

МГУ им. М. В. Ломоносова
Физический факультет
Кафедра физики атомного ядра и квантовой теории столкновений

Азимутальная анизотропия частиц в $Pb+Pb$ и $p+Pb$ столкновениях на ЛНС

Головин Д. В.

Научный руководитель: д. ф.-м. н. профессор Л. В. Коротких

23 декабря 2014 г.

Мотивация работы

1) Азимутальные корреляции – один из инструментов исследования КГП в столкновениях тяжёлых ионов. В работах по Pb+Pb, p+Pb и p+p столкновениях используются различные модели и генераторы событий, такие как HIJING, HYDJET, AMPT, EPOS, UrQMD и др.

2) Модель AMPT основана на партонных взаимодействиях и гипотезе партонного и адронного каскада.

3) Преимуществом AMPT является возможность исследовать как Pb+Pb, так и p+Pb соударения и эволюцию сталкивающейся системы, что не предусмотрено, например, в HYDJET.

4) Её параметры уже подогнаны авторами модели для энергий LHC для столкновений тяжёлых ионов.

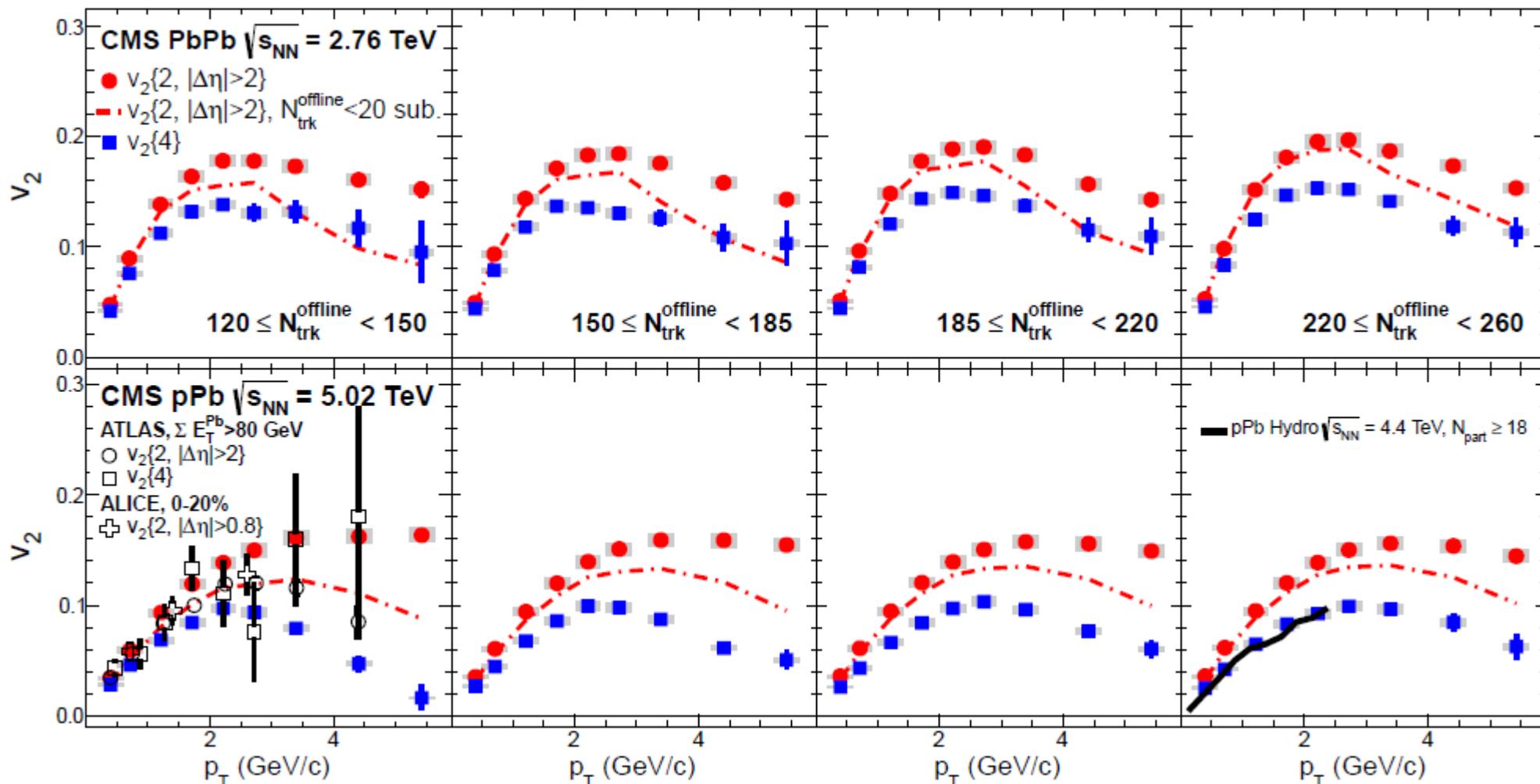
В CMS коллаборации AMPT сейчас используется для генерации MC событий наряду с HYDJET для следующего сеанса измерений.

