Спектрометр PHOS:

- 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/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> (90/10/5)
- Аксептанс  $|\eta| < 0.9$

# Эллиптический поток

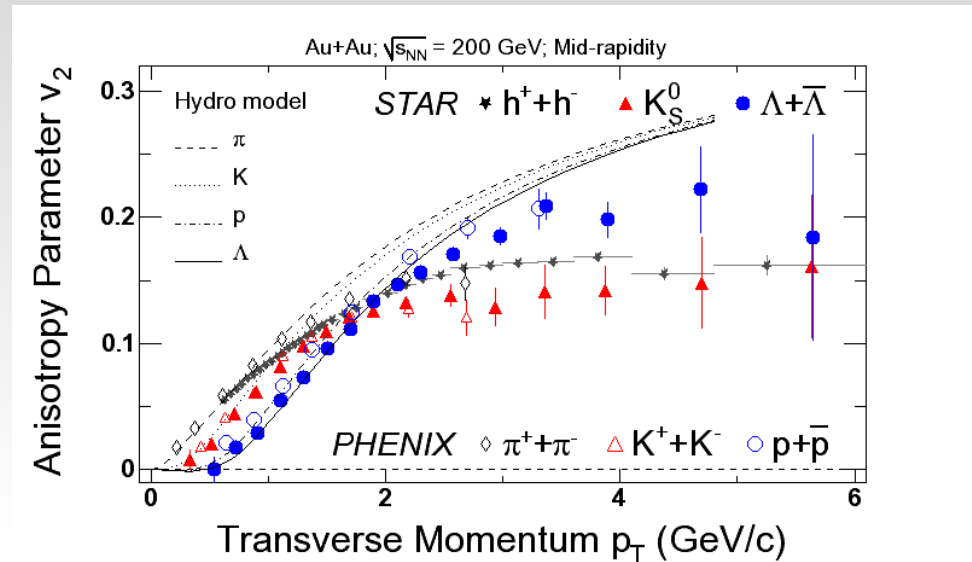


## Эллиптический поток:

- 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 CGC и Глаубера) описывают имеющиеся данные с RHIC с хорошей точностью.
- Измеренное на RHIC отношение коэффициента вязкости к плотности энтропии ( $\eta/S$ ) 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 $\nu_2$ с помощью PHOS

- PHOS дает возможность восстановить нейтральные  $\pi$ -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  $\eta > 0.1$ .

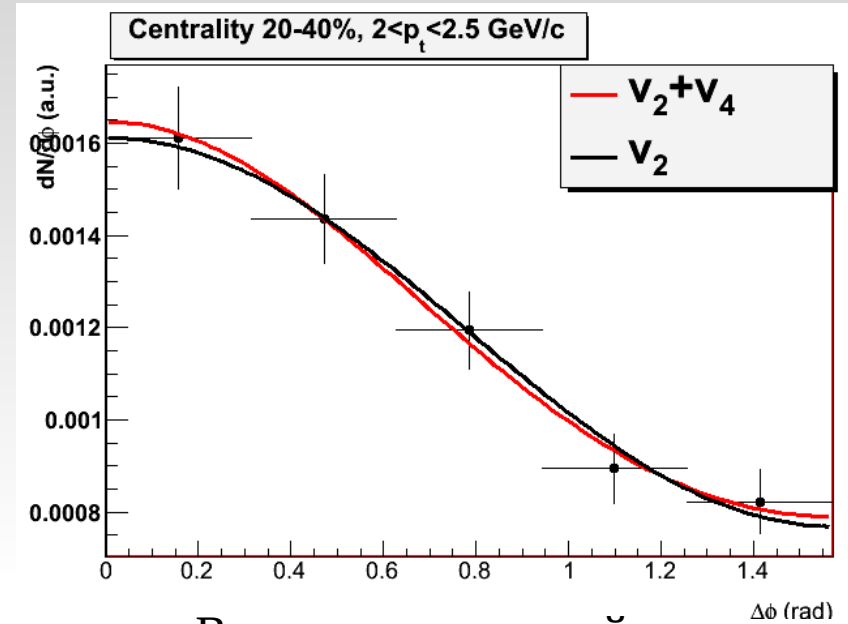
# Анализ данных: Экспериментальные данные

