

Эксперимент ALICE

A 3D perspective view of the ALICE detector structure, showing concentric rings of detector components. The central region is filled with a dense network of yellow lines representing particle tracks originating from a central point.

Группа ПИЯФ: Н. Бурмасов, М. Жалов, В. Иванов, Е. Крышень, М. Малаев,
В. Никулин, Е. Рошин, А. Рябов, В. Рябов, Ю. Рябов, А. Ханзадеев

A journey through QCD



[ALICE,arXiv:2211.04384](https://arxiv.org/abs/2211.04384)

> 300 pages

CERN-EP-2022-227

27 October 2022

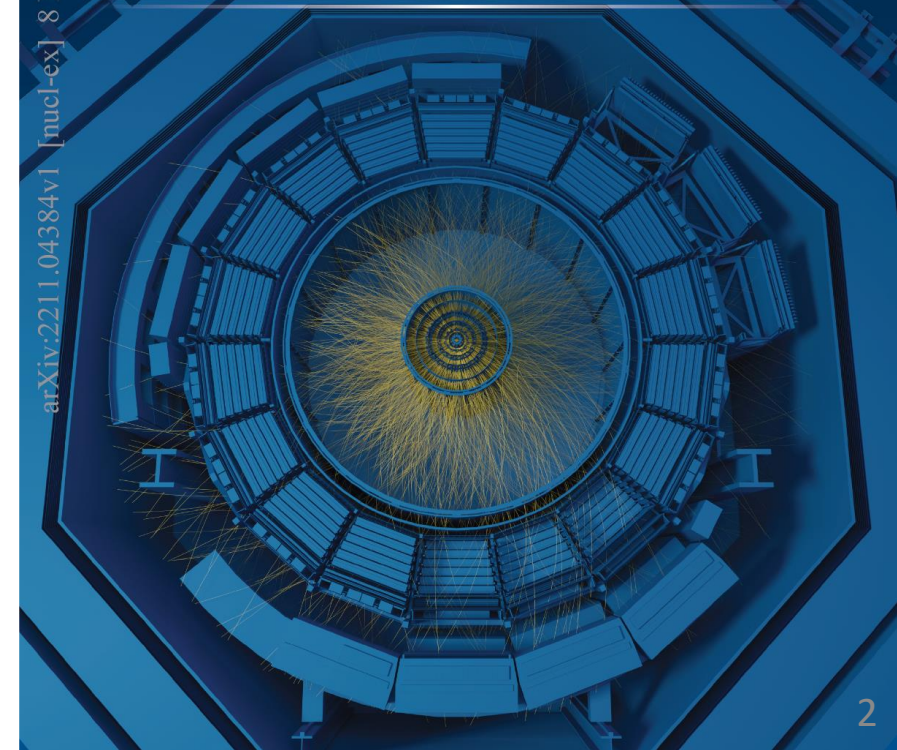


ALICE review of Run 1-2 studies:

