

Флуктуации эллиптического потока в столкновениях тяжелых ионов

Назарова Е.Н.

**Студентка физического факультета МГУ им. Ломоносова,
Отдел exper. физики высоких энергий,
Лаборатория адронных взаимодействий**

н.р. проф. В.Л. Коротких

10 апреля 2013

Расширение после ультрарелятивистского столкновения тяжелых ионов

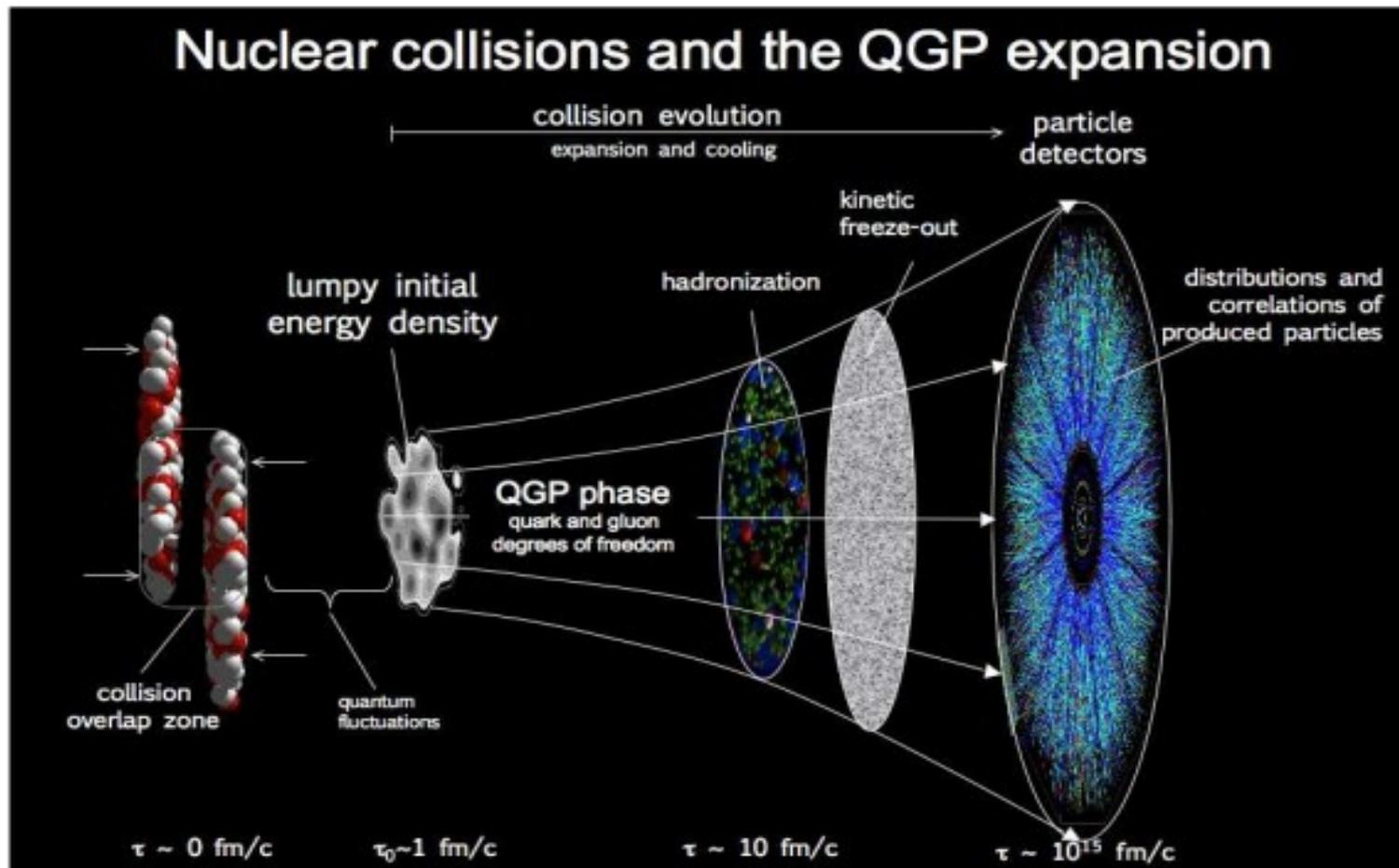
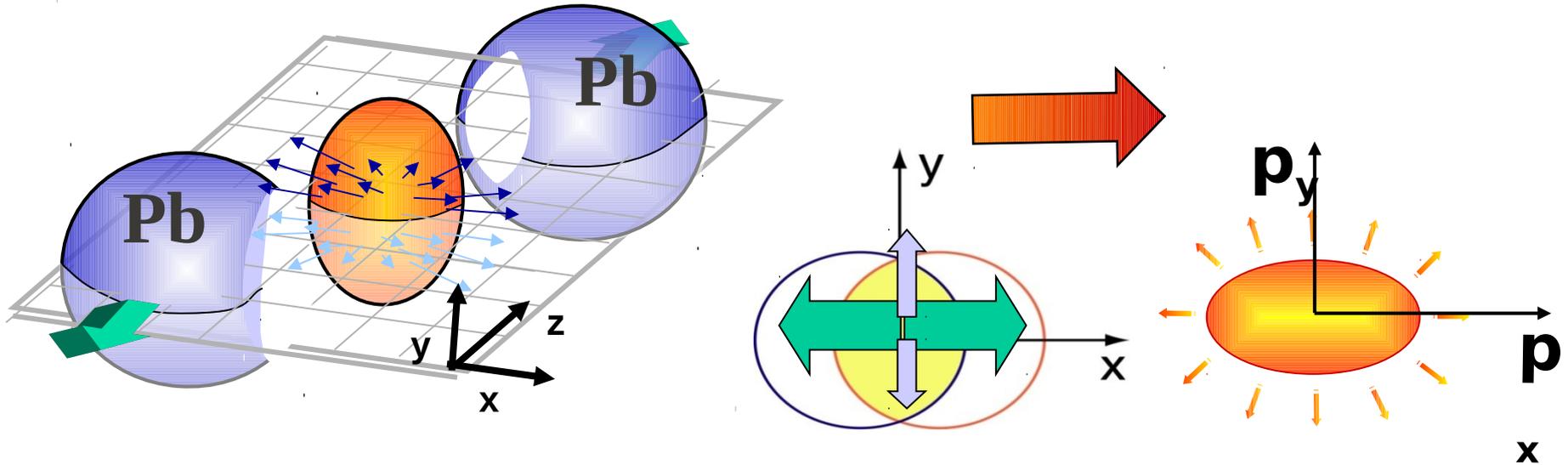