Цели работы

1. Цель настоящей работы – использование AMPT как один из инструментов в группе НИ ЛАВ ОЭФВЭ НИИЯФ МГУ
2. Получить и исследовать основные глобальные распределения в AMPT для Pb+Pb и p+Pb
3. Определить параметр второй азимутальных гармоники $v_2(p_T)$ для Pb+Pb соударений при энергиях LHC и сравнить с экспериментом CMS
4. Сравнить новые данные CMS (CMS Phys.Lett. B724 (2013) 213) о зависимости гармоники $v_2(p_T)$ от множественности частиц как в Pb+Pb, так и в p+Pb соударениях

Результаты CMS по измерению второй гармонике для PbPb и pPb в отдельных интервалах множественности заряженных частиц

CMS Phys.Lett. B724 (2013) 213



Форма зависимости от p_T и величина v_2 удивительно похожи и близки для Pb+Pb и p+Pb столкновений. Величина v_2 не сильно изменяется с ростом множественности

AMPT model

AMPT (A Multi-Phase Transport Model for Relativistic Heavy Ion Collisions)

Main article: A Multi-Phase Transport Model for Relativistic Heavy Ion Collisions, Phys.Rev.C72:064901, 2005
(Zi-Wei Lin, Che Ming Ko, Bao-An Li, Bin Zhang, Subrata Pal)

Link: <http://personal.ecu.edu/linz/ampt>

Structure of AMPT model with string melting

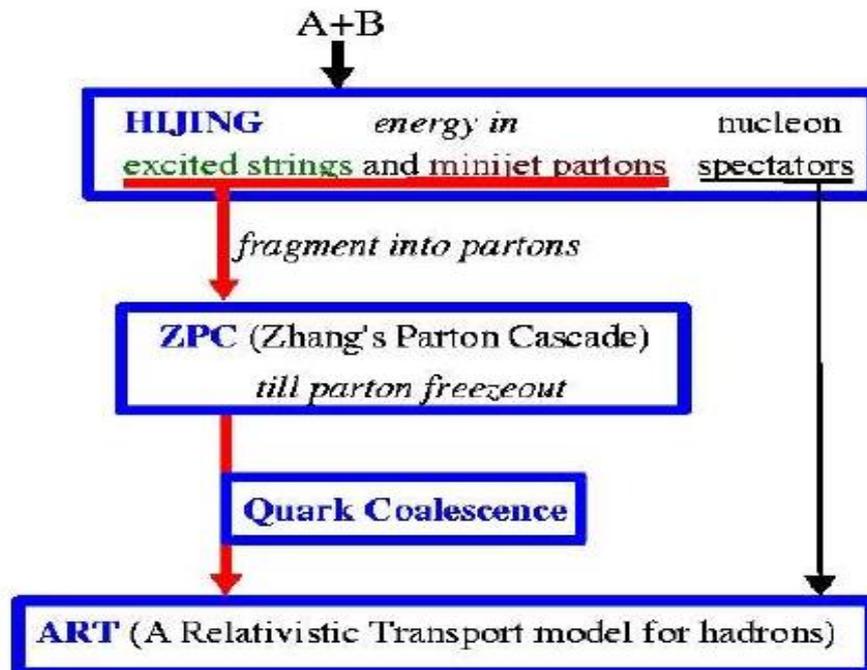
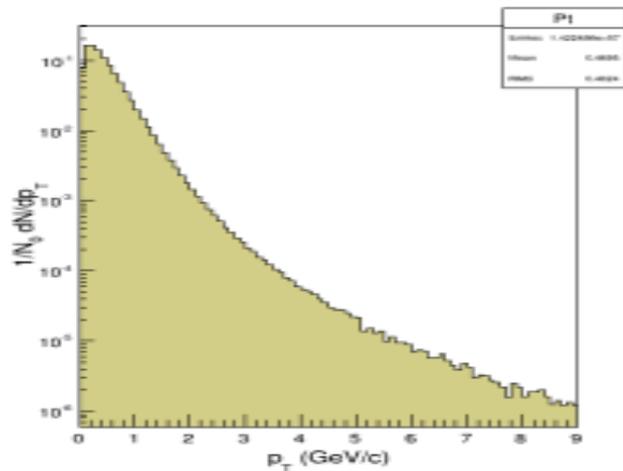