- Данные с сеанса PbPb столкновений (ноябрь-декабрь 2010 года),
- Проверялось качество данных по наблюдаемым: измеренная масса  $\pi$ -мезона в каждом ране, среднее количество  $\pi$ -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)

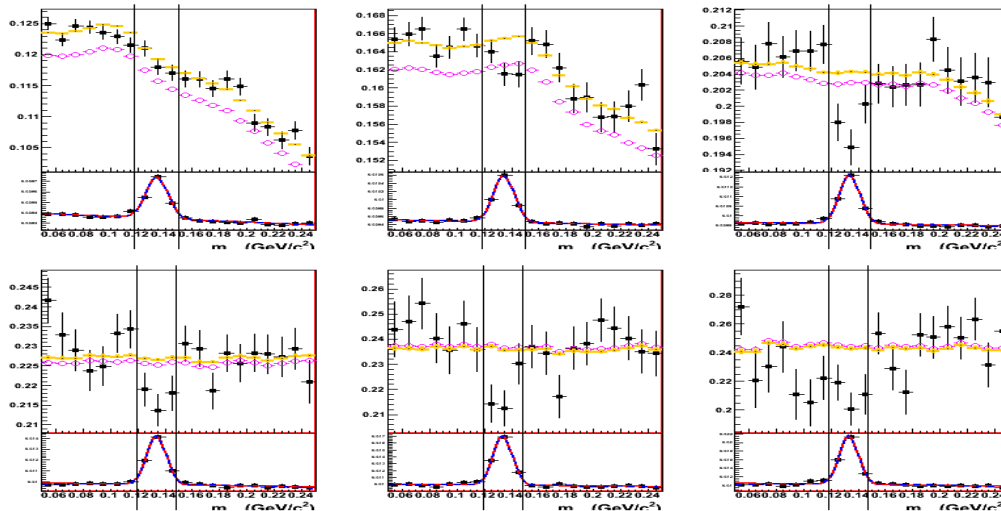


# Анализ данных: метод инв. масс

- Для извлечения  $v_2$  нейтральных  $\pi$ -мезонов требуется разделить поток от  $\pi$ -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  $\pi^0$ -пика.
- $v_{2,\pi^0} = v_{2,Re} * (S+Bg)/S - v_{2,Bg} * Bg/S$



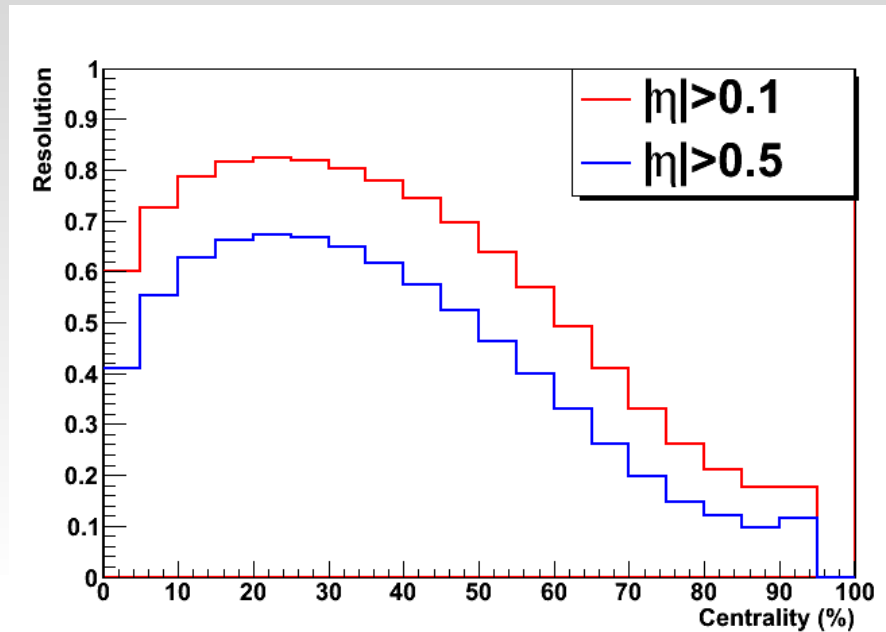
Вид корреляционной функции и её аппроксимация