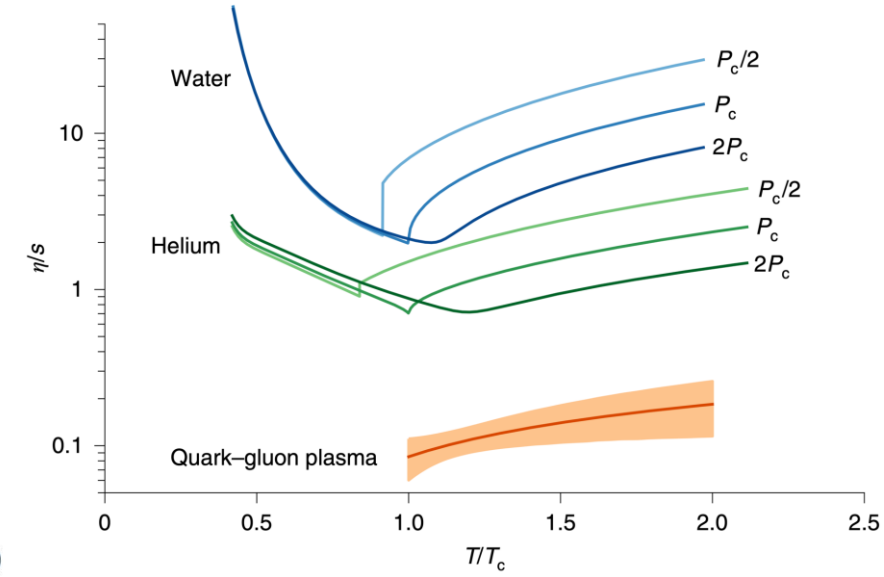
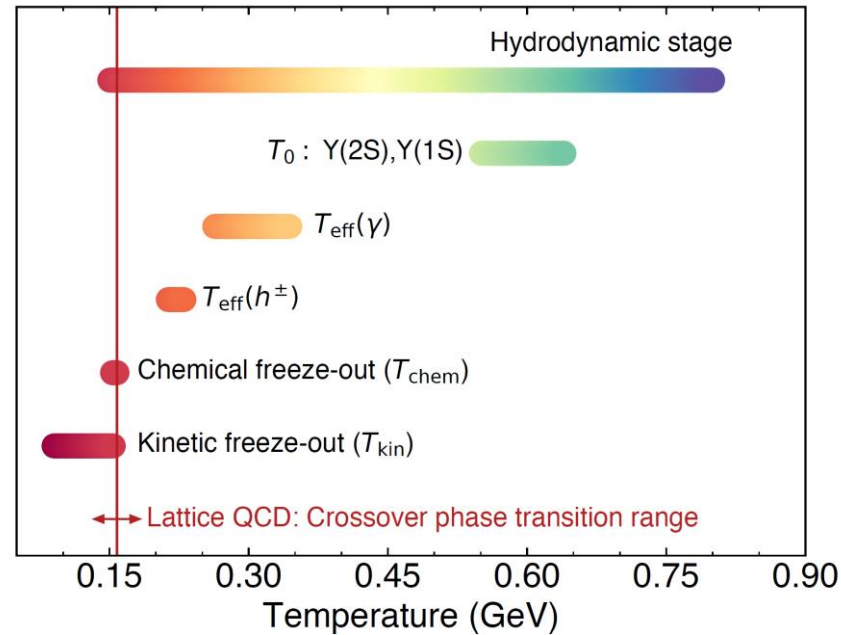
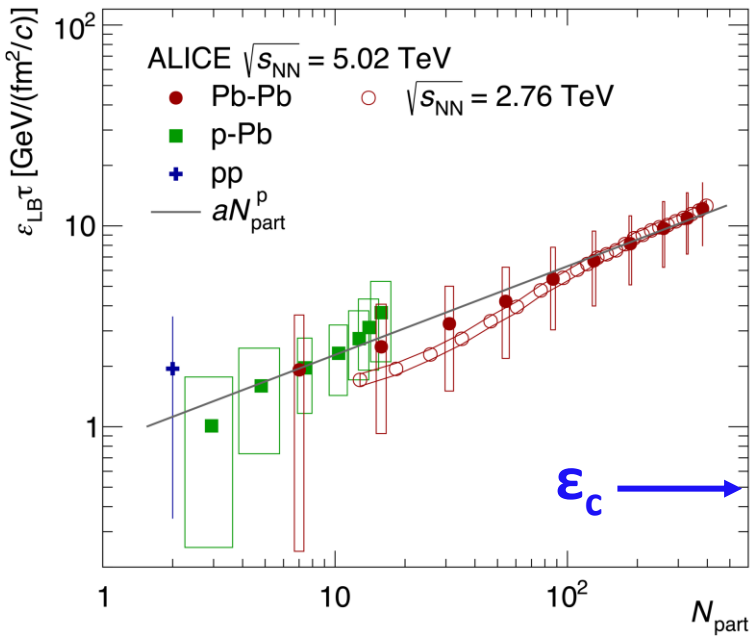
- QGP properties in heavy-ion collisions
 - Macroscopic properties
 - Interactions of partons with QGP medium
 - Hadronization
 - Electromagnetic effects
 - Initial state ← **Большой вклад группы ПИЯФ**
- QGP-like effects in small systems
- Many other aspects of QCD and beyond

