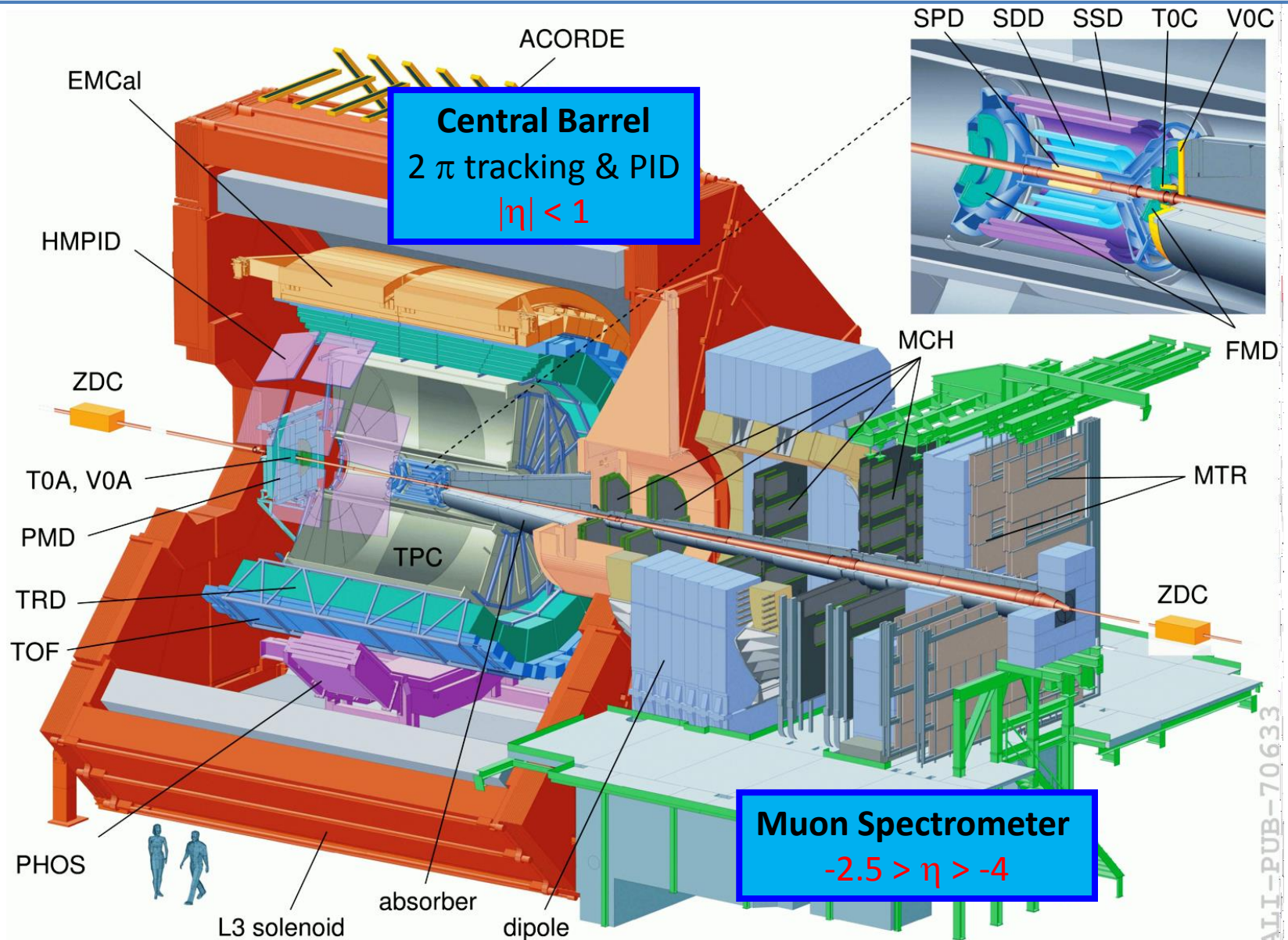


Обзор последних результатов эксперимента ALICE

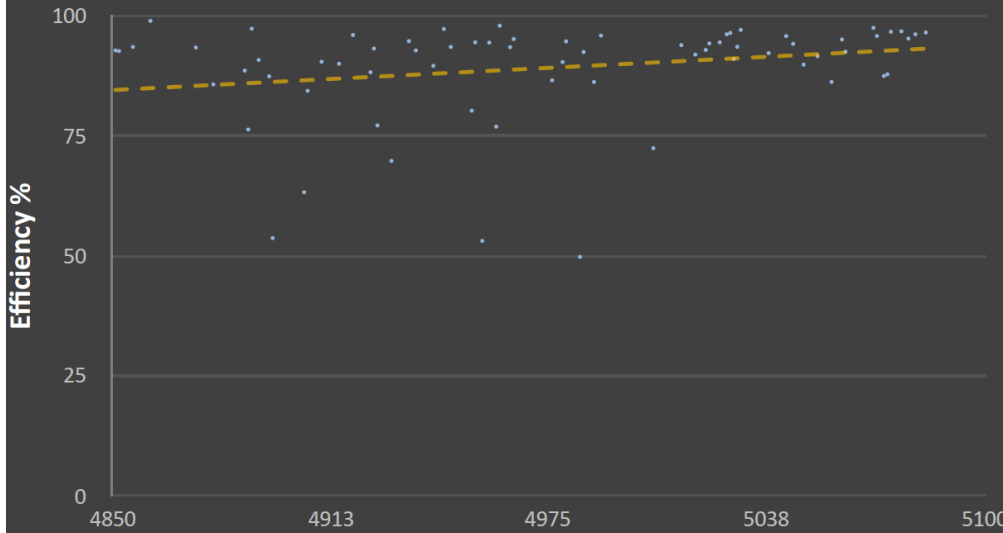
Е. Л. Крышень

Эксперимент ALICE



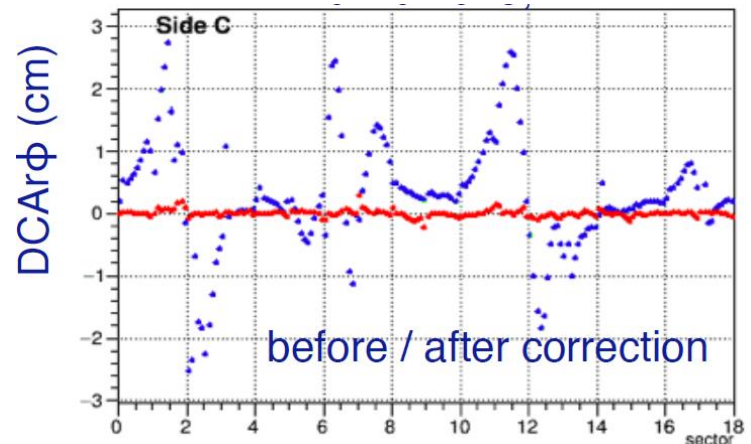
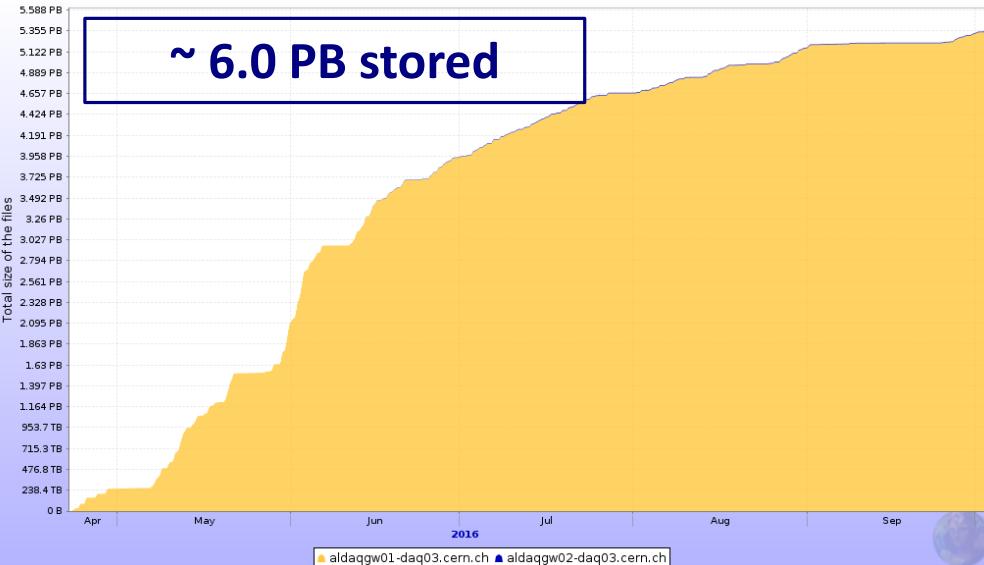
Набор данных в 2016 году

Recorded/Delivered

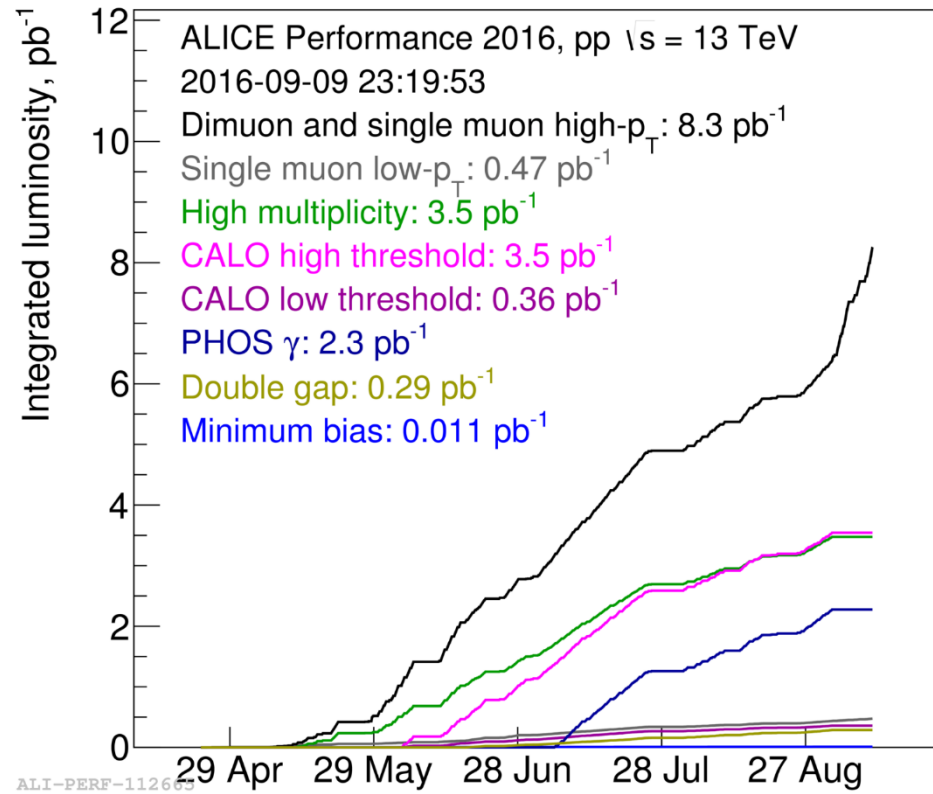
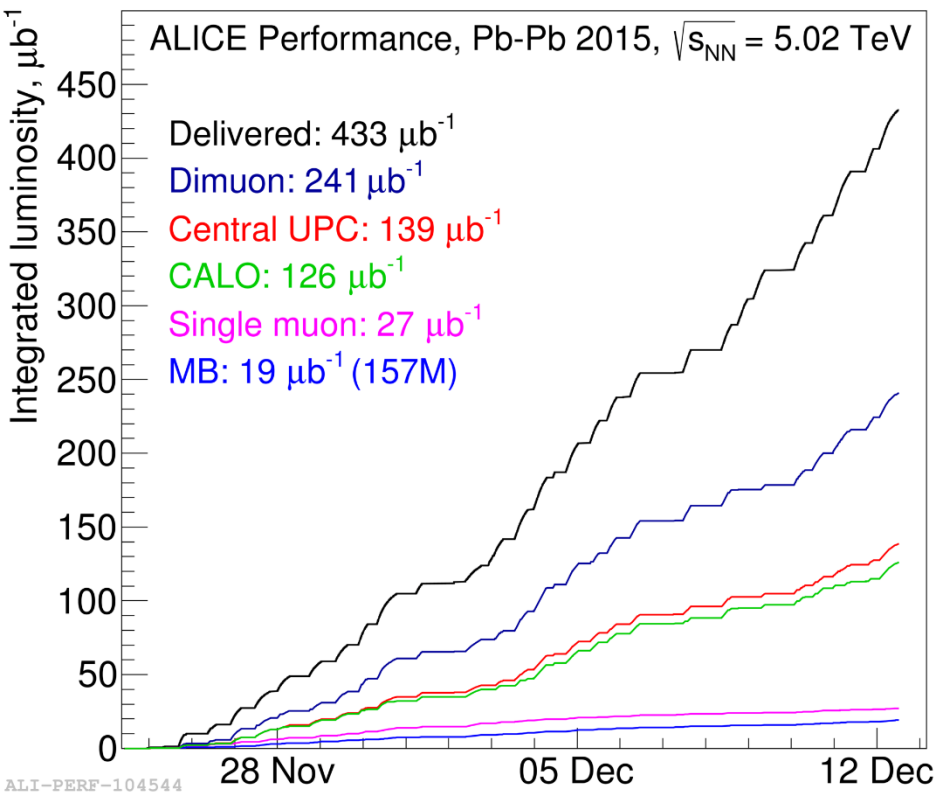