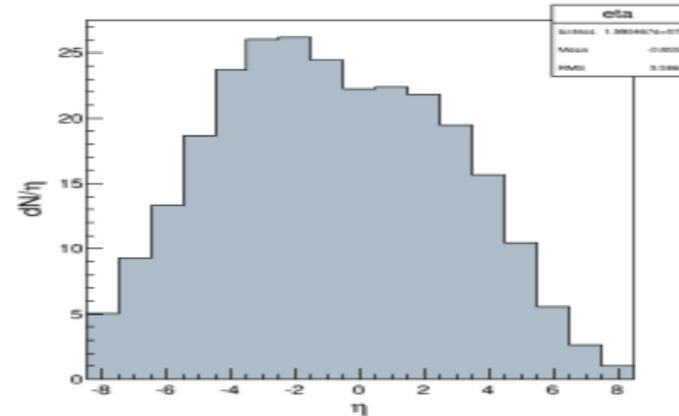
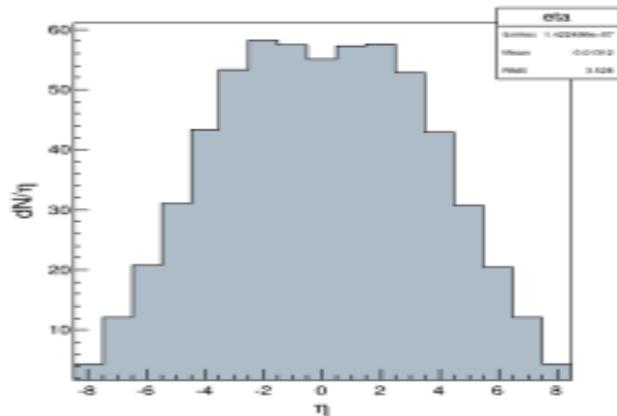
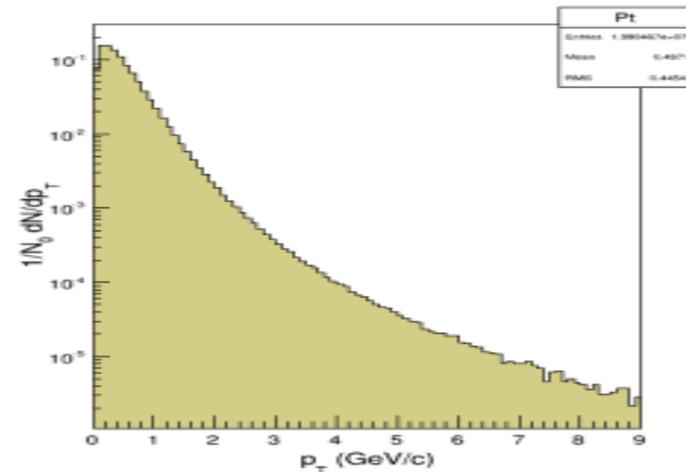
FIG. 2: (Color online) Illustration of the structure of the AMPT model with string melting.