arXiv:2211.04384v1 [nucl-ex] 8 Nov 2022

The ALICE experiment:
A journey through QCD

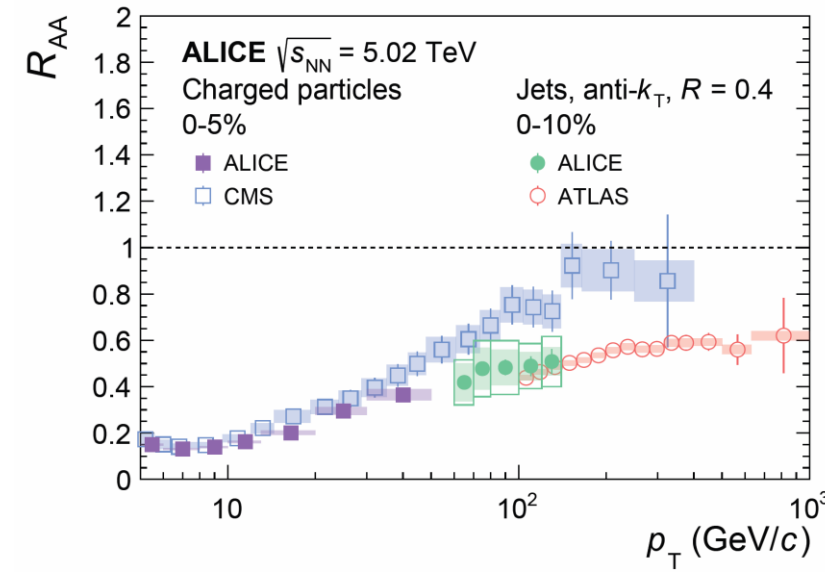


Количественная характеристика свойств КГП

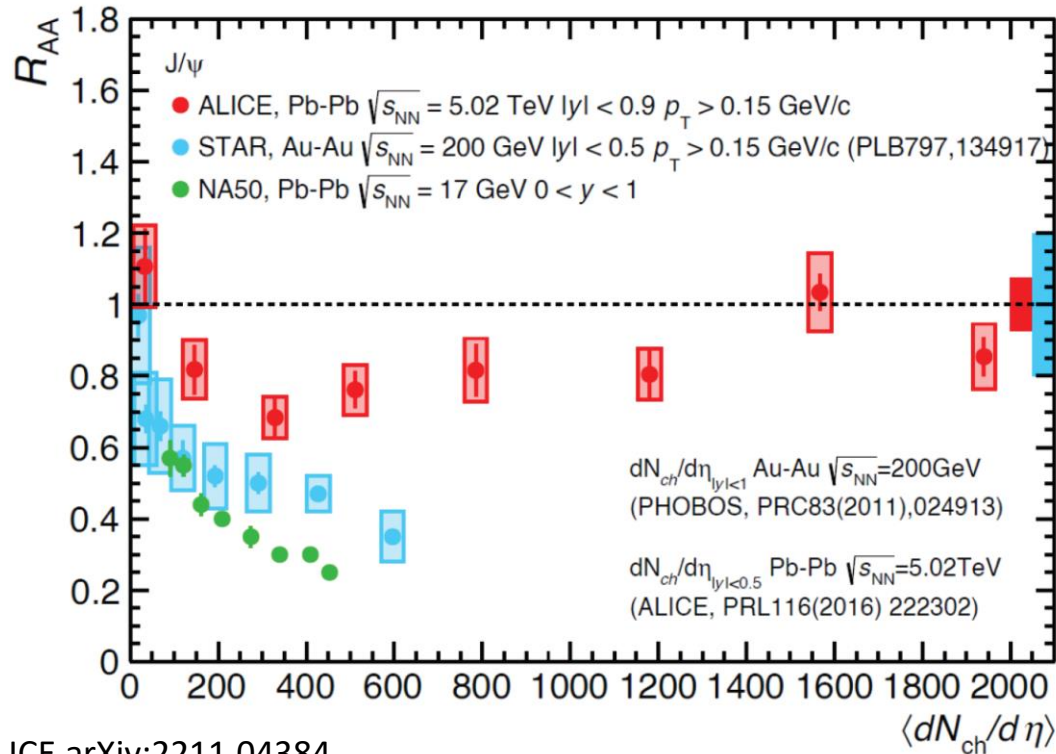


ALICE, arXiv:2211.04384

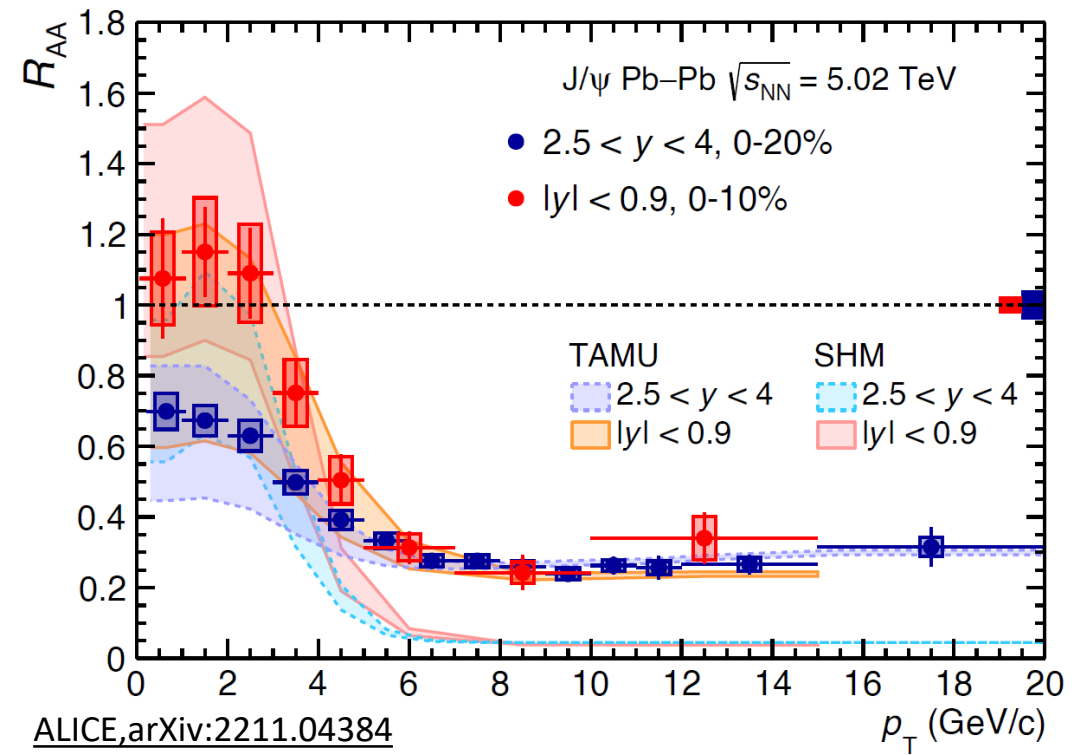
- Плотность энергии в начальном состоянии в 30 раз больше критической
- Температура на различных стадиях от 600 ГэВ до 150 ГэВ
 - Больше критической $T_c \sim 150$ ГэВ
- Вязкость: $\eta/s \sim 0.1$
- Радиационные потери энергии: 8 ± 2 ГэВ
- Ядерная экранировка в начальном состоянии: $R_g(x=10^{-3}, Q \sim 2.4 \text{ ГэВ}^2) \sim 0.65$