- Эффективность ALICE более 92%
- Прекрасная эффективность LHC: стабильный пучок более 60% времени
- Набор данных при пониженной светимости ($\sim 100\text{kHz}$):
 - меньше пайл-ап
 - меньший объем данных
 - лучше качество треков
- Основная проблема при реконструкции: пространственное размытие хитов в TPC

Total size of the files



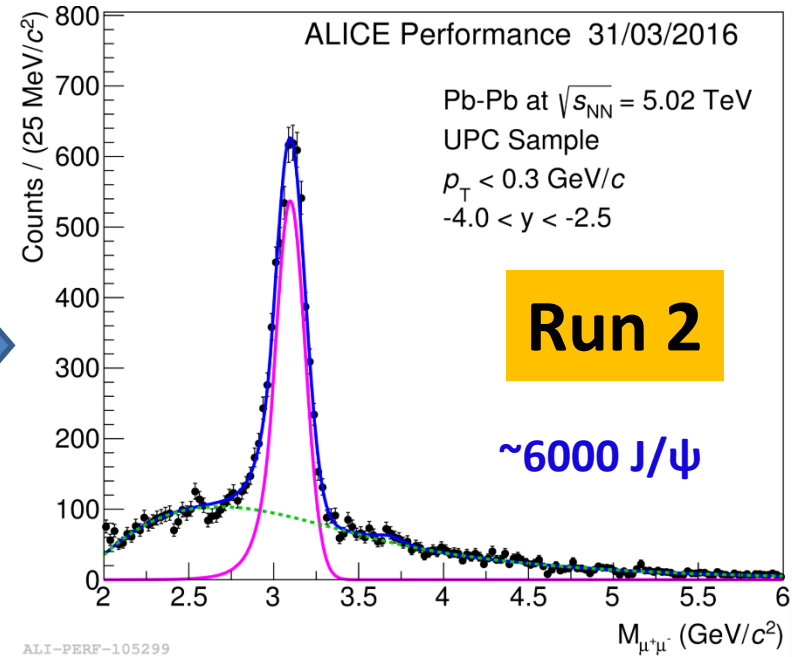
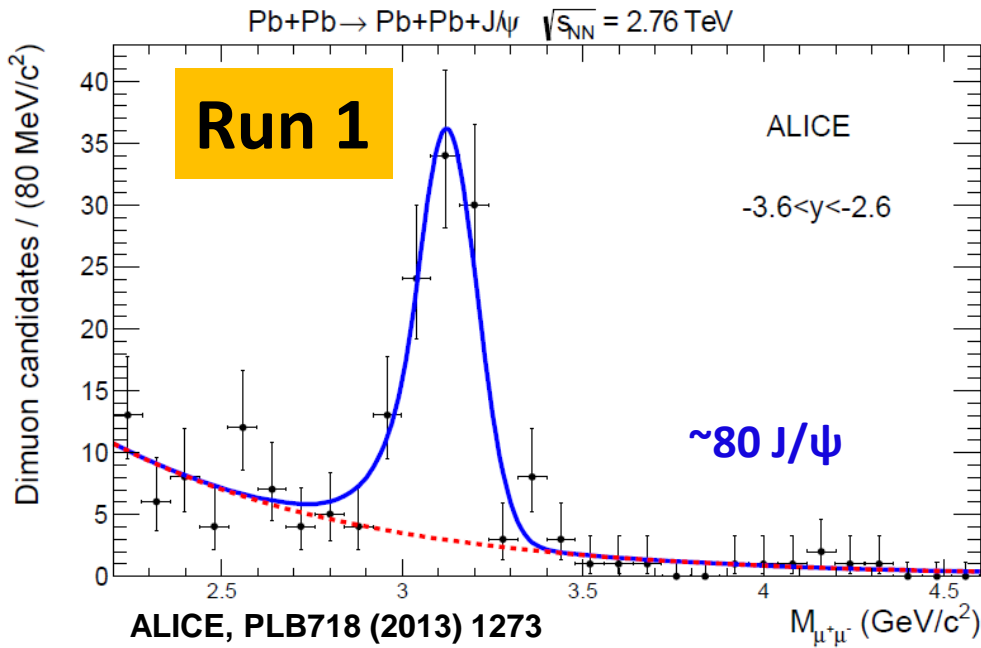
Набранная (и ожидаемая) статистика



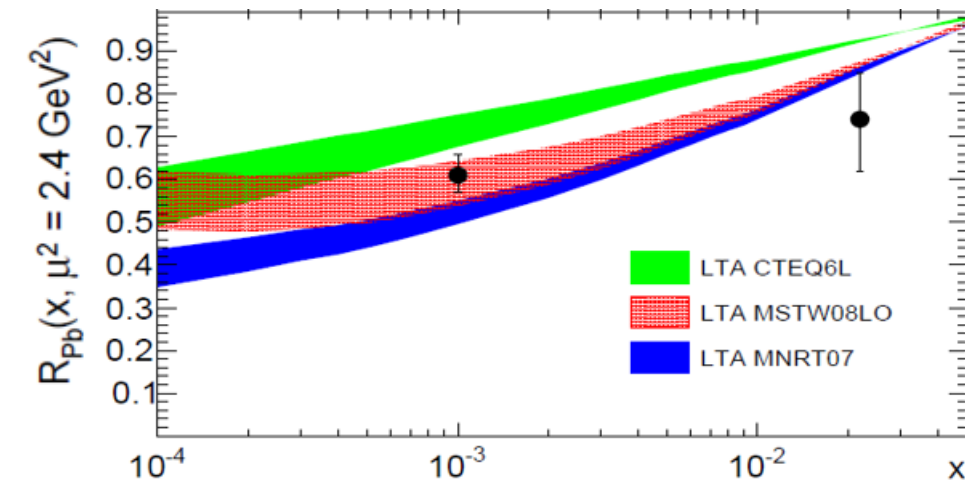
В ране 2 ожидается увеличение статистики в ~ 10 раз по сравнению с раном 1:

- pp: $\sim 4\text{G}$ минимум байас событий, интегральная светимость $\sim 30\text{-}50 \text{ pb}^{-1}$
- pPb: 1000M минимум байас событий (100M в 2013г)
- Pb-Pb: $\sim 400\text{M}$ минимум байас событий, интегральная светимость до 1 nb^{-1}

Ультрапериферические столкновения (UPC)



Статистика на два порядка больше, чем в ране 1.



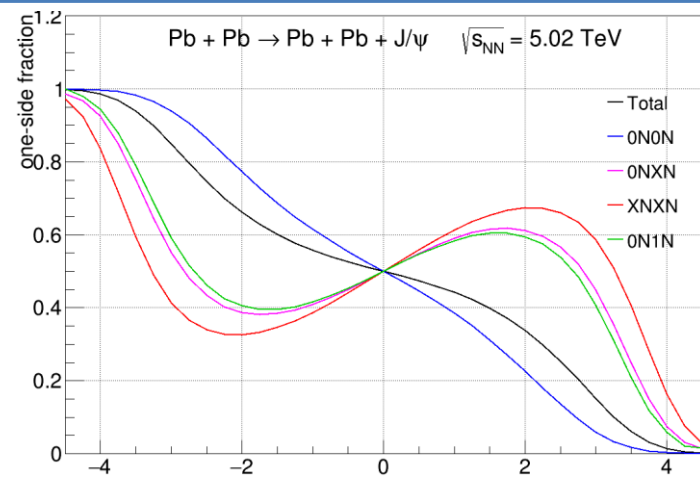
UPC с испусканием нейтронов

$$\frac{d\sigma_{UPC}}{dy} = n(\omega_1)\sigma_{\gamma T}(\omega_1) + n(\omega_2)\sigma_{\gamma T}(\omega_2)$$

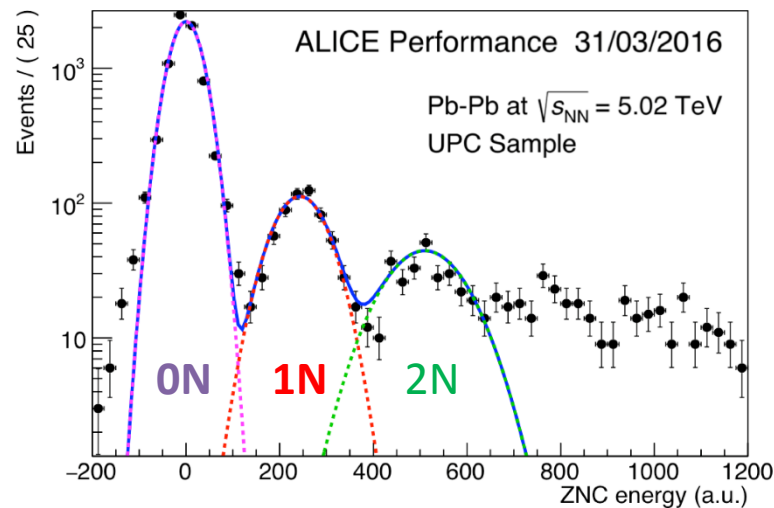
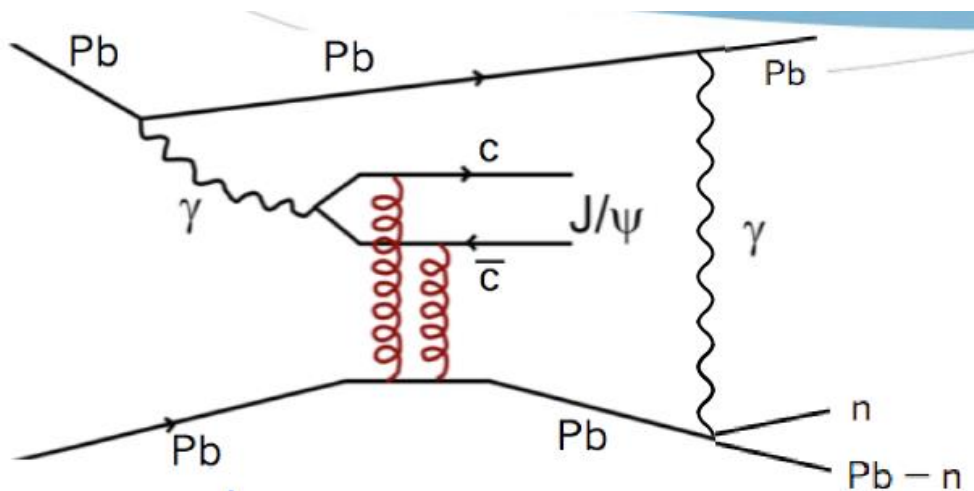
Low energy (high-x)

High energy (low-x)

Измерение сечения J/ψ в UPC с испусканием нейтронов дает возможность выделения вклада ядерных экранировок при малых $x \sim 10^{-5}$