Глобальные распределения

Pb+Pb, 2.76 TeV

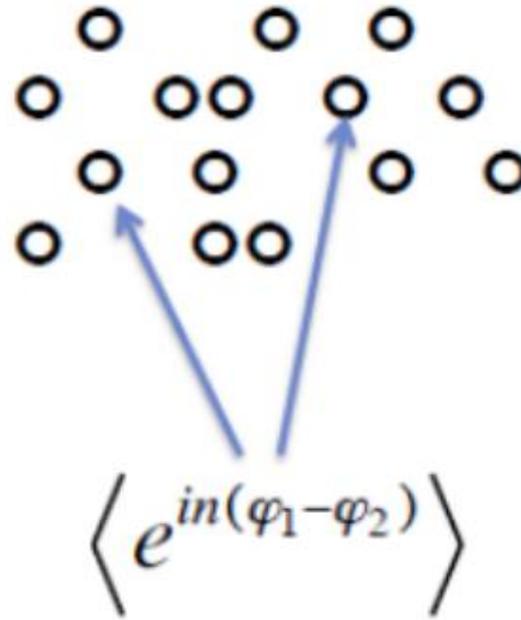


p+Pb, 5.02 TeV



Спектр dN_{ch}/dp_T и распределение $dN_{ch}/d\eta$ в расчетах по АМРТ для Pb+Pb (левый) и p+Pb (правый) с параметрами, подобранными для