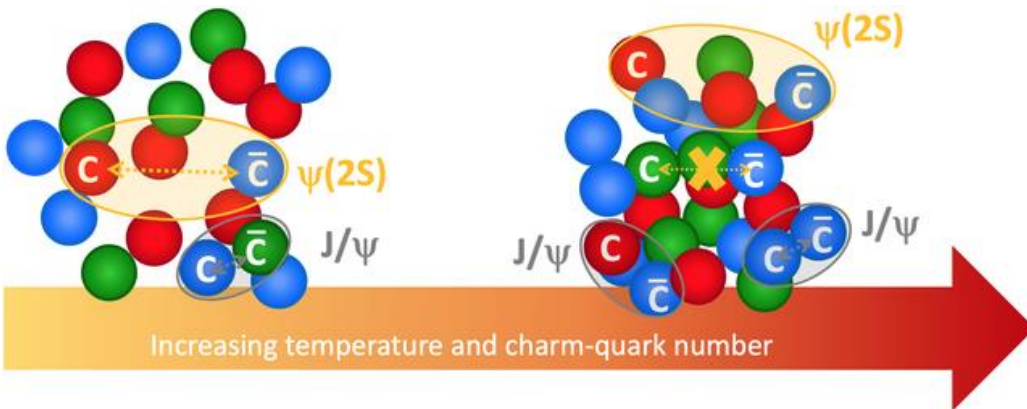
Charmonium melting and regeneration



ALICE,arXiv:2211.04384

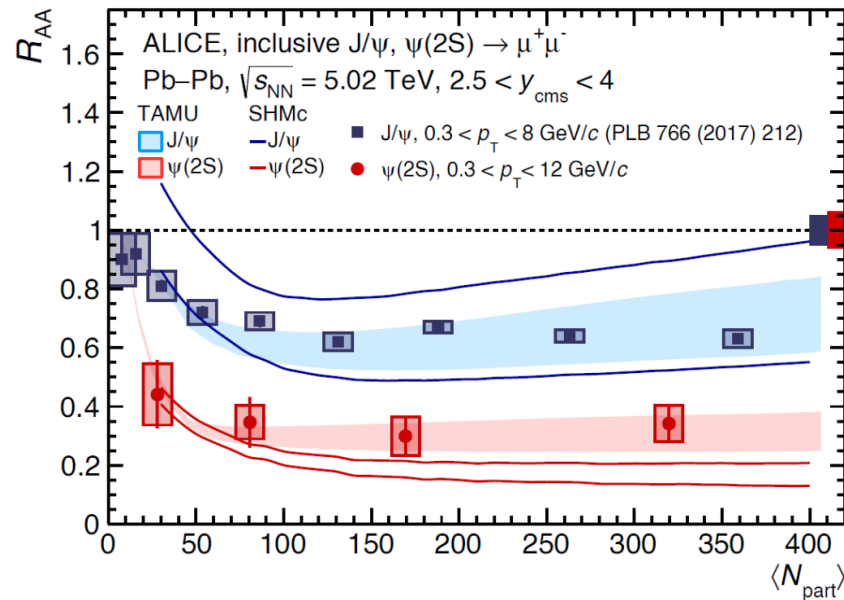


ALICE,arXiv:2211.04384

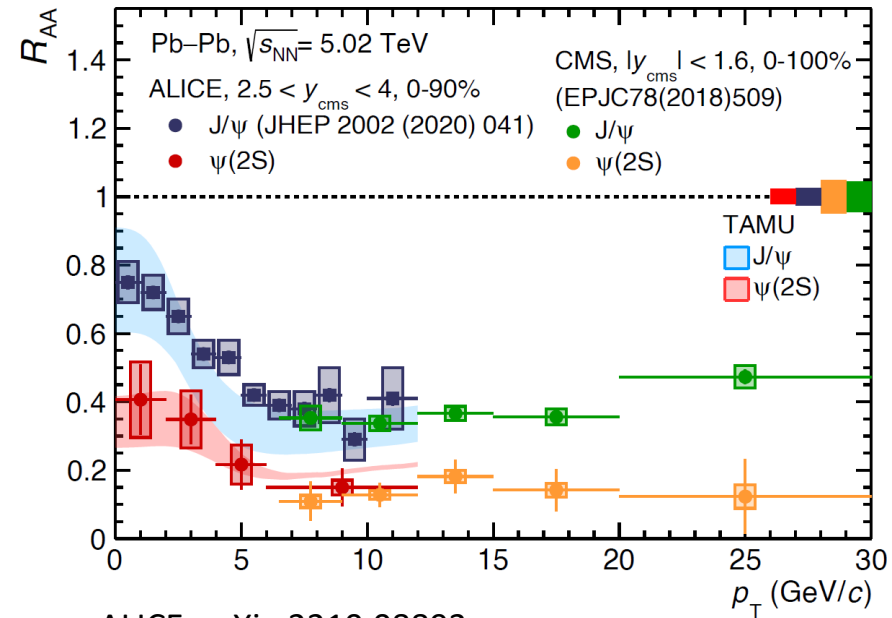


- Interplay of melting and regeneration effects
- Large regeneration effects at the LHC due to much larger charm cross section compared to RHIC/SPS
- Larger regeneration effects at midrapidity and at low p_T