Derived from V. Guzey, EK, M. Zhalov, PRC93 (2016), 055206

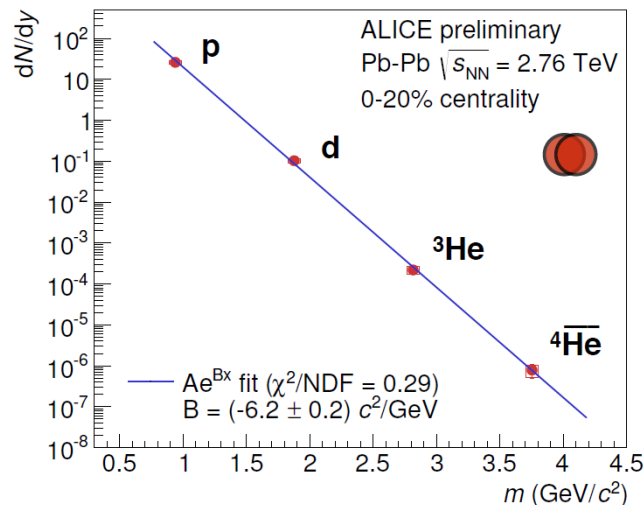
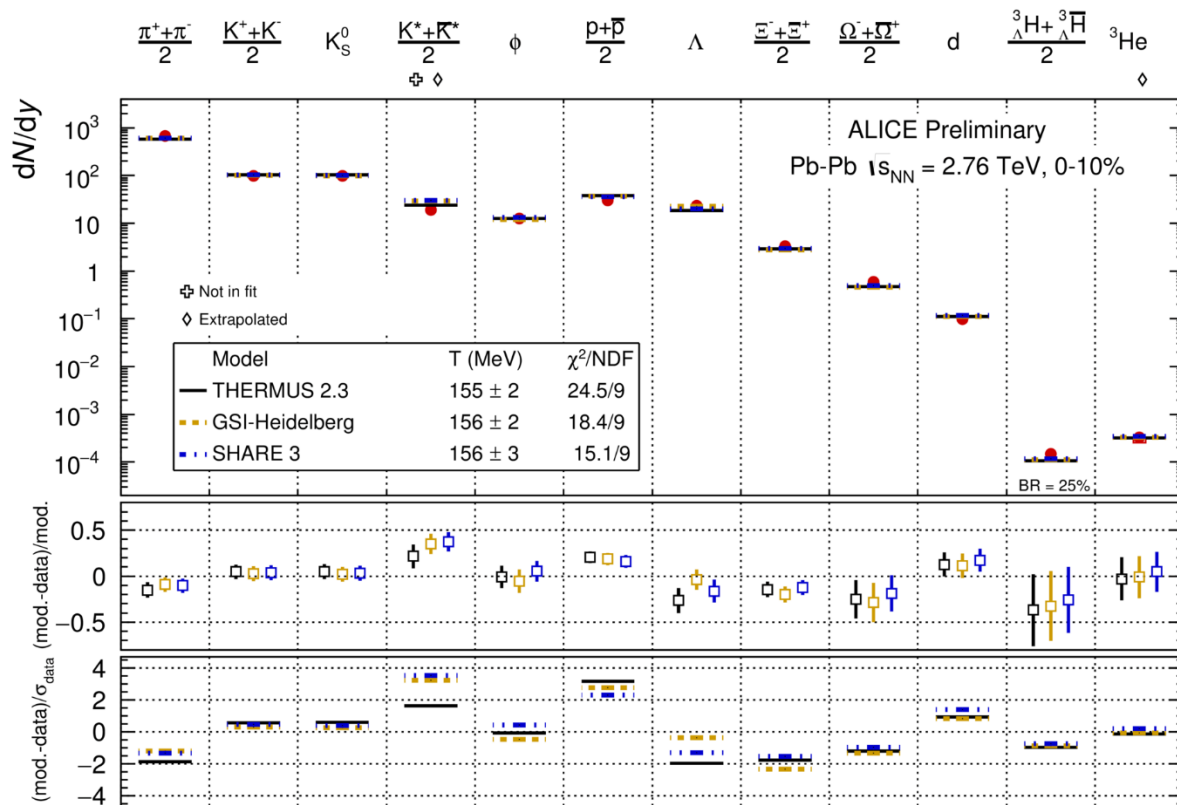


ALICE-PHNF-105320

Выходы частиц в тепловой модели

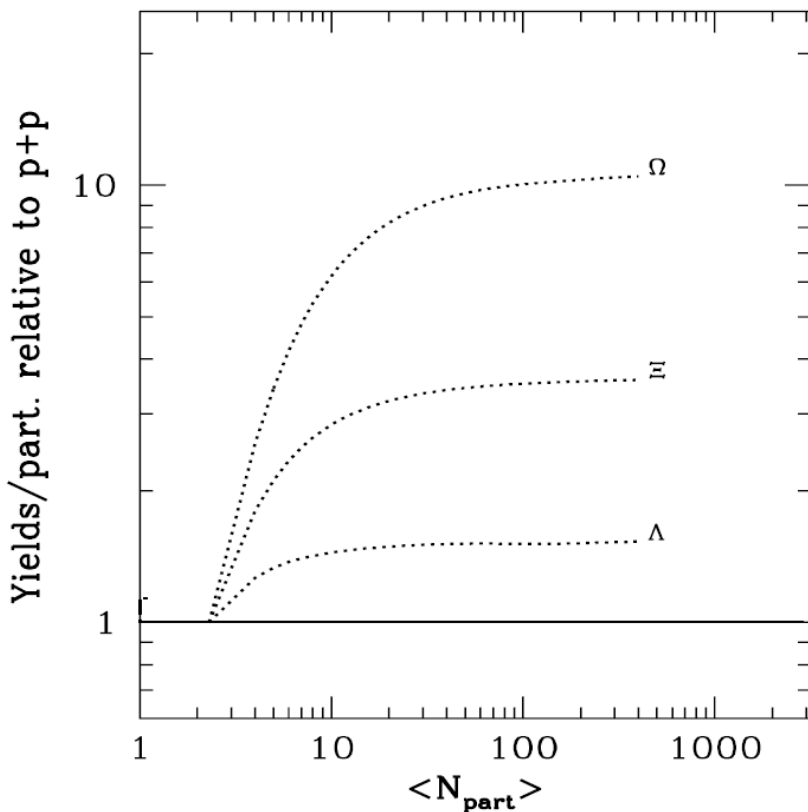
Тепловая модель: химическое равновесие => выходы адронов описываются химическим потенциалом μ_B (~ 0 при энергиях LHC) и общей температурой T

В первом приближении: $dN/dy \sim \exp(-m/T)$



Интегральные выходы частиц прекрасно описываются общей температурой $T_{ch} \sim 156$ МэВ

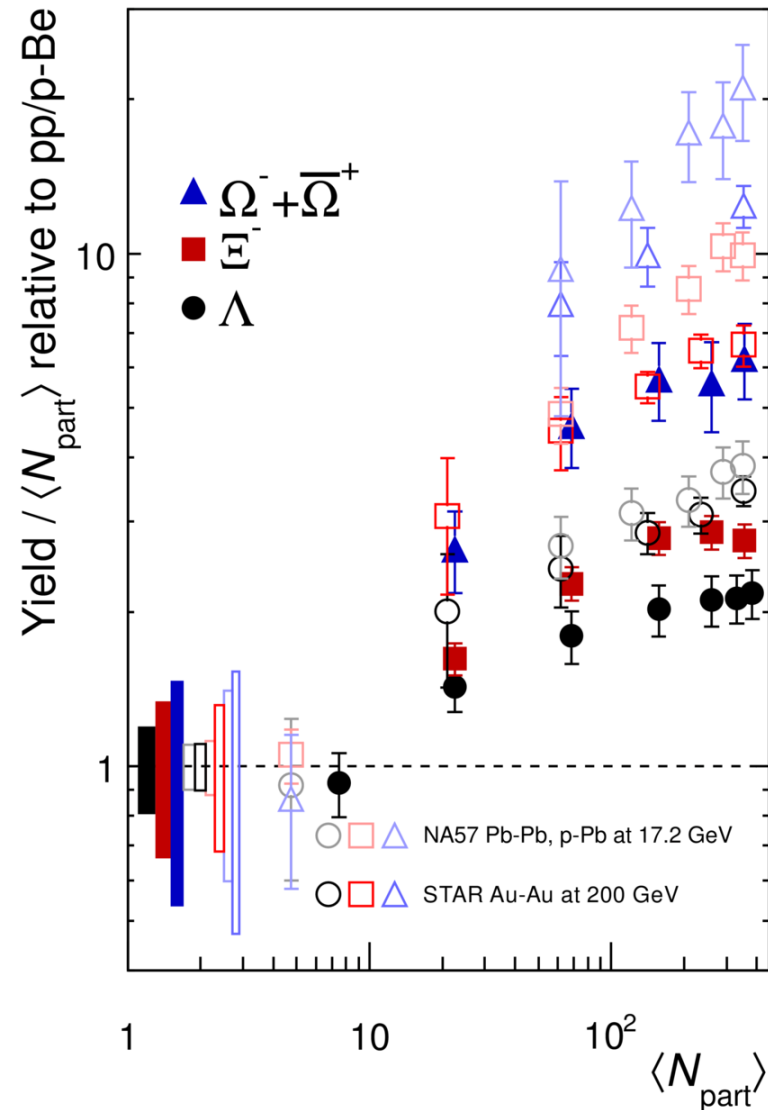
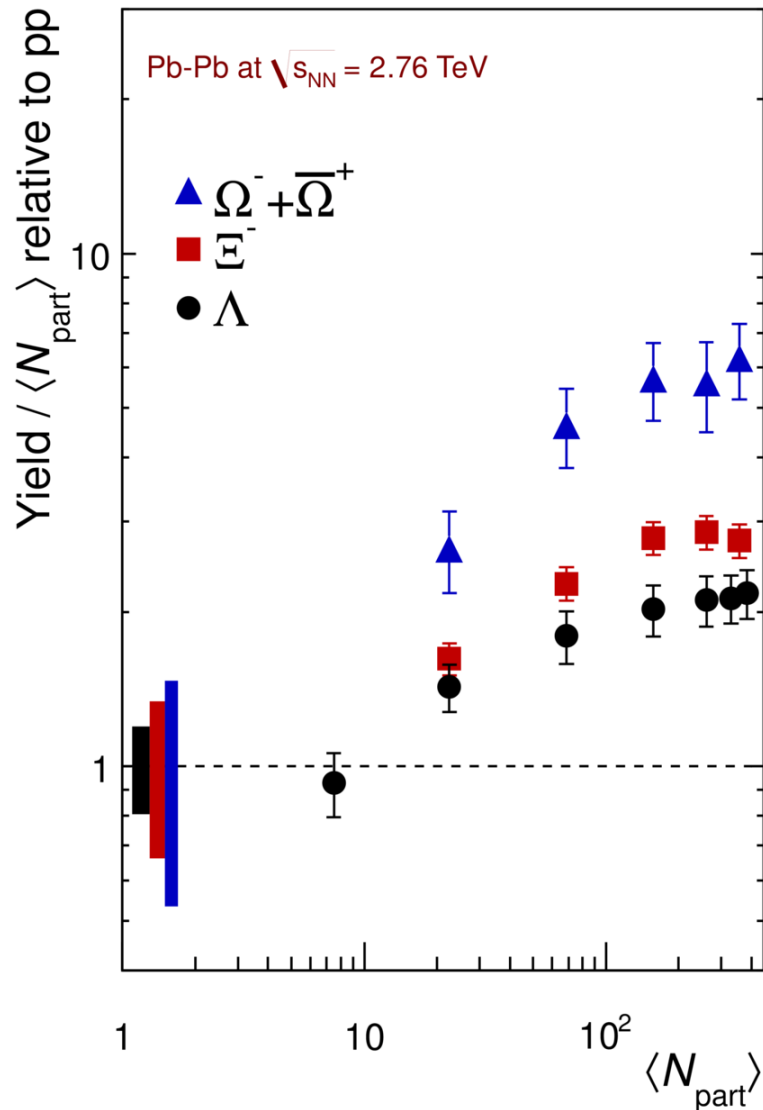
Увеличение выхода странности



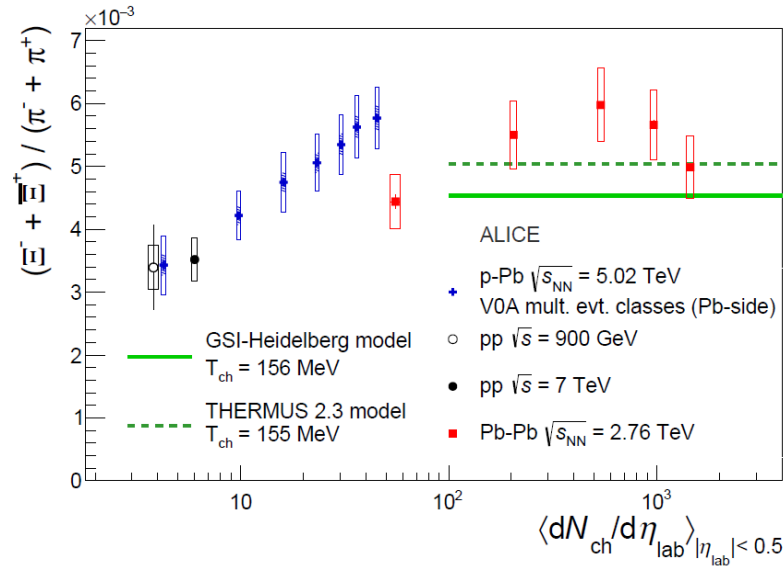
“strangeness enhancement and enhancement pattern are not a *unique* signal of deconfinement”