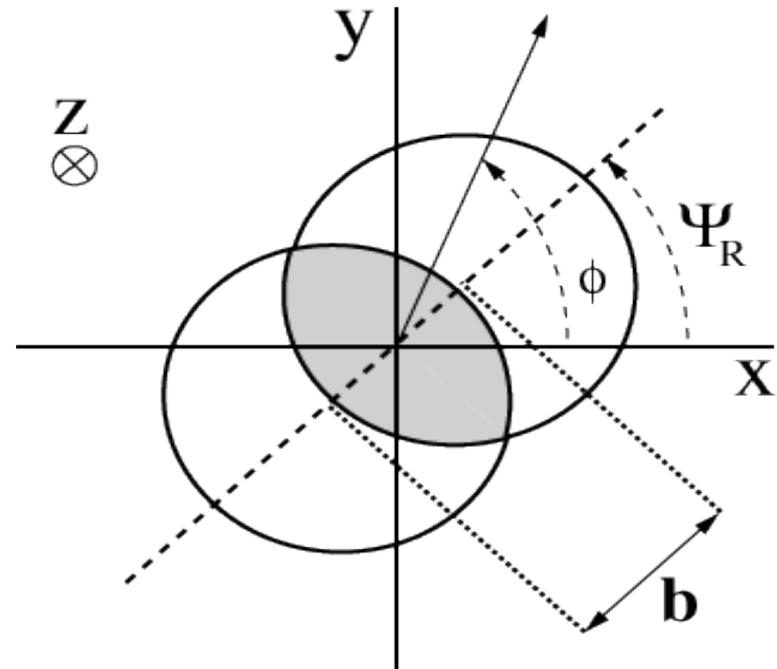
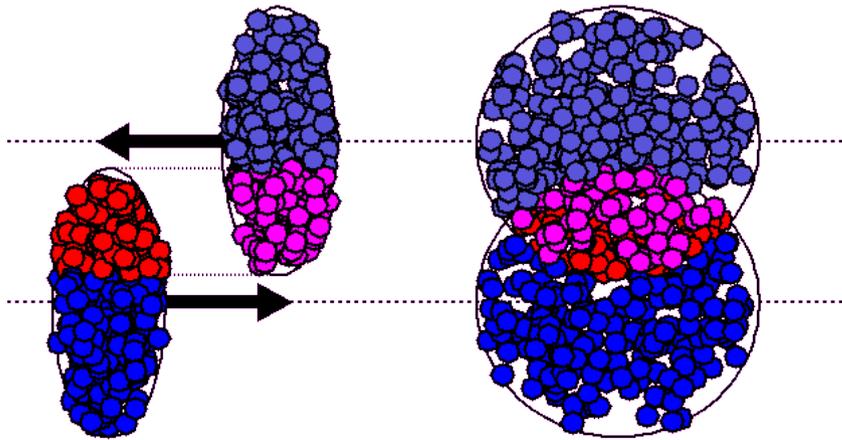
Рис.1. Возможные стадии столкновения: начальная плотность энергии, расположенная при средней скорости — расширение кварк-глюонной плазмы — фаза адронизации — фаза кинетического вымораживания — наблюдение траекторий частиц в детекторе.