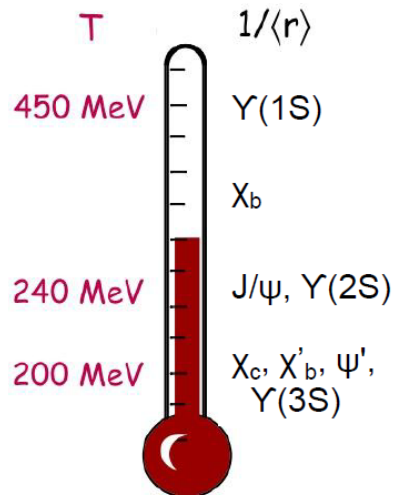
Excited quarkonium states



ALICE, arXiv:2210.08893

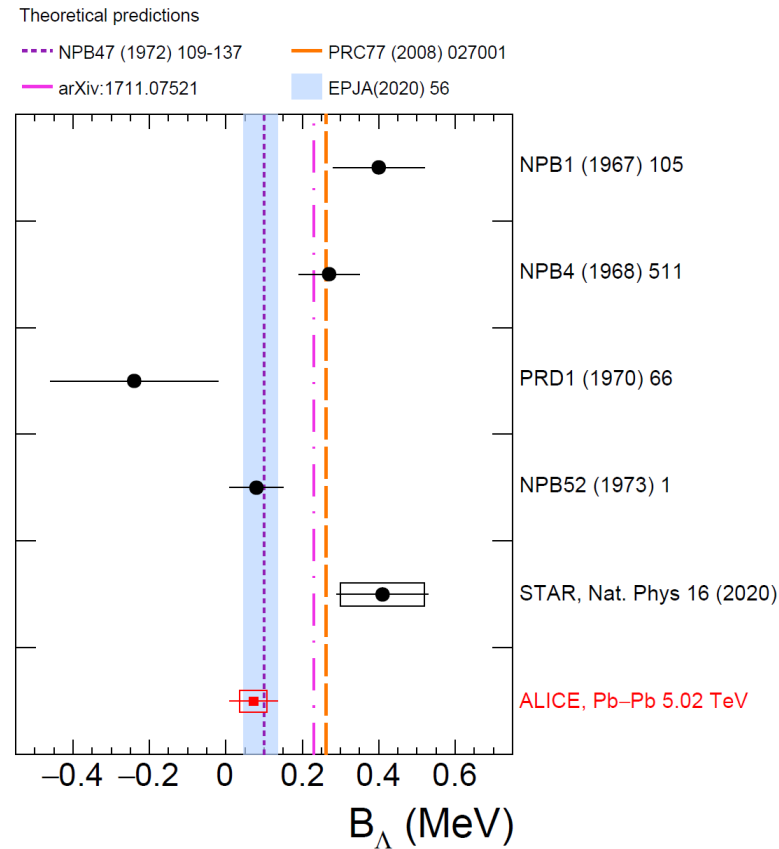
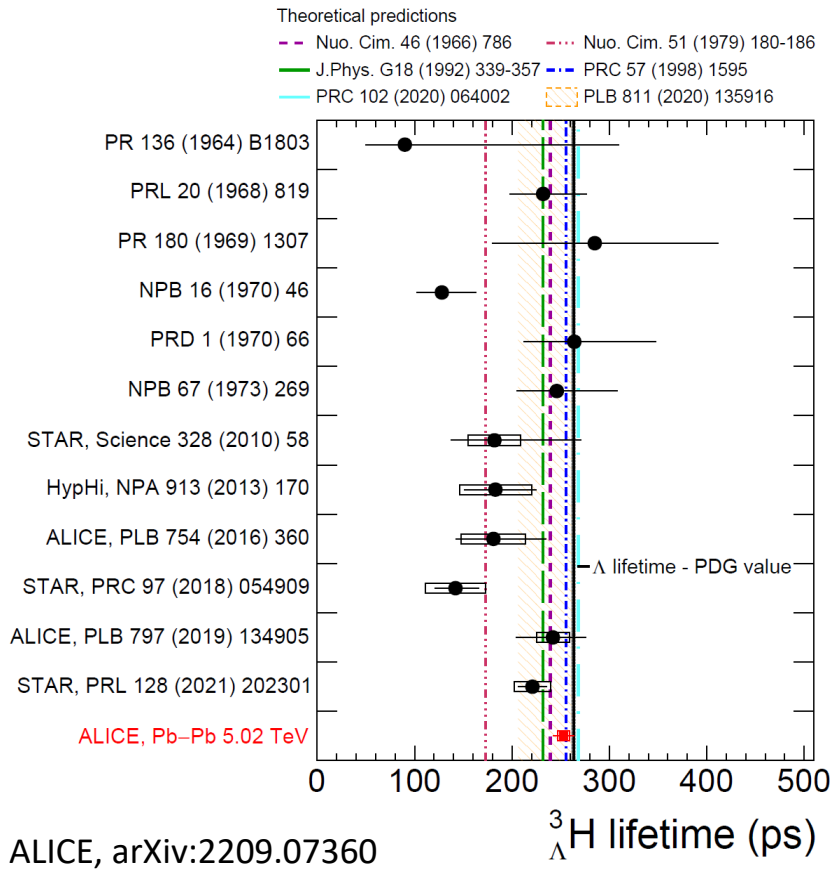