- 1982 - Первые предсказания (Rafelski et al)
 - Рост выхода странности за счет рождения ss -пар в QGP
 - более эффективно по сравнению с многократным перерассеянием адронов
- 2000 – CERN SPS:
 - Относительный выход странных адронов увеличивается с ростом центральности
 - До $\times 15$ раз для Ω
- 2002 – предложено объяснение в рамках статистической модели (K. Redlich)
 - Подавление выхода странности в малых системах связано с законами сохранения (странности)

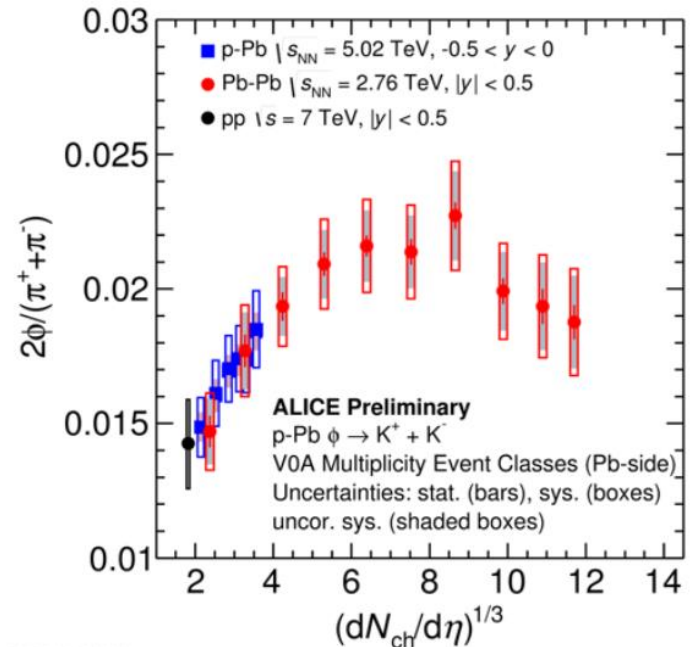
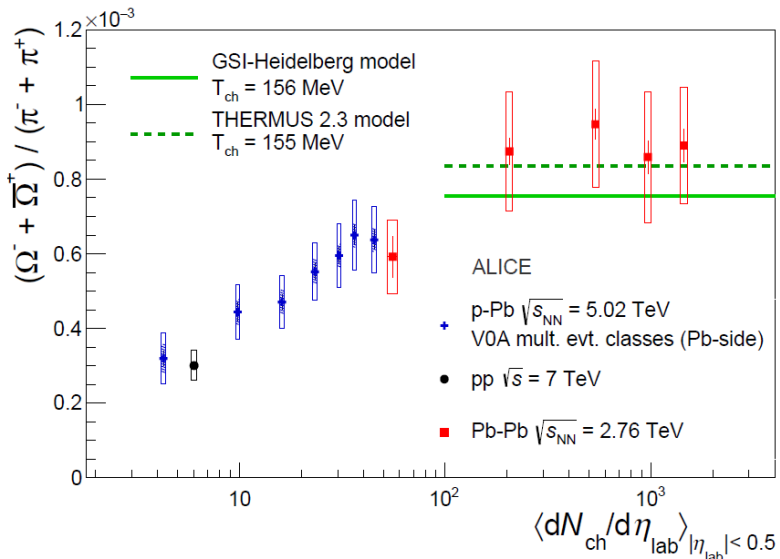
Рост выхода странности в Pb-Pb на LHC



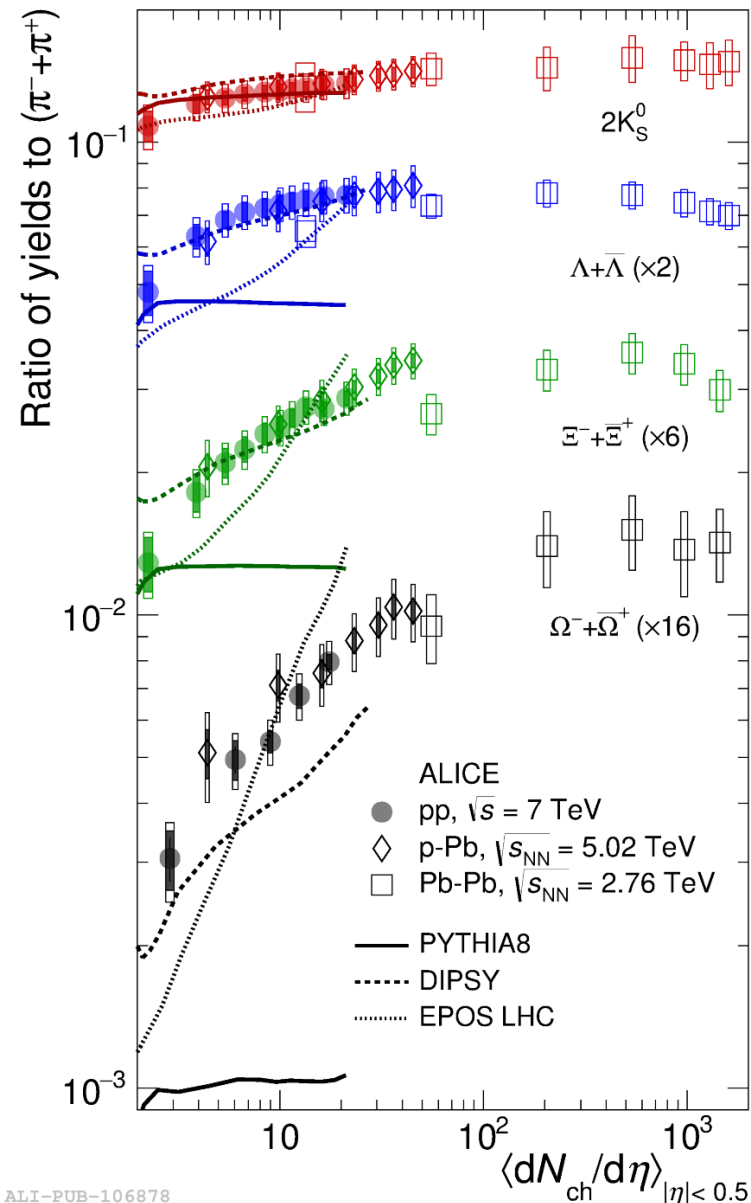
Рост странности в p-Pb



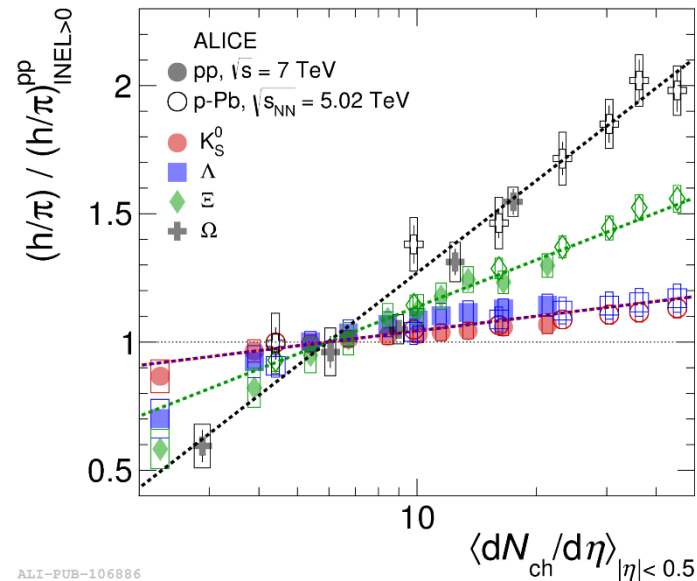
- Рост Ξ/π , Ω/π в p-Pb с увеличением множественности
- Ξ/π в p-Pb дорастает до Pb-Pb значений (которые хорошо описываются статистической моделью)
- Рост ϕ/π с увеличением множественности не описывается в традиционной статистической модели ($S=0$)



Рост странности в pp



- PYTHIA8 не воспроизводит рост странности в pp
- DIPSY – рост странности за счет механизма слияния струн в «веревки» - рост вероятности фрагментации струн на странные кварки

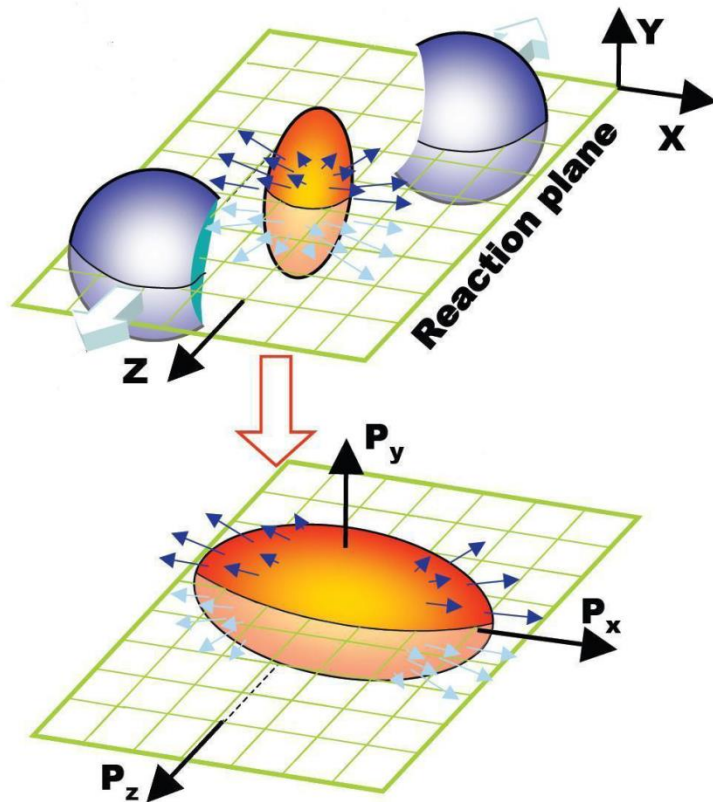


ALI-PUB-106886

$$\frac{(h/\pi)}{(h/\pi)_{INEL>0}^{pp}} = 1 + a S^b \log \left[\frac{\langle dN_{ch}/d\eta \rangle}{\langle dN_{ch}/d\eta \rangle_{INEL>0}^{pp}} \right]$$

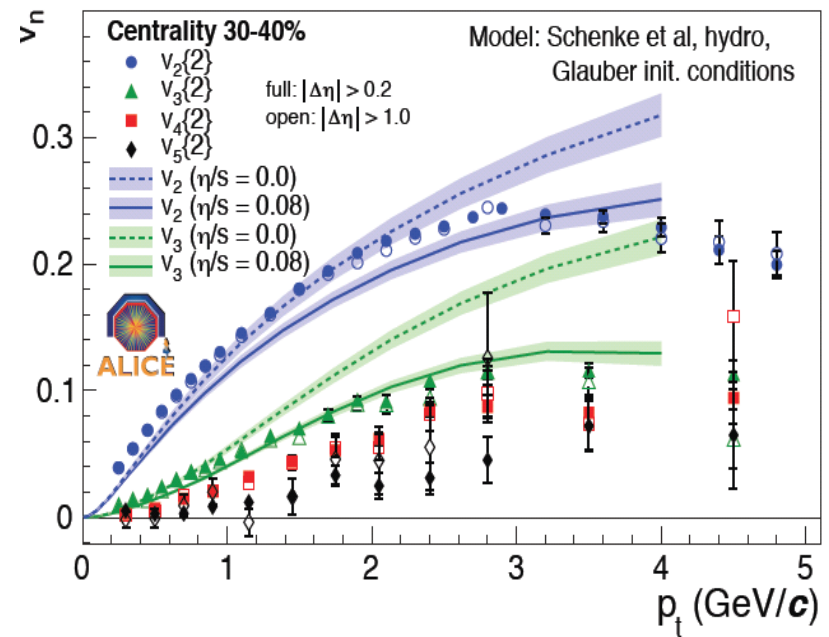
Анизотропный поток

Пространственная асимметрия приводит к асимметрии в импульсном пространстве:



$$\frac{dN}{d(\varphi_i - \Psi_n)} \sim 1 + 2 \sum_{n=1} v_n \cos[n(\varphi_i - \Psi_n)]$$

ALICE, PRL 107, 032301 (2011)



- Эллиптический поток (v_2) хорошо описывается в рамках гидродинамики сильно связанной системы с малой вязкостью
- Значение η/s близко к квантовому пределу $1/4\pi$, полученному в AdS/CFT