Pb+Pb, 2.76 ТэВ в ранее опубликованной работе Jun Xu and Che Ming Ko, Phys.Rev. C83 (2011) 034904

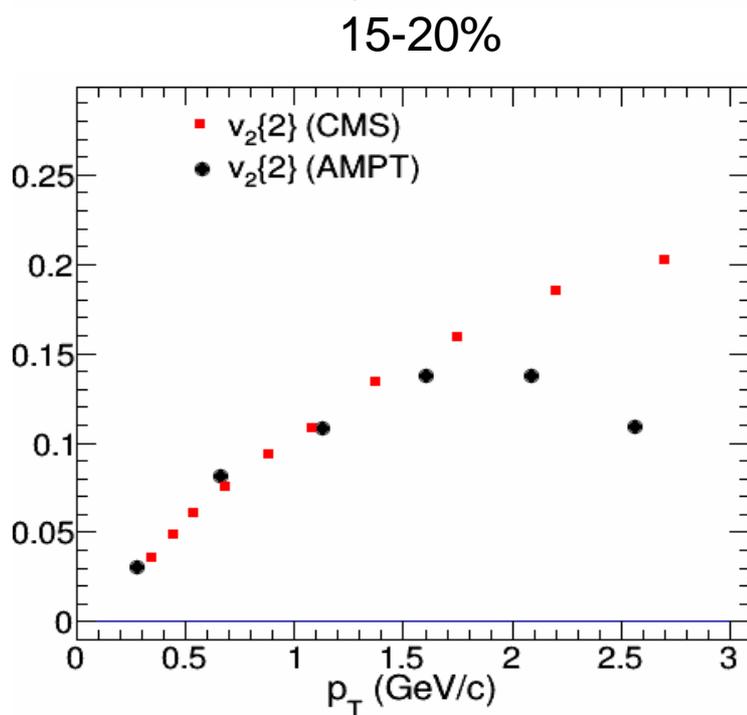
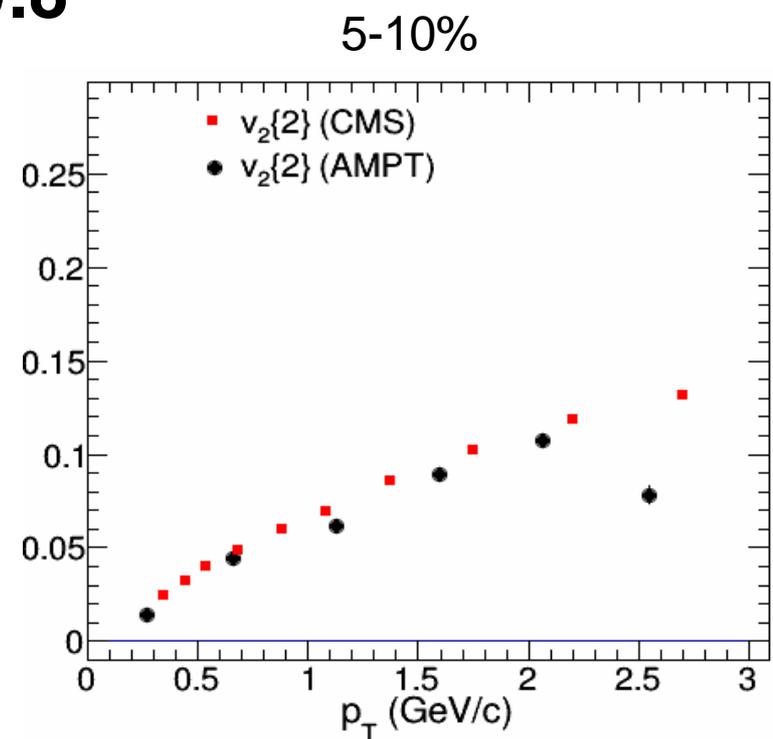
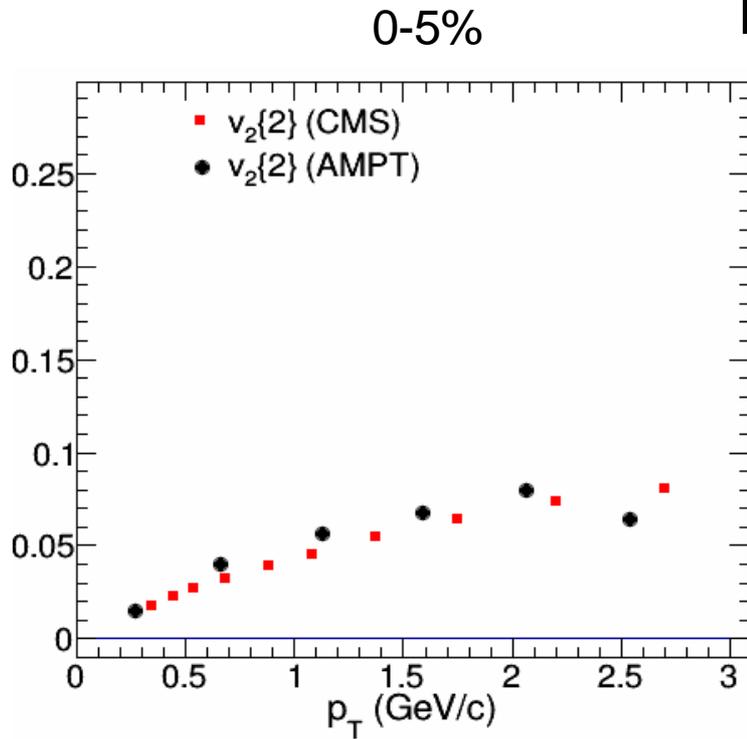
Q-cumulant method