Нецентральные АА-столкновения.



Рассматривается следующая задача: сталкиваются два тяжелых иона (в LHC PbPb), при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$. Пространственная анизотропия плотности рожденной «сгустка» материи в не центральных А+А столкновениях приводит к анизотропии в импульсном распределении рожденных частиц (коллективному потоку).

Анизотропный поперечный поток



Плоскость реакции -плоскость, проходящая через ось пучка и вектор прицельного параметра.

Выполняется Фурье разложение дифференциального инвариантного распределения частиц в импульсном пространстве относительно плоскости реакции.

(члены, содержащие \sin в разложении будут отсутствовать благодаря симметрии относительно плоскости реакции из-за сохранения четности)

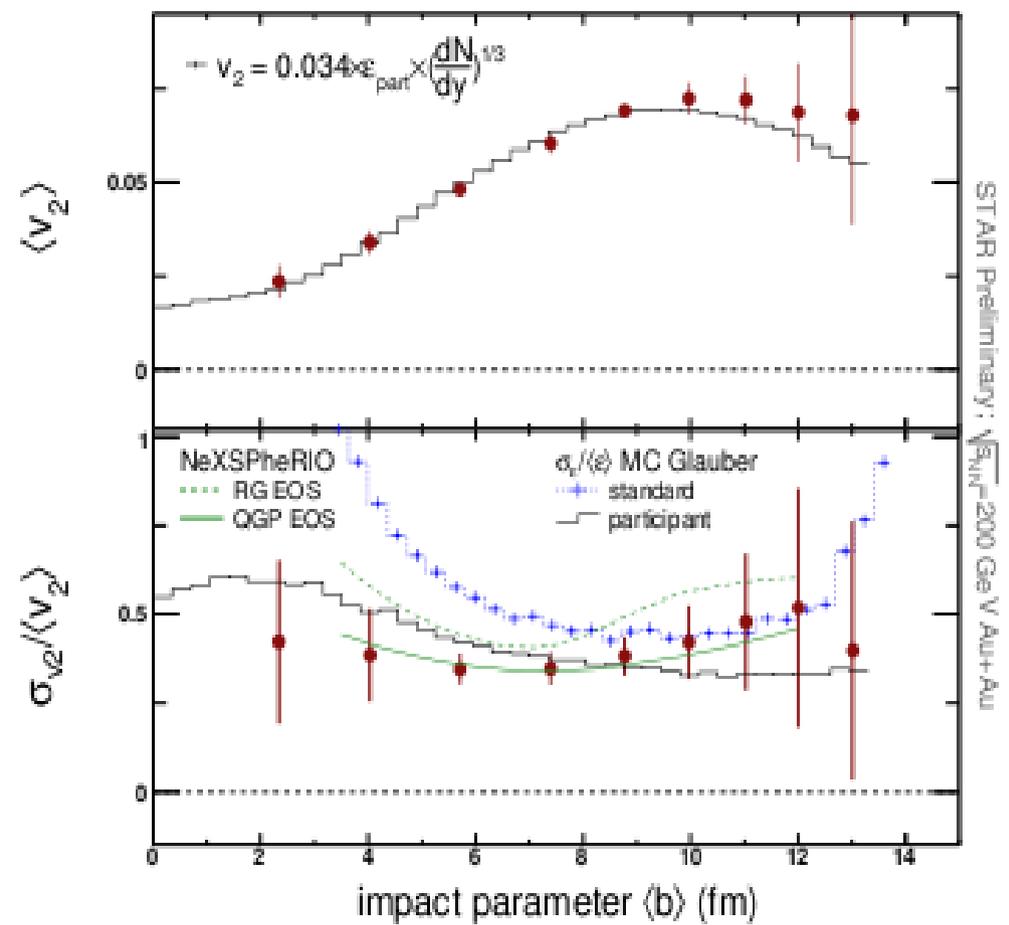
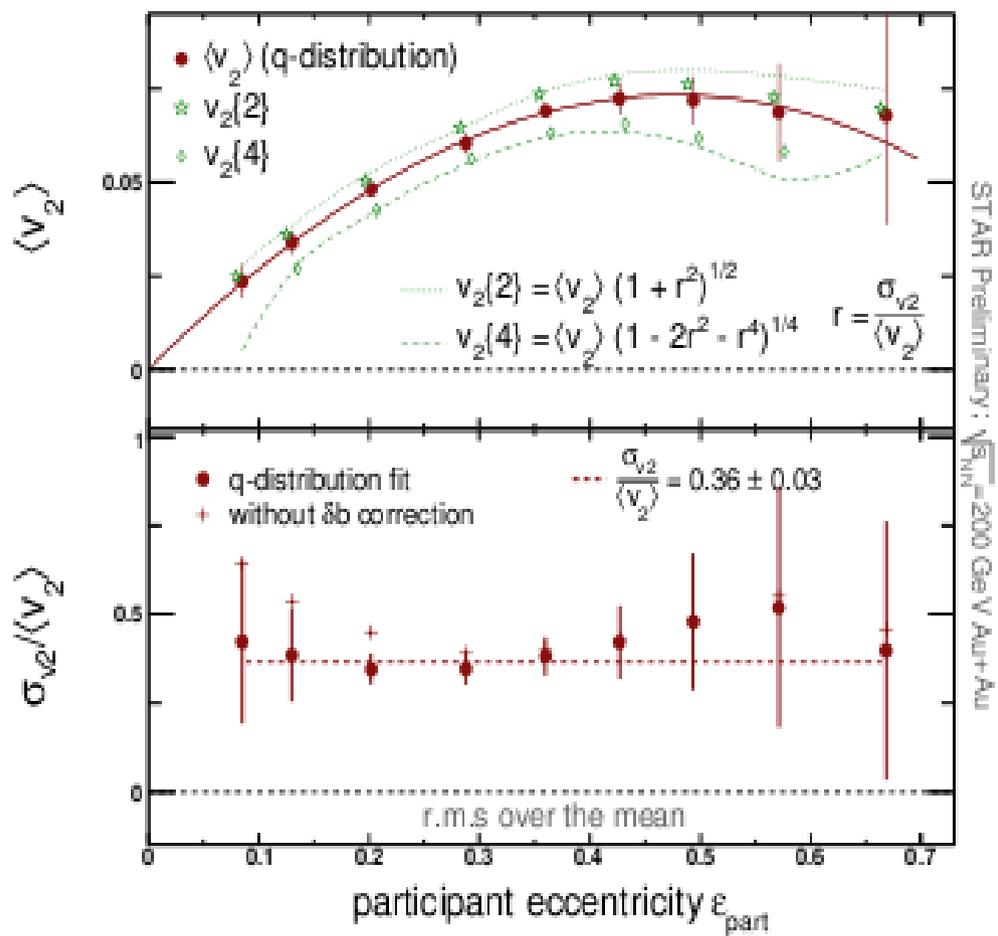
$$E \frac{d^3 N}{d^3 p} = \frac{1}{2\pi} \frac{d^2 N}{p_t dp_t dy} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} 2 v_n \cos(n(\phi - \Psi_r)) \right\} \quad v_n = \langle \cos(n(\phi - \Psi_r)) \rangle$$