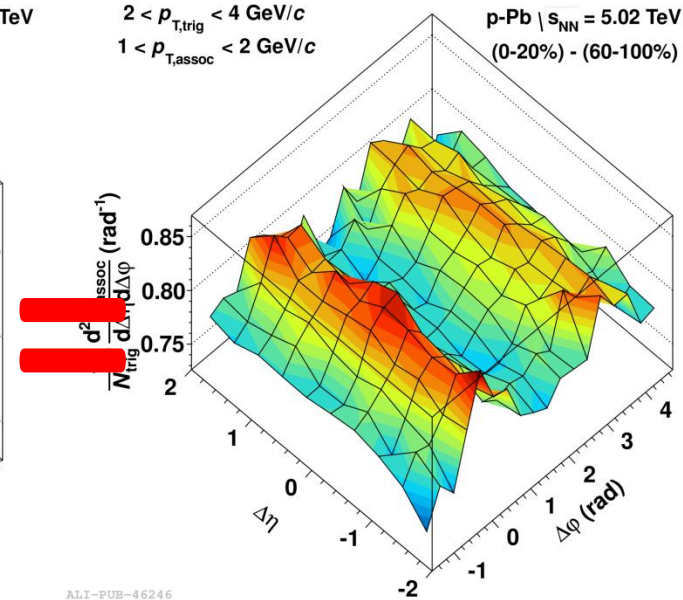
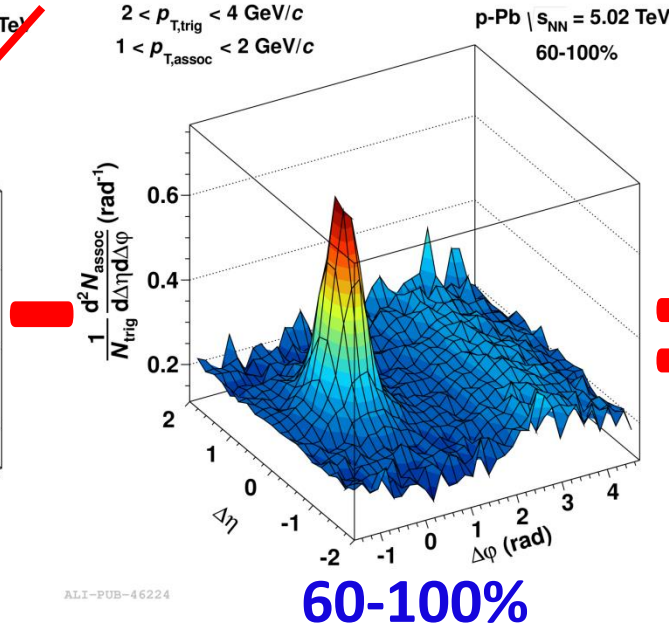
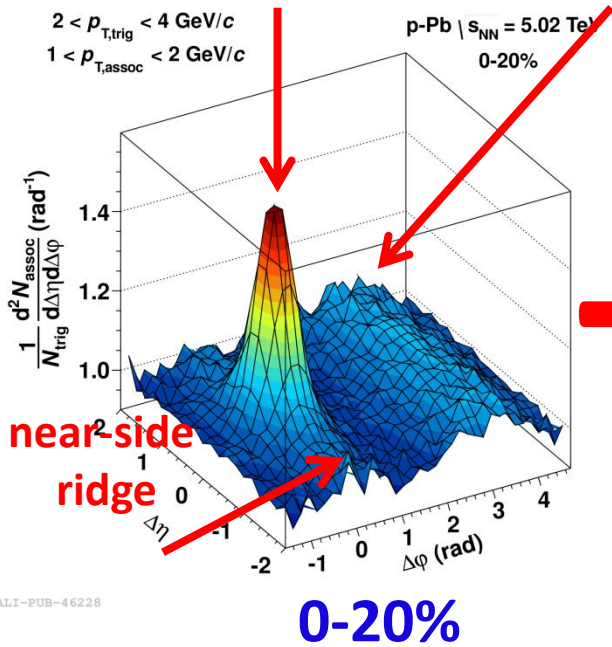
Двойной ридж в p-Pb

- Ридж в pp и p-Pb при высокой множественности впервые открыт коллаборацией CMS
- В ALICE предложен новый метод: вычитание вклада струй, используя корреляции в событиях с малой множественностью

near-side jet correlations

away-side jet correlations

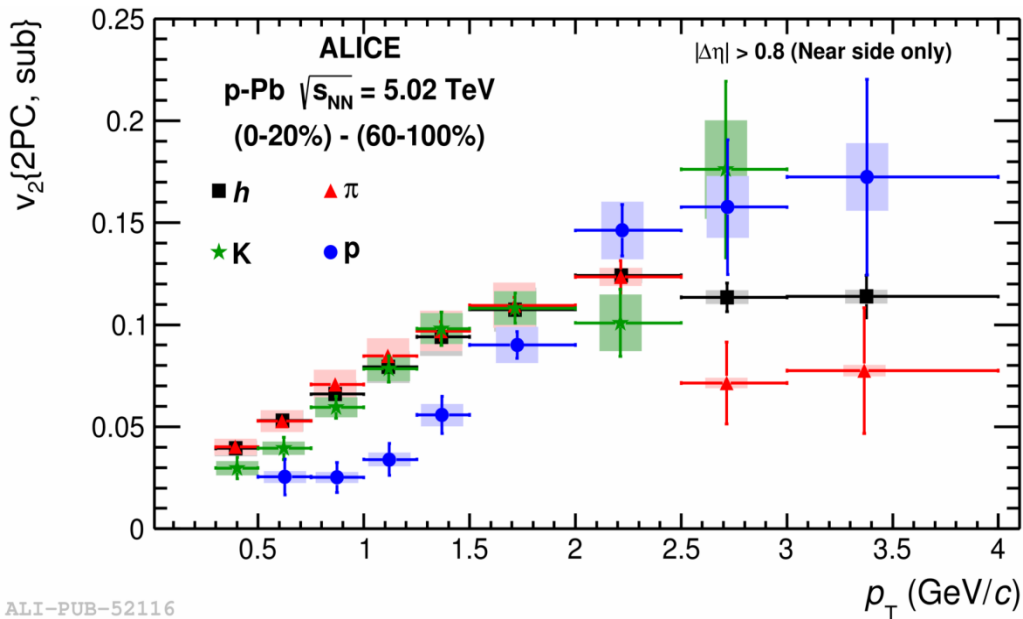
Phys. Lett. B 719 (2013) 29



Двойной ридж напоминает структуру в Pb-Pb, которая традиционно интерпретировалась как коллективный эллиптический поток

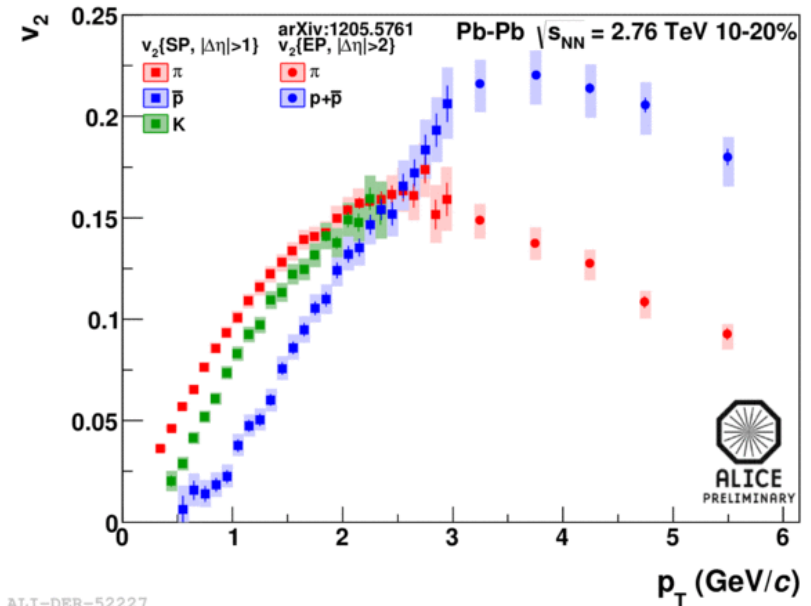
Коллективное поведение в pA?

ALICE, PLB 726,164 (2013)



ALI-PUB-52116

Упорядоченность v_2
по массе в p-Pb



ALI-DER-52227

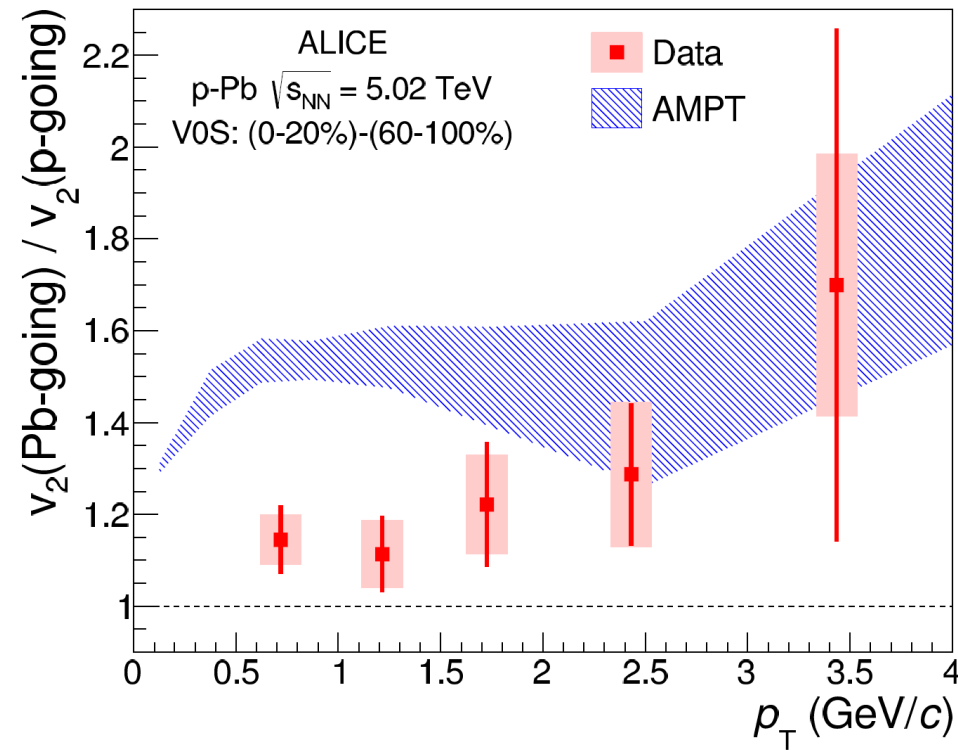
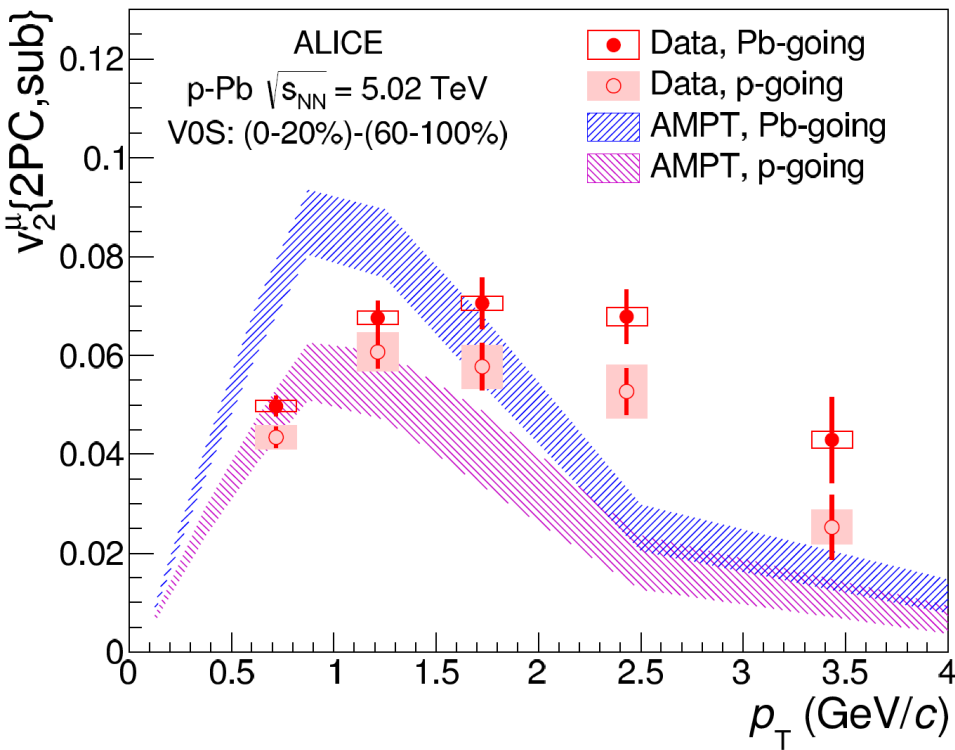
Аналогичная картина в Pb-Pb:
связана с радиальным потоком

$$p_1 = m_1 v \quad p_2 = m_2 v$$

Общая скорость радиального потока –
оказывается одинаковой v_2 при
одинаковой скорости