$$Q_n \equiv \sum_{i=1}^M e^{in\phi_i}$$

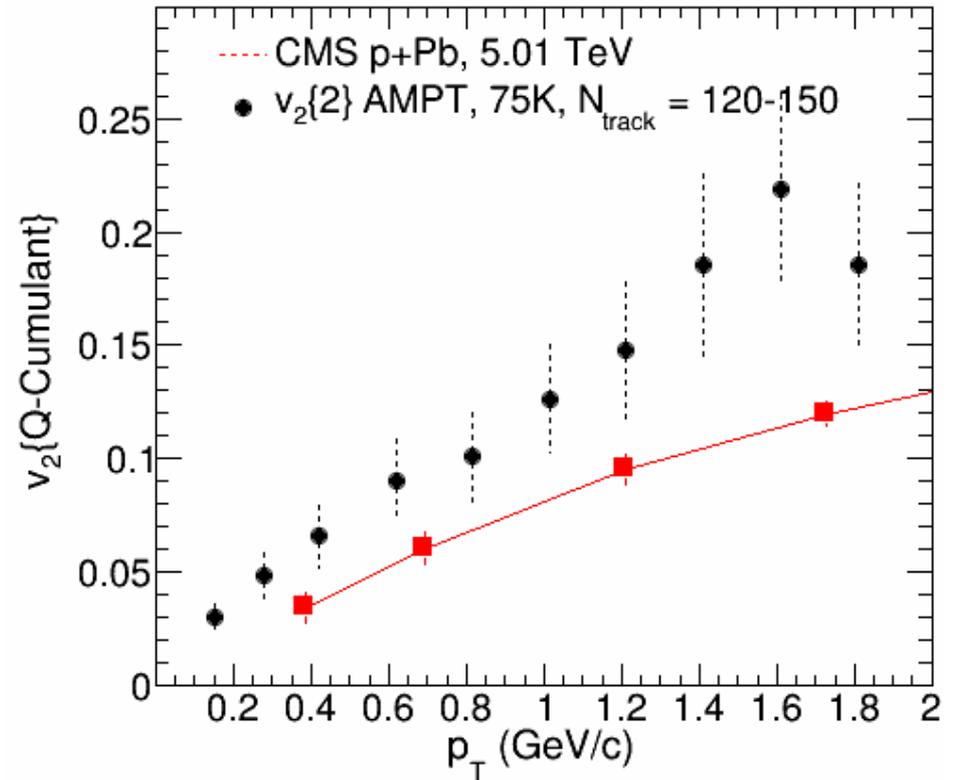
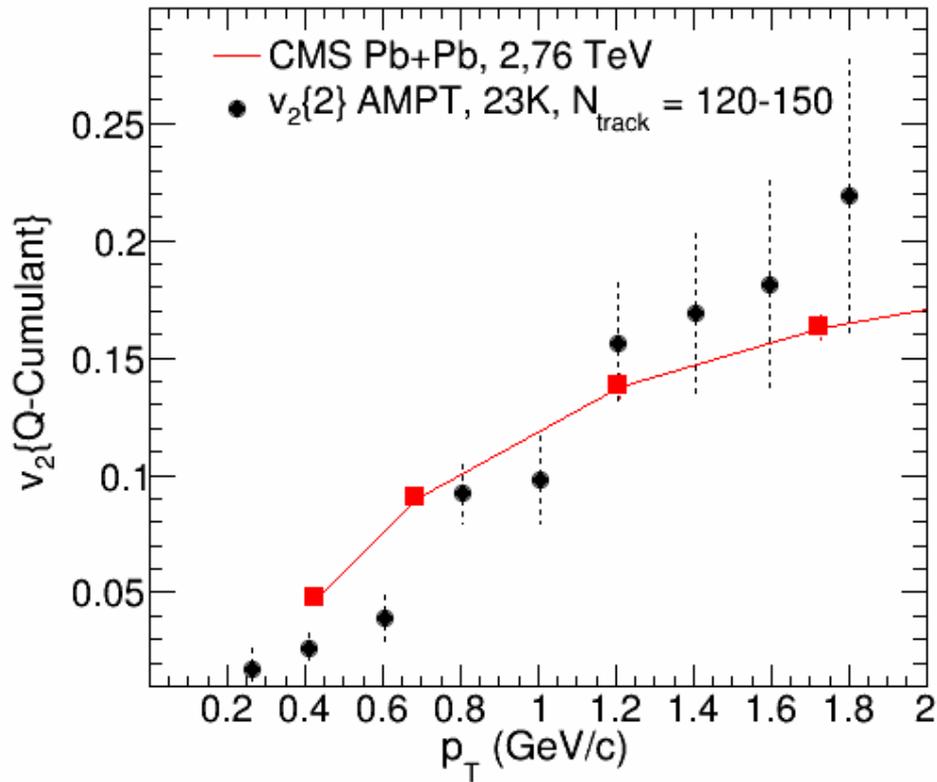
$$c_n\{2\} = \langle\langle 2 \rangle\rangle = \frac{\sum_{i=1}^N (|Q_n|_i^2 - M_i)}{\sum_{i=1}^N M_i(M_i - 1)}$$

Pb+Pb, 2.76 ТэВ, 4000 событий, $|\eta| < 0.8$



АМРТ с набранной
статистикой хорошо
описывает данные CMS
до 2,5 ГэВ/с

Второй кумулянт для второй гармоники в зависимости от p_T в узком интервале числа заряженных частиц



Модель AMPT с одними и теми же параметрами модели качественно описывает данные CMS для Pb+Pb и p+Pb. Дальнейшее улучшение описания требует увеличения статистики и, по-видимому, изменения физических параметров модели при описании столкновений разных систем.