$$v_n = f_n(\sqrt{s_{NN}}, N_{part}, A, B, \eta, M, p_T)$$

Флуктуации

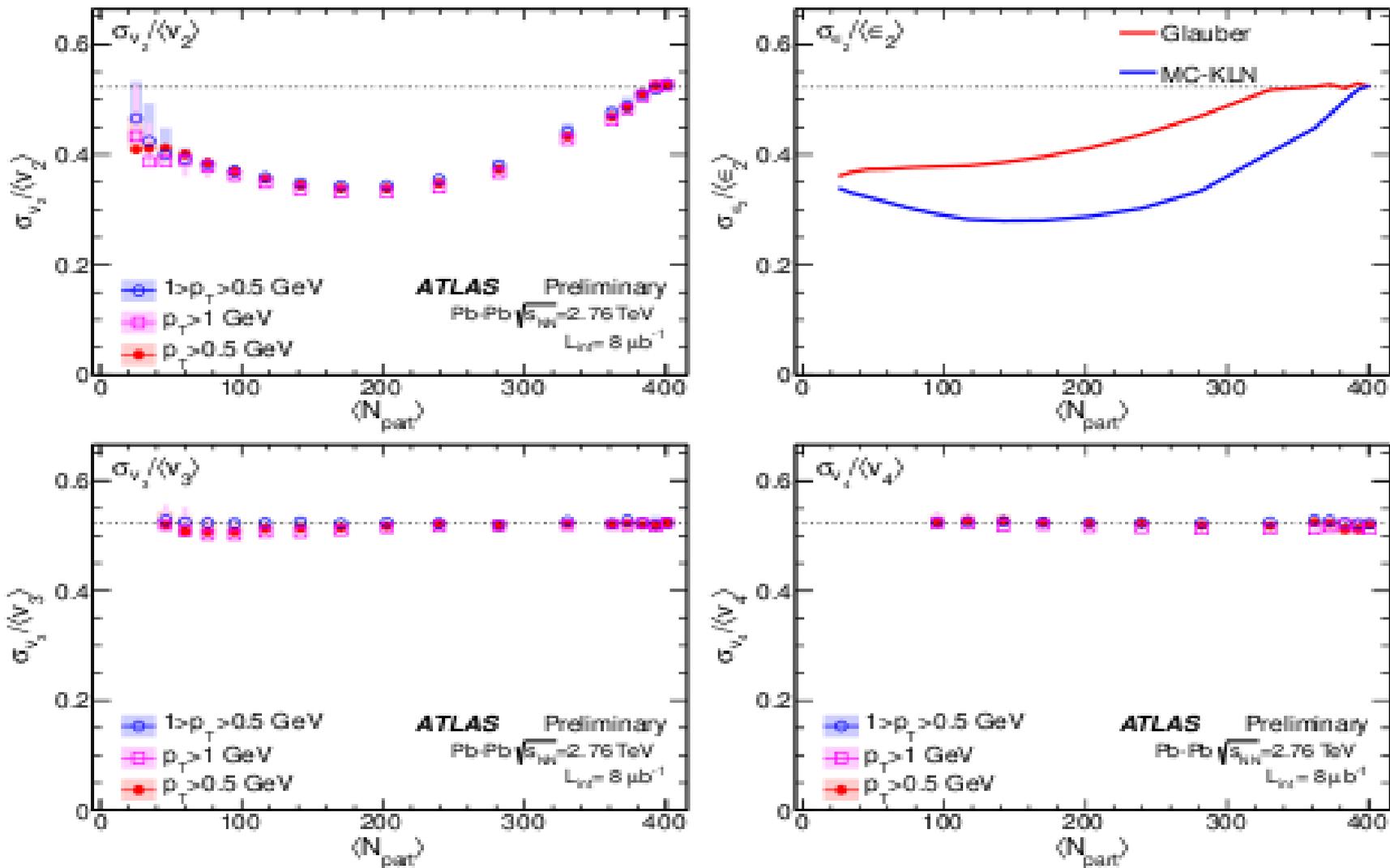
--Потоковые эффекты являются важной частью изучения анизотропного потока. Считается, что потоковые флуктуации по большей части определяются флуктуациями начальной геометрии системы, создаваемой при столкновении.

--Важное следствие: анизотропный поток образуется относительно так называемой плоскости нуклонов-участников (PP — participant plane), а не плоскости реакции (EP — event plane), определяемой направлением прицельного параметра.