ALICE, arXiv:2210.08893

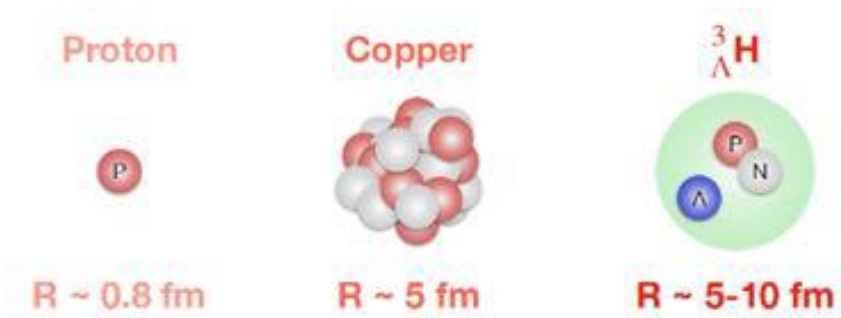


- Different states have different binding energies. Loosely bound states melt first!
- Sequential suppression of individual states provides a “thermometer” of the QGP
- Charmonium: sequential suppression + regeneration effects

Время жизни гипертритона

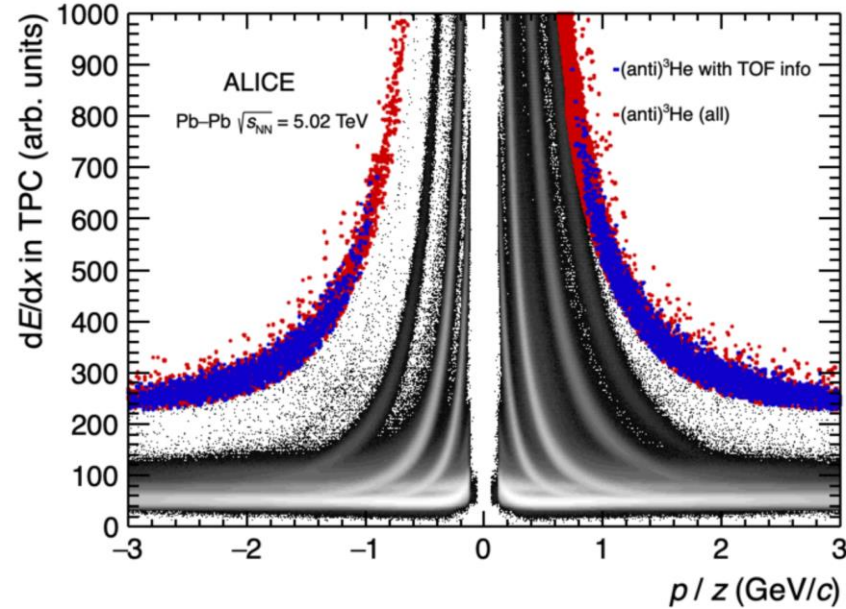
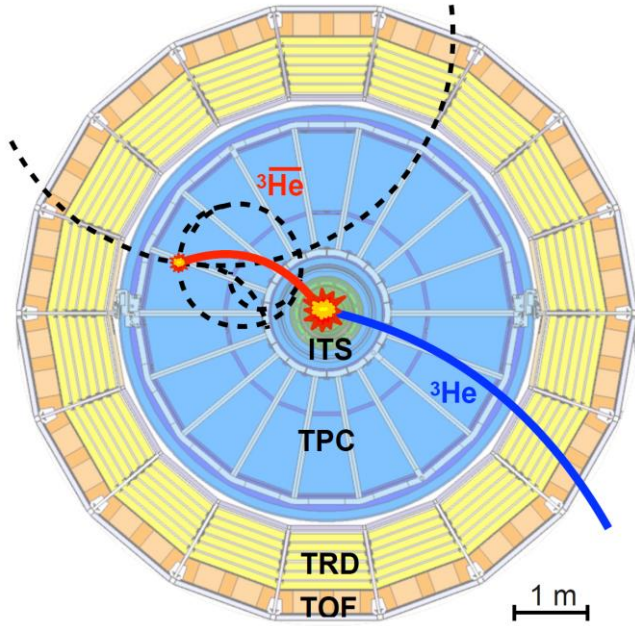