Дальние корреляции при больших быстротах

v_2 извлекается из двухчастичных корреляций мюонов ($2.5 < |\eta| < 4$) и треков в центральном барреле $|\eta| < 1$



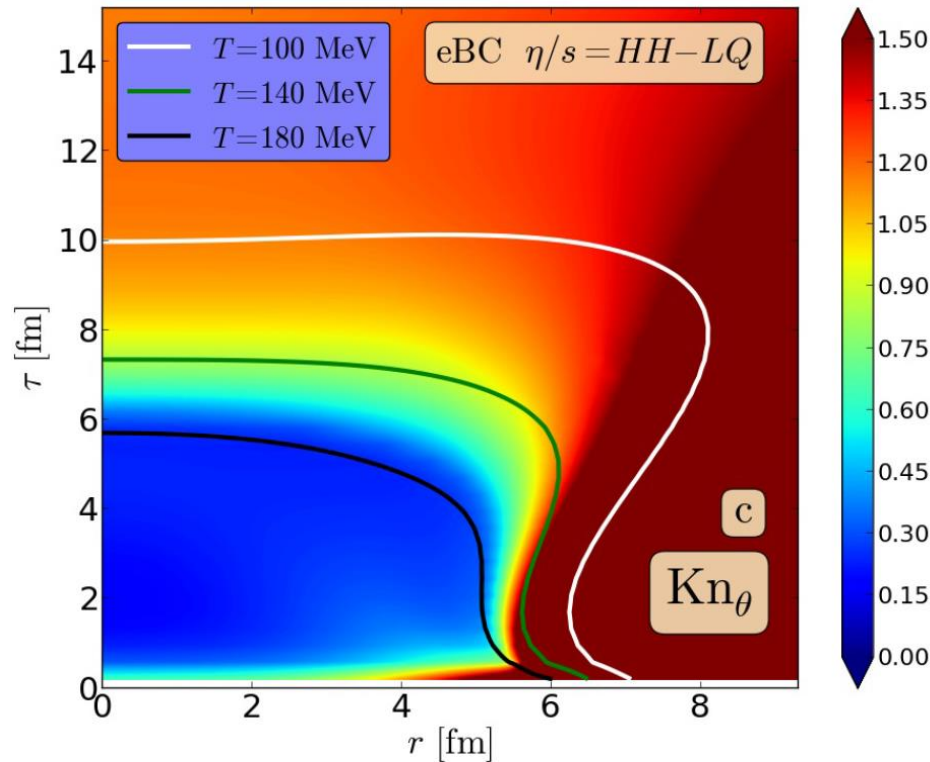
- $v_2(\text{Pb-going}) > v_2(\text{p-going})$ в качественном согласии с гидродинамическими моделями

Применимость гидродинамики в малых системах?

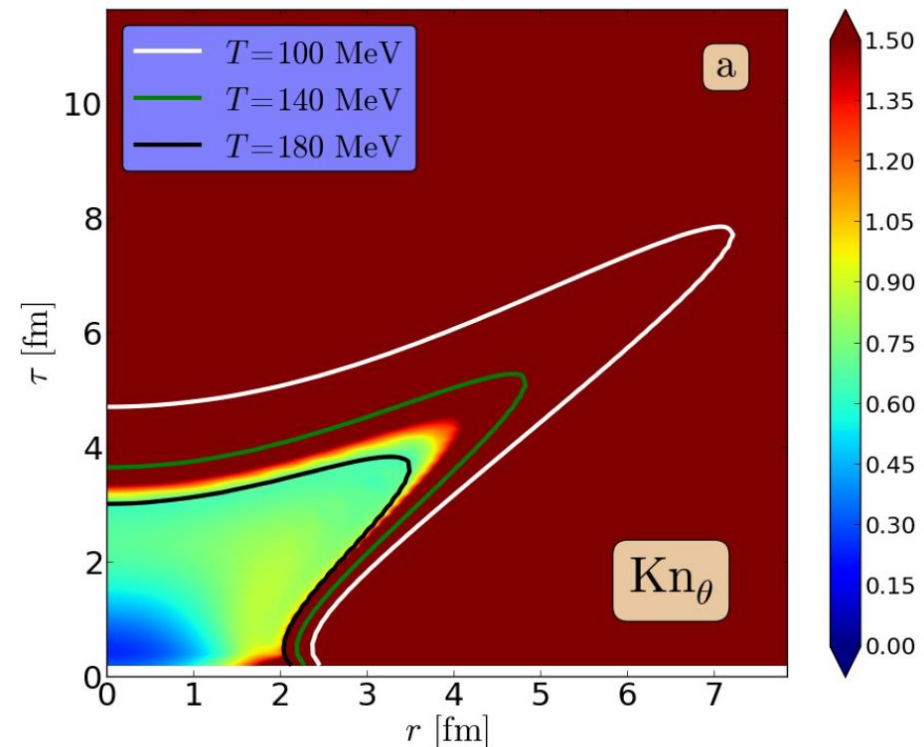
- v_n в малых системах хорошо описывается гидродинамическими моделями
- Условие применимости гидродинамики $\mathbf{Kn} < 0.5$ (arxiv:1404.7327):

$$\mathbf{Kn} = \frac{\lambda}{L}, \quad \begin{array}{l} \text{длина свободного пробега} \\ \text{характерный размер системы} \end{array}$$

Pb-Pb

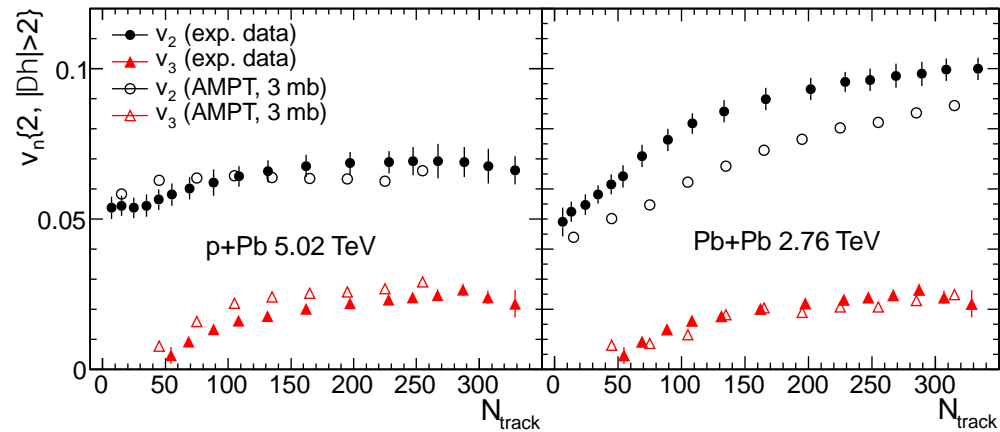
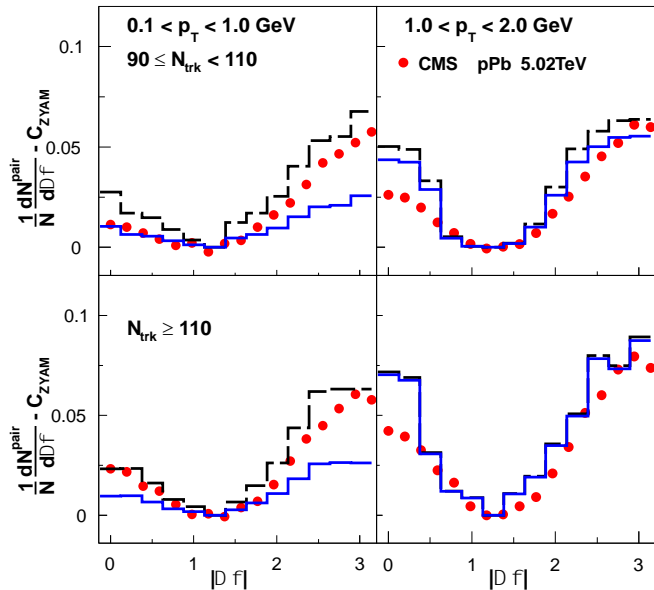


p-Pb



Альтернатива: транспортные модели

- Пример: AMPT = A Multi-Phase Transport Model
- партонный каскад + коалесценция
- Основные параметры: партонное сечение + механизм «расплавления» струн (string melting), позволяющий значительно увеличить плотность партонов в начальном состоянии
- Хорошо описывает эллиптические потоки как в Pb-Pb, так и в pPb



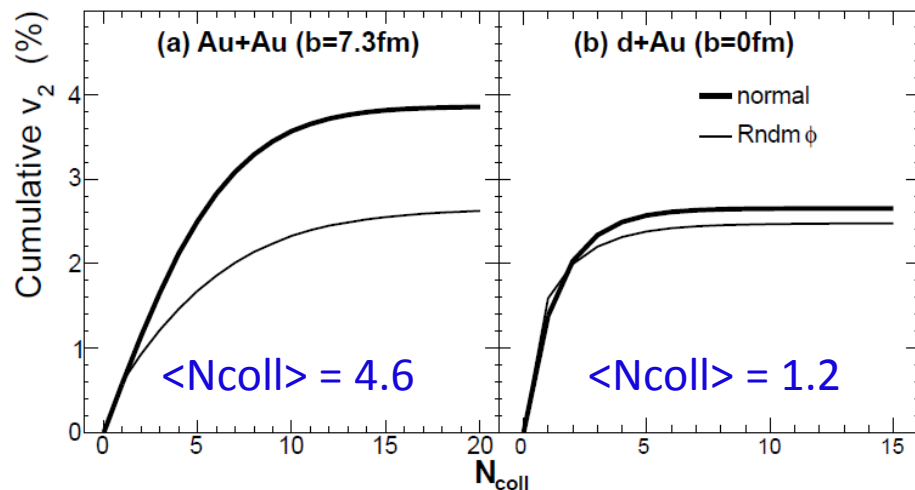
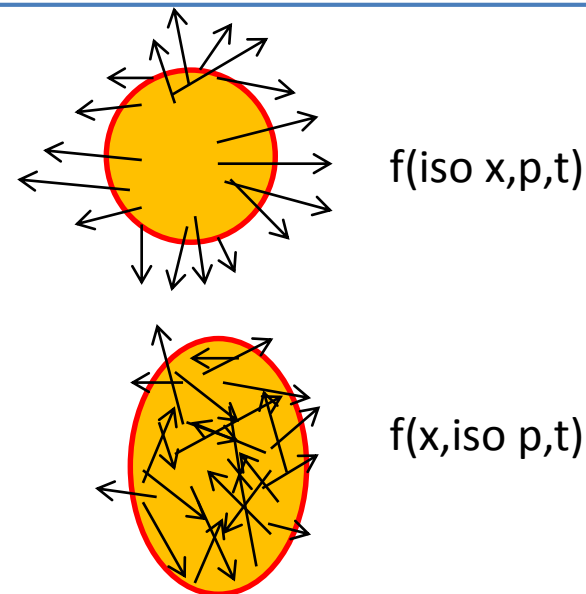
Bzdak and Ma, PRL 113 (2014)
AMPT (String Melting version).