Заключение

- 1) Освоен генератор событий АМРТ, моделирующий эволюцию процесса от столкновения взаимодействующих нуклонов ядер, включающую кварк-партонное взаимодействие и каскадный процесс партонов и адронов, до химического и кинематического замерзания
- 2) Модель АМРТ с одними и теми же параметрами модели качественно описывает данные CMS для Pb+Pb и p+Pb от множественности заряженных частиц. Дальнейшее улучшение описания требует увеличения статистики и, по-видимому, изменения параметров модели при описании столкновений разных систем.
- 3) Анализ данных CMS для $v_2(p_T)$ показывает, что второй кумулянт хорошо описывает данные до $p_T=2$ ГэВ/с в модели АМРТ. Для вычисления четвертого кумулянта необходимо увеличить статистику АМРТ.
- 4) Для сравнения экспериментальных данных в зависимости от множественности заряженных частиц впервые применен расчет второго кумулянта в Pb+Pb и p+Pb столкновениях при энергиях LHC.
- 5) Описание экспериментальных данных в PbPb и pPb столкновениях при энергиях LHC в рамках одной модели с партонными взаимодействиями свидетельствует об одинаковом механизме возникновения коллективного потока в соударениях как больших, так и малых нуклонных систем

Благодарности:

Научному руководителю, доктору ф.-м. наук
профессору В. Л. Коротких;

Рецензенту кандидату физико-математических наук
старшему научному сотруднику НИИЯФ МГУ С. В.
Петрушанко;

Коллективу ЛАВ ОЭФВЭ НИИЯФ МГУ за сделанные в
процессе работы полезные замечания.

Литература

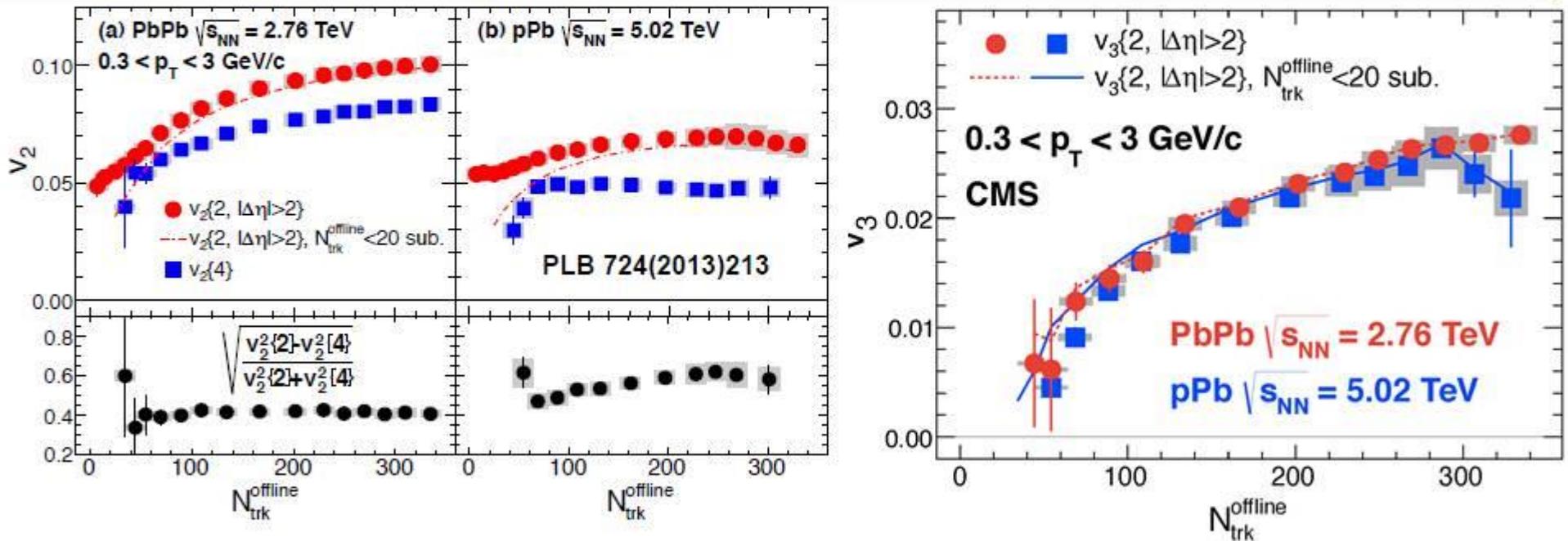
1. A Multi-Phase Transport Model for Relativistic Heavy Ion Collisions, Zi-Wei Lin, Che Ming Ko, Bao-An Li, Bin Zhang, Subrata Pal, Phys.Rev.C72: 064901, 2005, arXiv: nucl-th/0411110
2. Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV in a multiphase transport model, Jun Xu and Che Ming Ko, Phys.Rev.C83: 034904, 2011, arXiv: 1101.2231;
3. Higher-order anisotropic flows and dihadron correlations in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV in a multiphase transport model, Jun Xu and Che Ming Ko, Phys.Rev.C84: 044907, 2011, arXiv: 1108.0717;
4. Decomposition of flow and nonflow in relativistic heavy-ion collisions, Lingshan Xu, Li Yi, Daniel Kikola, Joshua Konzer, Fuqiang Wang, Wei Xie, Phys.Rev. C86 (2012) 024910, arXiv: 1204.2815;
5. Measurement of anisotropic radial flow in relativistic heavy ion collisions, Lin Li, Na Li, Yuanfang Wu, arXiv: 1210.1658
6. Elliptic and triangular flow in p+Pb and peripheral Pb+Pb collisions from parton scatterings, Adam Bzdak, Guo-Liang Ma, arXiv: 1406.2804;
7. Multiplicity and transverse-momentum dependence of two- and four-particle correlation pPb and PbPb collisions, Phys. Lett. B 724 (2013) 213, arXiv: 1305.0609