Paul Sorenson, J.Phys. G34 (2007) S897

Рис. 2. Результаты RHIC (STAR). AuAu, $\sqrt{s_{NN}} = 200 \text{ GeV}$. $\langle v_2 \rangle$ в зависимости от ξ_n и прицельного параметра b . Флуктуации измерялись методом q -вектора. Выводы: измерения зависят от того, какую систему мы используем: EP или PP; v_2 не пропорционально ξ_n (не сходится с гидродинамикой); правая верхняя картинка показывает, что зависимость $\langle v_2 \rangle$ от b сравнима с феноменологической моделью, где $v_2 = (0.034) \xi_{part} (dN/dy)^{1/3}$



Jiangyong Jia, arXiv:1209.4232 [nucl-ex]

Рис. 2. Результаты ATLAS (LHC), $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV. Зависимость $\sigma_{(v_n)}/\langle v_n \rangle$ от N_{part} в трех областях по p_T для $n=2$ (верхняя левая), $n=3$ (нижняя левая) и $n=4$ (нижняя правая). Пунктир обозначает $\sqrt{4/\pi}-1 \approx 0.523$, ожидаемое для Гауссовских флуктуаций. Правая верхняя картинка показывает $\sigma_{(\xi_2)}/\langle \xi_2 \rangle$ для модели Глаубера и MC-KLN

Мотивация

--Таким образом, изучение коллективных потоков представляет собой важную задачу, поскольку в случае, если их величина окажется значительна, это будет означать, что их нужно учитывать при изучении свойств кварк-глюонной плазмы.

--STAR (RHIC) и ATLAS (LHC) уже имеют результаты по вычислению флуктуаций. Представляется интересным получить аналогичные результаты в рамках CMS-эксперимента на LHC.

--Для того, чтобы измерить реальные флуктуации, нужно понять, каким образом изменится вид распределений v_n , а для этого необходимо исследовать флуктуации на примере генератора. (STEG- Simple Toy Event Generator)

Описание работы

--Взяв за основы простой генератор событий (STEG), в котором флуктуации не учитываются, рассматривается, что будет, если ввести их искусственно.

--Флуктуации учитывались следующим образом: к обычному распределению гармоник V2-V6 от рТ добавлялись Гауссовские флуктуации амплитуд гармоник V2-V6.

$$-- \quad v_n = \langle v_n \rangle \pm \sigma_n$$

$$-- \quad \sigma_n / \langle v_n \rangle = 0.5$$

--Вычисление гармоник анизотропии производилось методом многочастичных корреляций (кумулянтов)