Bozek and Broniowski, PLB 718 (2013)

гидродинамика

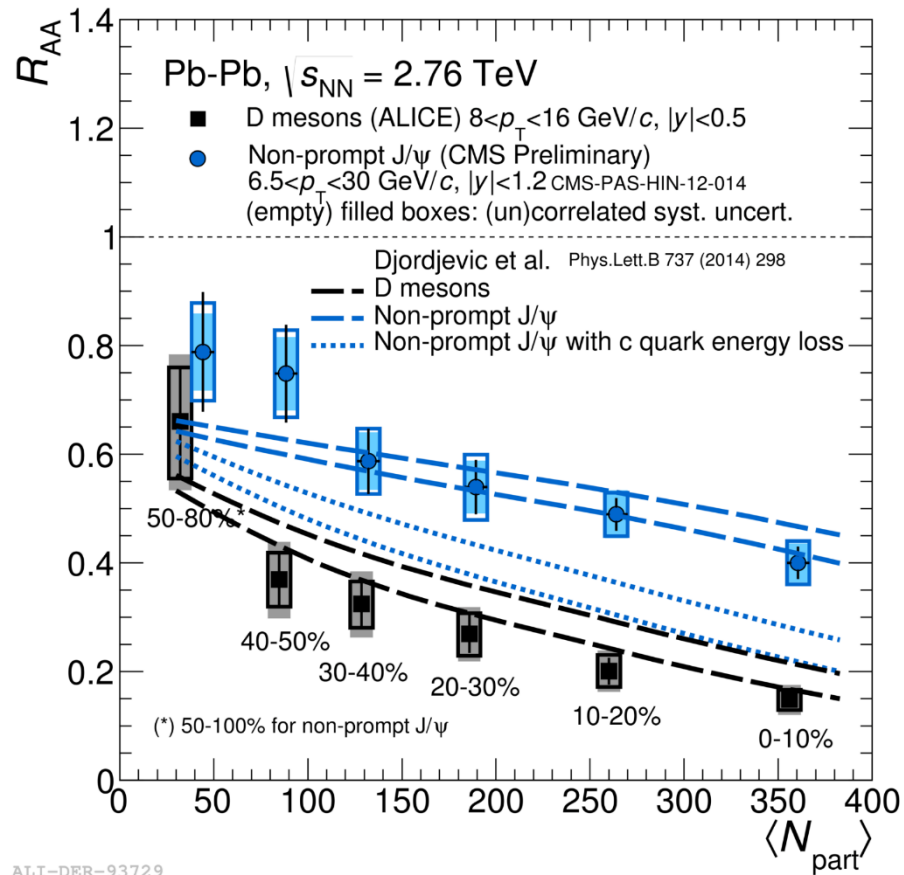
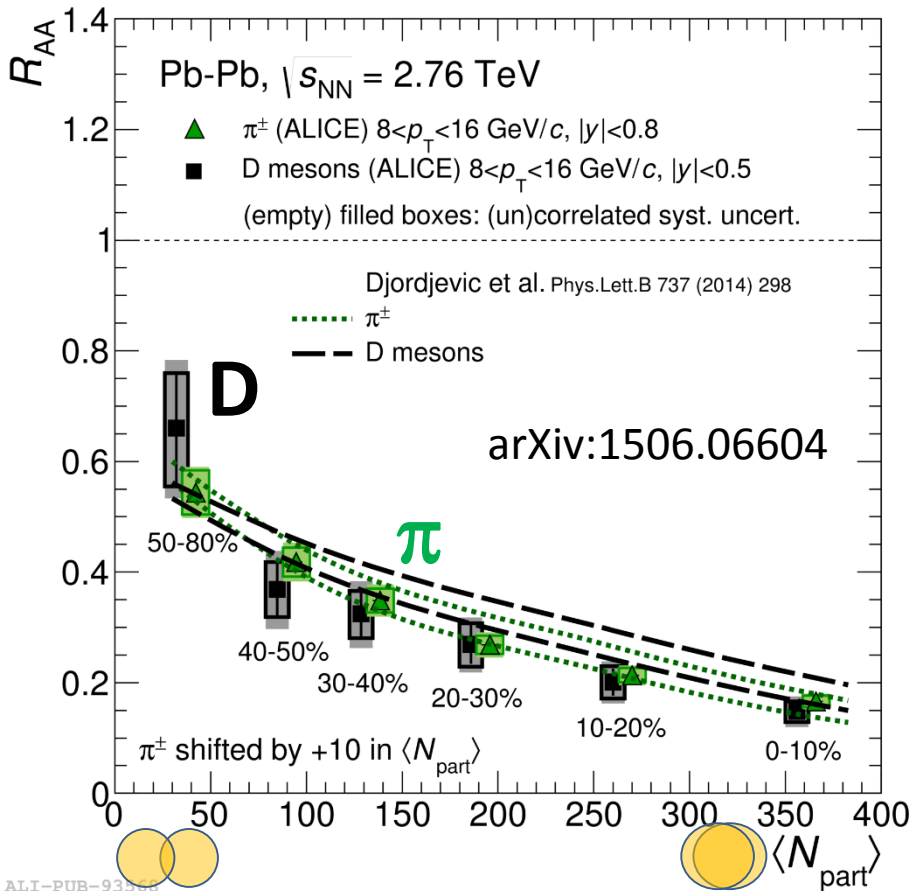
“Escape” механизм?

- Два источника ненулевого эллиптического потока:
 - Коллективный поток: пространственная асимметрия в начальном состоянии приводит к асимметрии в импульсном пространстве за счет различных градиентов давления
 - Escape механизм: разная вероятность для партона «избежать» столкновения в зависимости от направления. Отвечает за ненулевой v_2 при больших p_T , где гидродинамика точно не работает
- Оба источника связаны в процессе эволюции



На примере АМРТ было показано, что escape механизм является основным источником v_2 в малых системах

Гашение струй в Pb-Pb



выход в Pb-Pb

$$R_{AA}(p_T) = \frac{(1/N_{evt}^{AA}) d^2 N_{ch}^{AA} / d\eta dp_T}{\langle N_{coll} \rangle (1/N_{evt}^{pp}) d^2 N_{ch}^{pp} / d\eta dp_T}$$

выход в pp

- Первое указание на зависимость потерь энергии в среде от массы кварка $R_{AA}(D) < R_{AA}(B)$

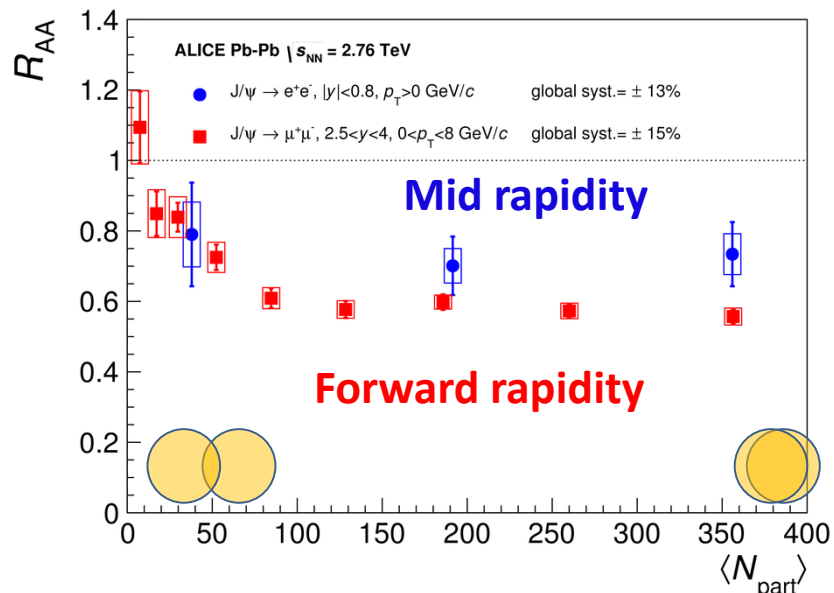
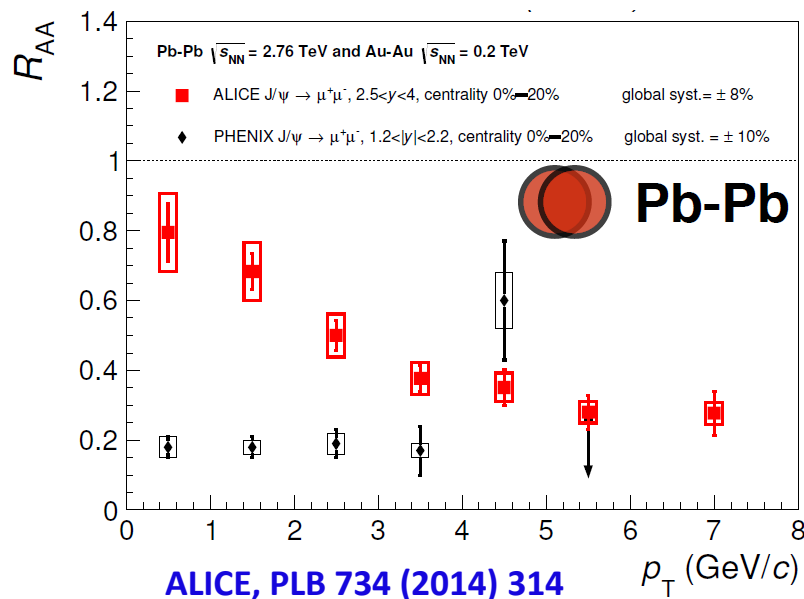
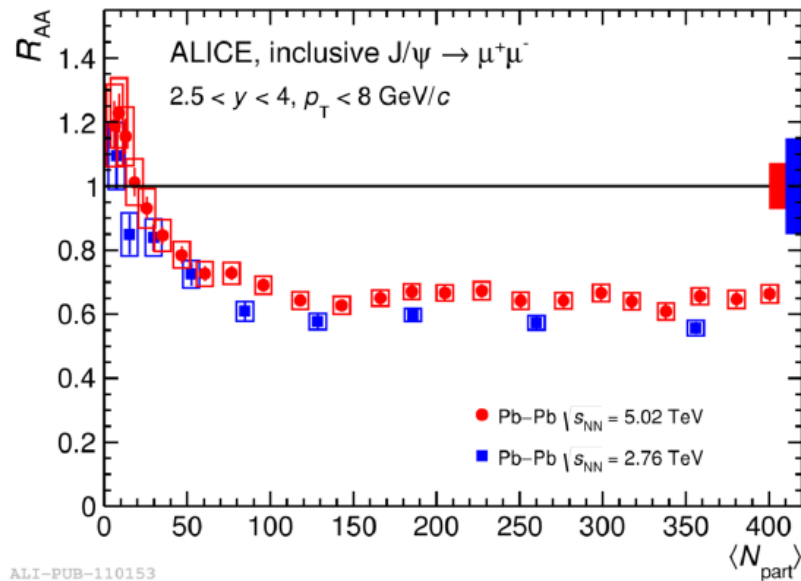
Подавление J/ψ в Pb-Pb

Два конкурирующих процесса:

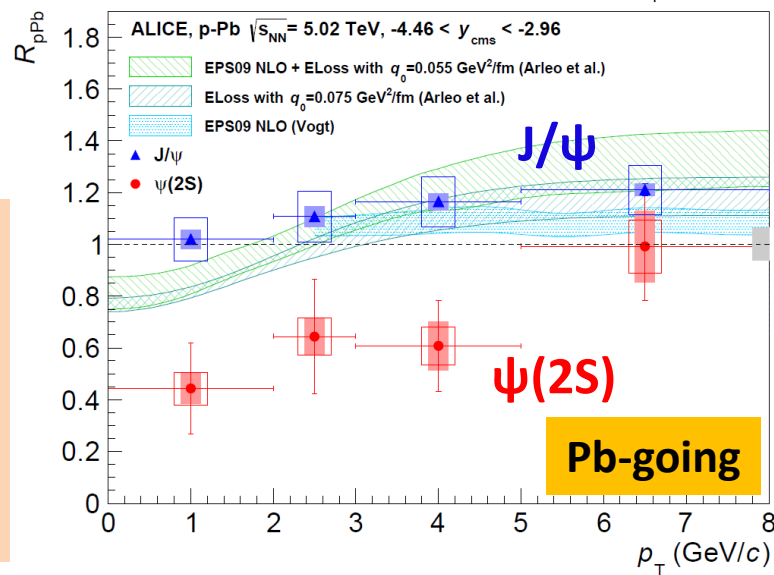
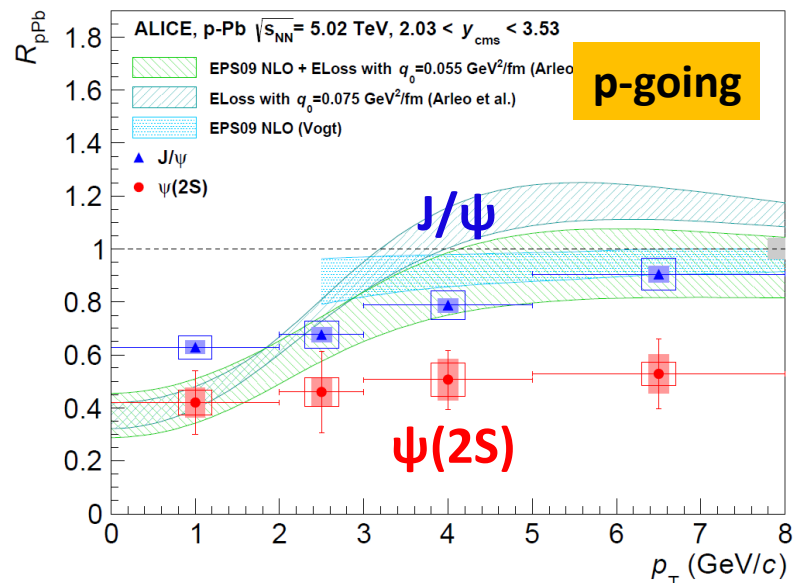
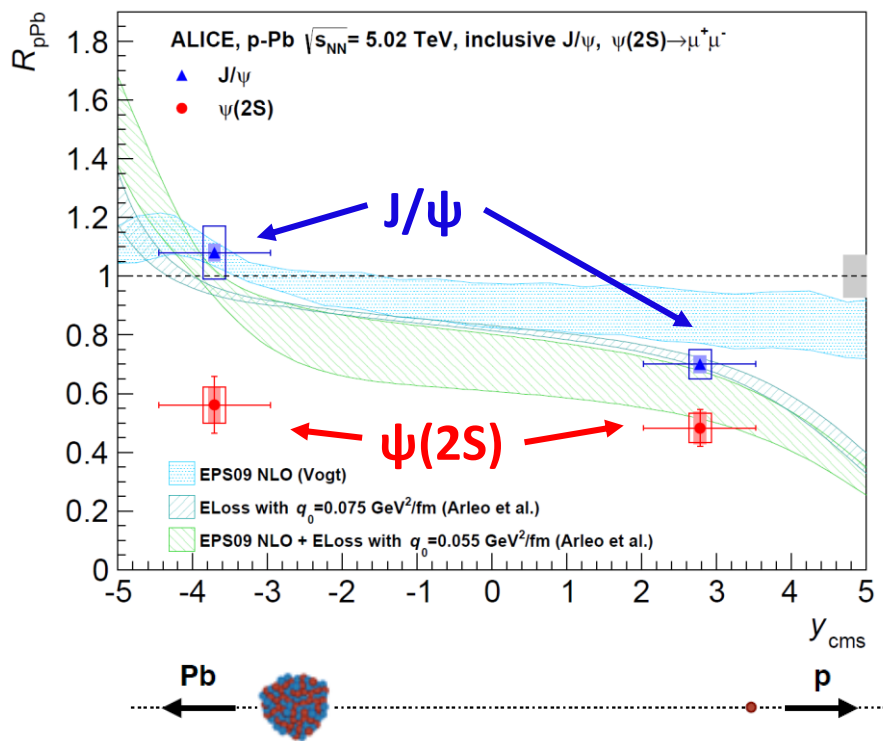
- «Плавление» кваркония в КГП
- Регенерация (~60 сс пар в центральных столкновениях при энергии 2.76 ТэВ)