Запасные

V₂ и V₃ в pA и AA

Интригующие результаты pA и AA на LHC

Multiparticle correlations



Удивительное подобие и близость V₂ для PbPb и pPb
Совпадение результатов V₃ для PbPb и pPb

Q-cumulant method

$$Q_n \equiv \sum_{i=1}^M e^{in\phi_i}$$

$$c_n\{2\} = \langle\langle 2 \rangle\rangle = \frac{\sum_{i=1}^N (|Q_n|_i^2 - M_i)}{\sum_{i=1}^N M_i(M_i - 1)}$$

Here M_i is the number of reference particles in i -th event and N is total number of events.

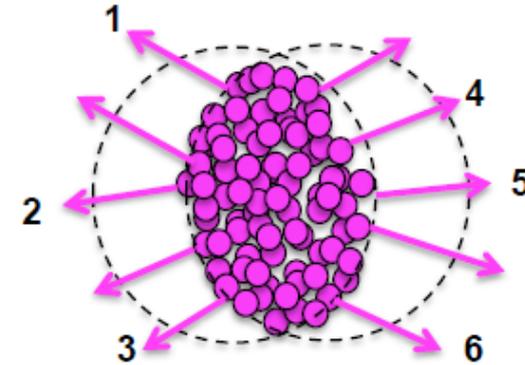
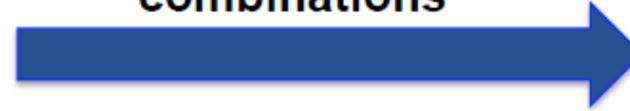
Multiparticle Cumulant

- 6-particle correlator, per event

$$\langle\langle 6 \rangle\rangle \equiv \left\langle e^{in(\phi_1+\phi_2+\phi_3-\phi_4-\phi_5-\phi_6)} \right\rangle$$

$$\equiv \frac{1}{P_{M,6}} \sum_{\substack{i \neq j \neq k \\ \neq l \neq m \neq n}}^M e^{in(\phi_i+\phi_j+\phi_k-\phi_l-\phi_m-\phi_n)}$$

Distinctive 6-particle combinations



- 6-particle cumulant, all events

$$c_n\{6\} = \langle\langle\langle 6 \rangle\rangle\rangle - 9 \cdot \langle\langle\langle 4 \rangle\rangle\rangle \langle\langle\langle 2 \rangle\rangle\rangle + 12 \cdot \langle\langle\langle 2 \rangle\rangle\rangle^3$$

- Q-Cumulant: decompose \rightarrow flow vector $Q_n \equiv \sum_{i=1}^M w_i e^{in\phi_i}$

- Cumulant $v_n \rightarrow$ $v_n\{4\} = \sqrt[4]{-c_n\{4\}}, v_n\{6\} = \sqrt[6]{\frac{1}{4}c_n\{6\}}, v_n\{8\} = \sqrt[8]{-\frac{1}{33}c_n\{8\}}$