Зависимость  $v_2$  от инвариантной массы пары фотонов

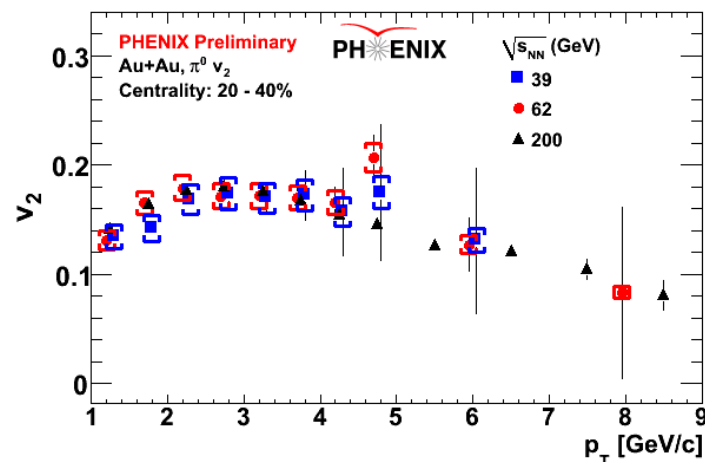
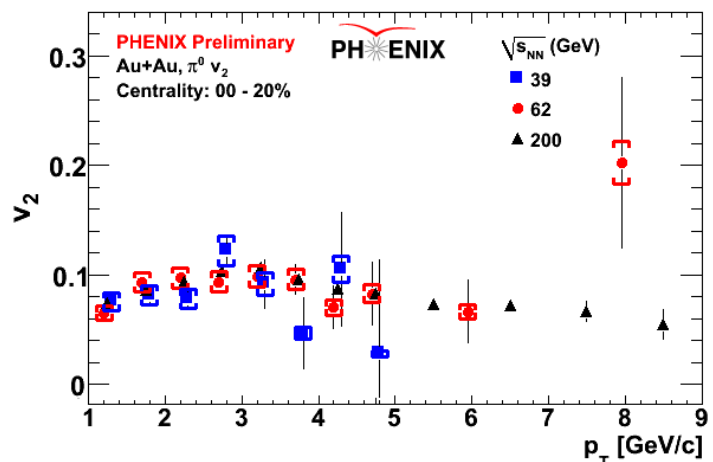
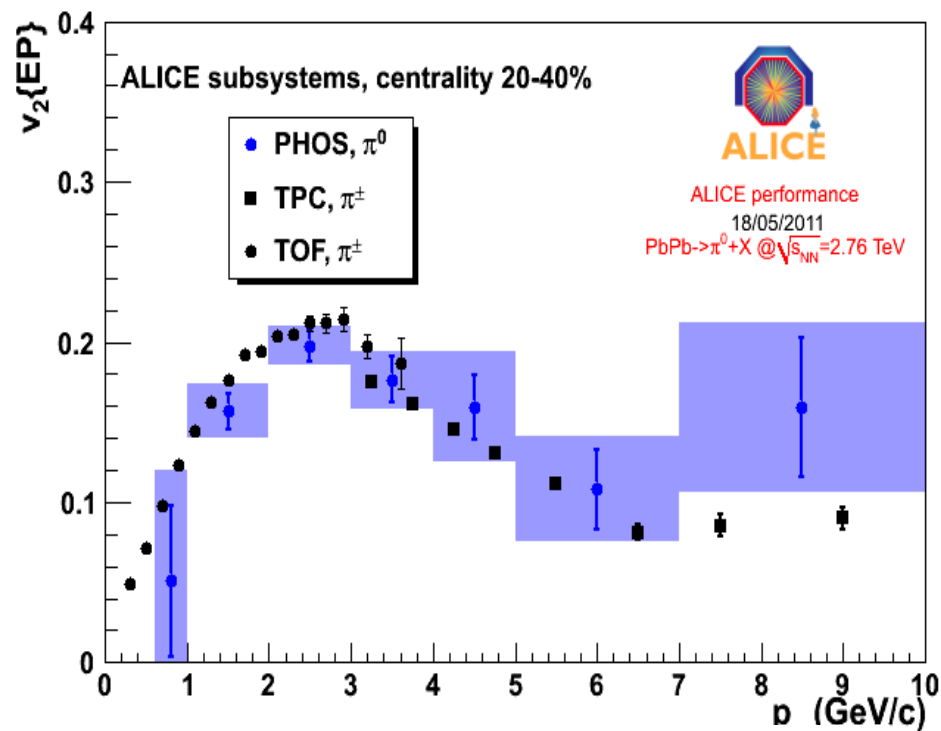
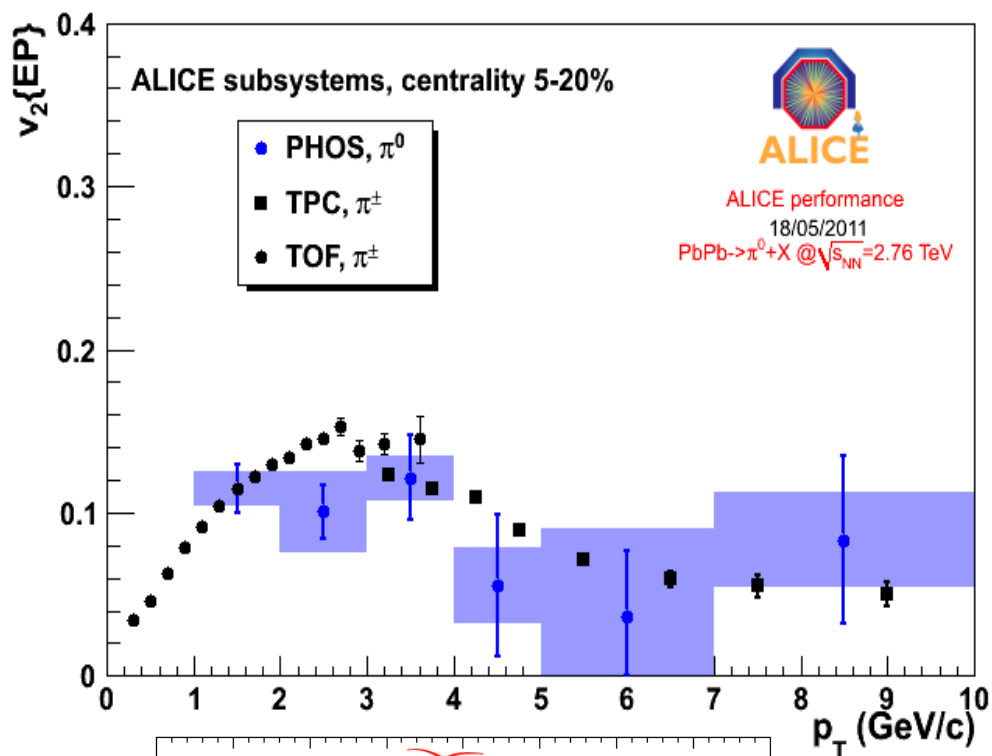
# Анализ данных: разрешение ПР

- 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  $\pi$ -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  $\pi$ -мезонов, полученными в эксперименте ALICE.
- В сравнении с дифференциальным эллиптическим потоком нейтральных  $\pi$ -мезонов, измеренных на RHIC при энергиях 39, 62 и 200 GeV наши результаты дают сравнимый по величине (чуть больший) коэффициент  $v_2$ .