Свидетельства **регенерации**:

- Подавление меньше при $y=0$
- Подавление меньше при малых p_T
- Подавление меньше с ростом энергии



Подавление чармония в p-Pb

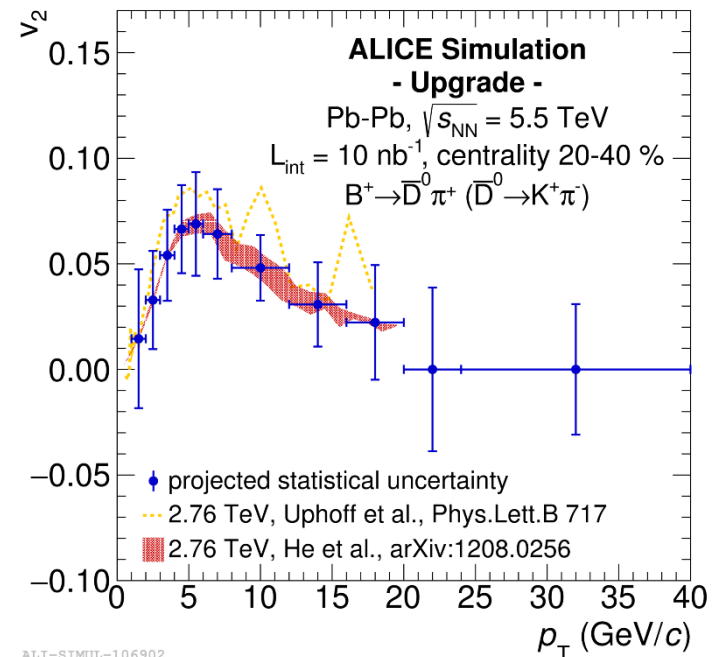
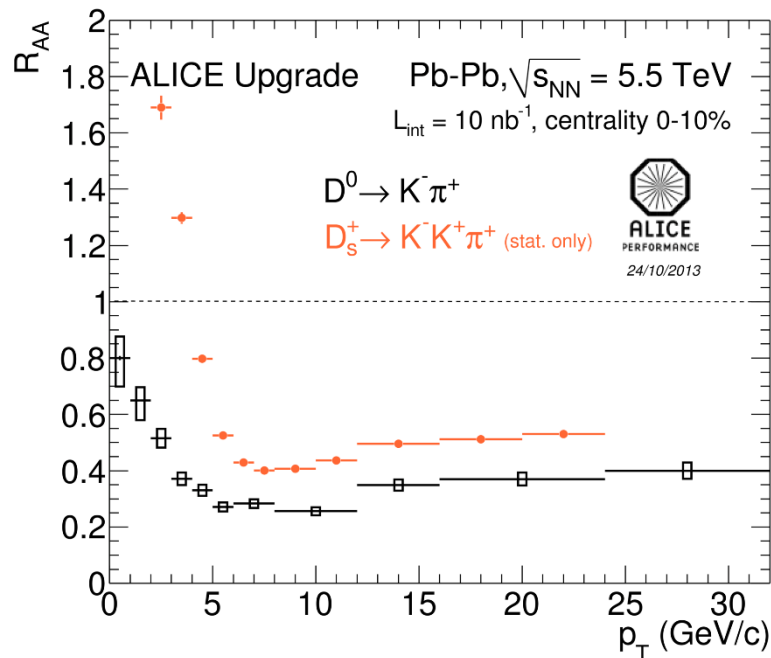


ALICE, JHEP 12 (2014) 073

- Сильное подавление $\psi(2S)$ по сравнению с J/ψ нельзя объяснить эффектами начального состояния
- **Указание на важность эффектов конечного состояния**

Планы в ране 3

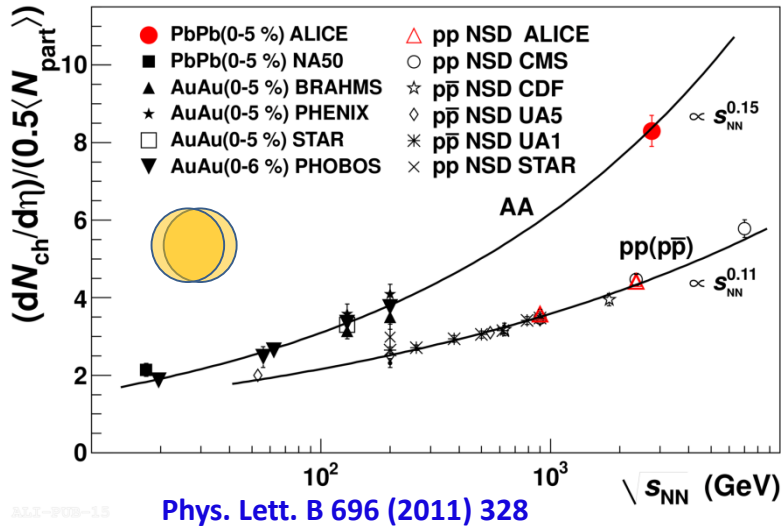
- Основная мотивация – точные измерения чарма, тепловых фотонов, дилептонов при малых поперечных импульсах
- Главное требование: безтриггерный набор данных
=> Требуется замена считывающей электроники для большинства детекторов
+ Переход на GEM в TPC
+ Установка новой внутренней трековой системы ITS + MFT
- План увеличить статистику в ~ 100 раз для минимум баяс событий (10 nb^{-1})



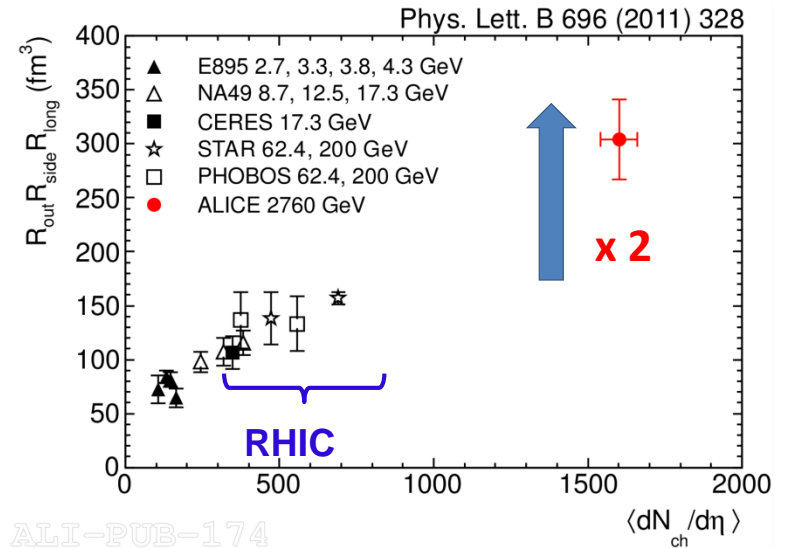
BACKUP

Global properties

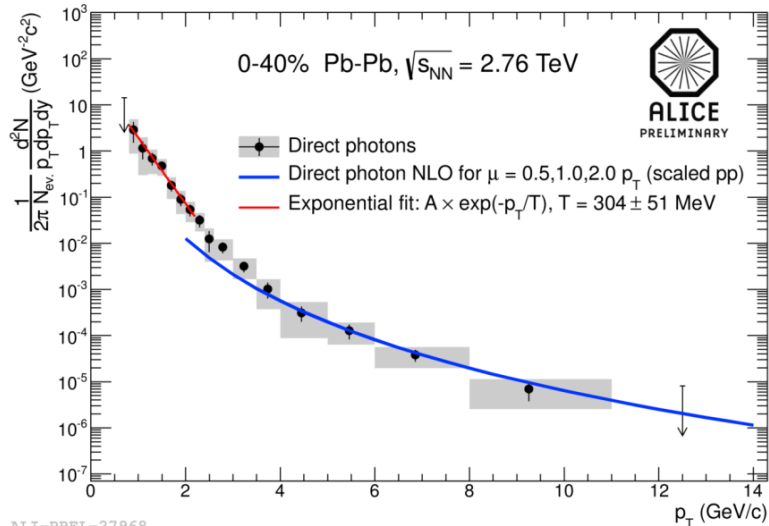
Energy density $\sim 3 \times \text{RHIC} \sim 10 \text{ GeV}/\text{fm}^3$



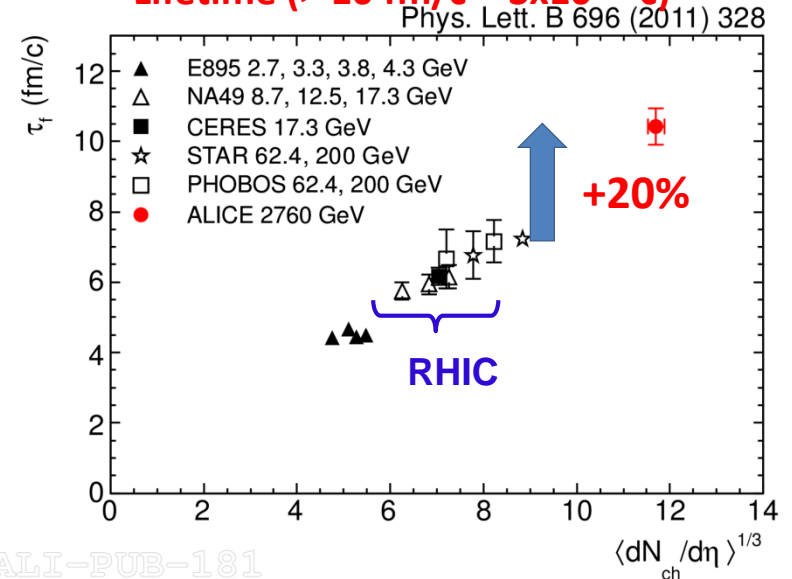
Volume $\approx 2 \times \text{RHIC} (R^3 \approx 300 \text{ fm}^3)$



Photon T = $304 \pm 51 \text{ MeV} \sim 1.4 \times \text{RHIC}$



Lifetime ($> 10 \text{ fm}/c \sim 3 \times 10^{-23} \text{ c}$)



ALI-PREL-27968

ALI-PUB-181