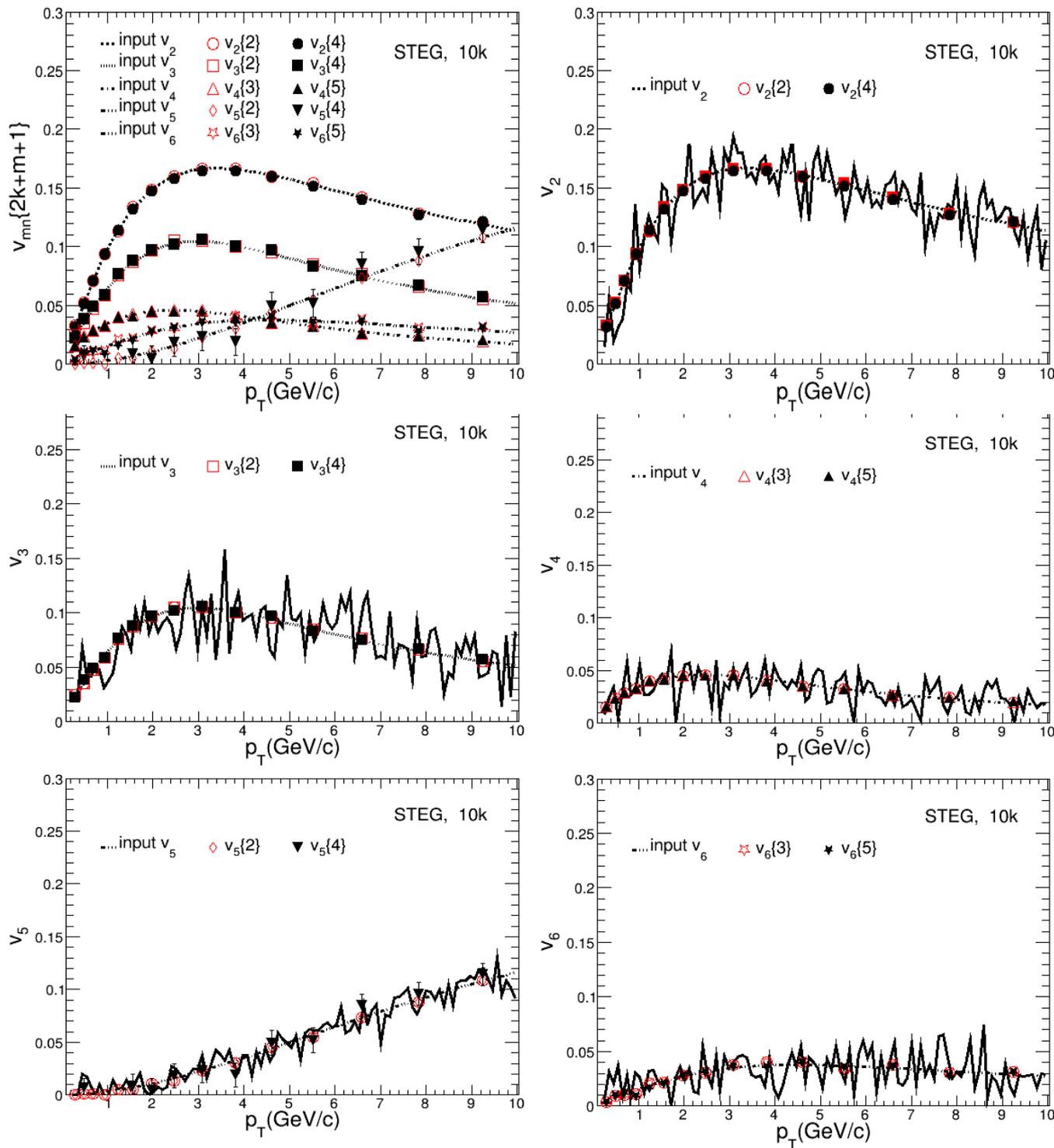


Рис. 4. Зависимость от p_T распределений v_n , заданных в STEG (пунктирные кривые), распределений с «флуктуациями» (сплошные кривые), а также кумулянты $v_n\{2\}$ и $v_n\{4\}$, полученные из распределений без «флуктуаций.» Левая верхняя картинка показывает распределения без флуктуаций, но с результатом анализа кумулянтами

Выводы

1. Проведено исследование флуктуаций интенсивности гармоник V_n на примере простого генератора событий для столкновений ядер при релятивистских энергиях при заданном распределении гармоник по p_T .

2. Без включения флуктуаций распределения $v_n(p_T) = V_{n0} f(p_T)$ извлекаются (реконструируются) с высокой точностью методом кумулянтов по многочастичным корреляциям.

3. Учёт флуктуаций амплитуды гармоник хаотически разбрасывает распределения $v_n(p_T)$ приблизительно равномерно при всех p_T .

Планы

- Повторить результаты ATLAS(LHC) и STAR(RHIC)
- Получить результаты в рамках CMS-эксперимента на LHC

Спасибо за внимание!

Запасные слайды

STEG (Simple Toy Event Generator of Flow and Jets)

- Генератор событий с определенным значением параметра эллиптического потока $v_n(p_T)$ для изучения и проверки методов исследования.
- Генератор использует данные распределения dN/dp_T , $dN/d\eta$, dN/dM , $dN/d\phi$, которые могут зависеть от p_T . В каждом событии все частицы распределены в соответствии с этими распределениями.
- Угол плоскости реакции Ψ_R задается случайным образом.

В генераторе используются следующие распределения:

--по p_t :

$$dN/dp_T \sim e^{-\frac{p_T}{p_0}} + \alpha e^{-\frac{p_T}{p_1}}$$

--по η :

$$dN/d\eta \sim \left(e^{-\frac{((\eta - \eta_0)^2)}{\sigma_0^2}} + e^{-\frac{((\eta + \eta_0)^2)}{\sigma_0^2}} \right)$$

--азимутальное распределение по ϕ :

$$dN/d\phi(p_T) \sim \left(1 + 2 \sum_{n=2}^6 v_n(p_T) \cos(n(\phi - \Psi_R)) \right)$$

--по множественности M :

$$dN/dM \sim e^{-\frac{((M - M_0)^2)}{\sigma^2}}$$

--зависимость $v_n(p_t)$:

$$v_n(p_T) = \frac{(p_T/\lambda)^m}{1 + (p_T/\lambda)^m} \left(a + \frac{1}{p_T^k} \right)$$



CMS Experiment