- Unprecedented precision with Pb-Pb Run 2 data
- No deviation from the free Λ lifetime
- Binding energy = 130 ± 30 keV, one of the smallest binding energies observed
→ loosely bound d- Λ molecule
- Produced in Pb-Pb collisions, despite having size comparable to medium (~ 10 fm)

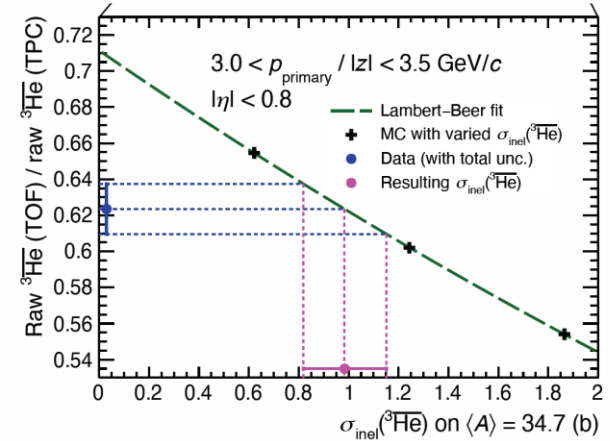


Измерение сечения взаимодействия ${}^3\overline{\text{He}}$ с веществом

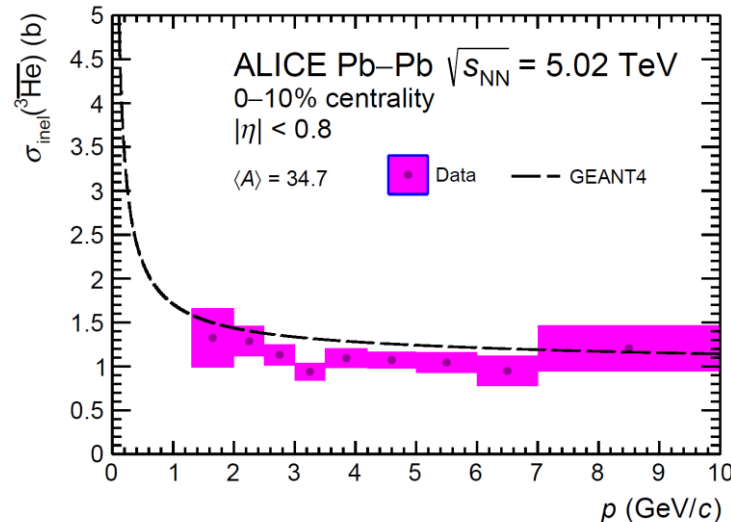
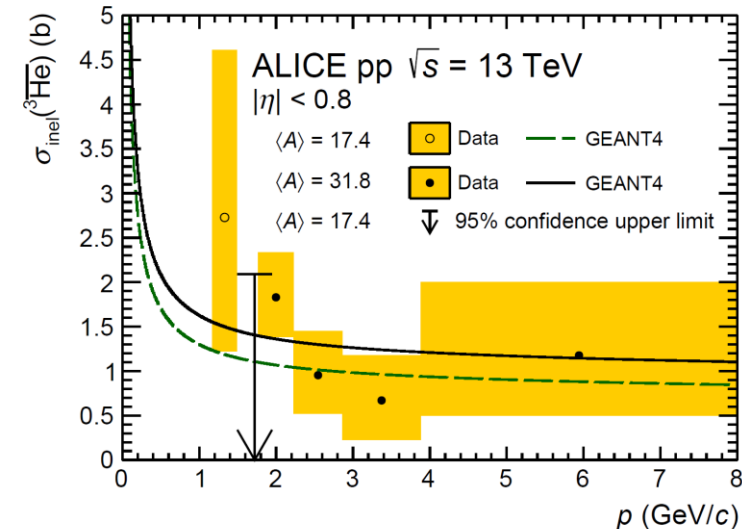
ALICE, *Nature Phys.* (2022), [2202.01549](https://doi.org/10.1038/s41567-022-01549-2)



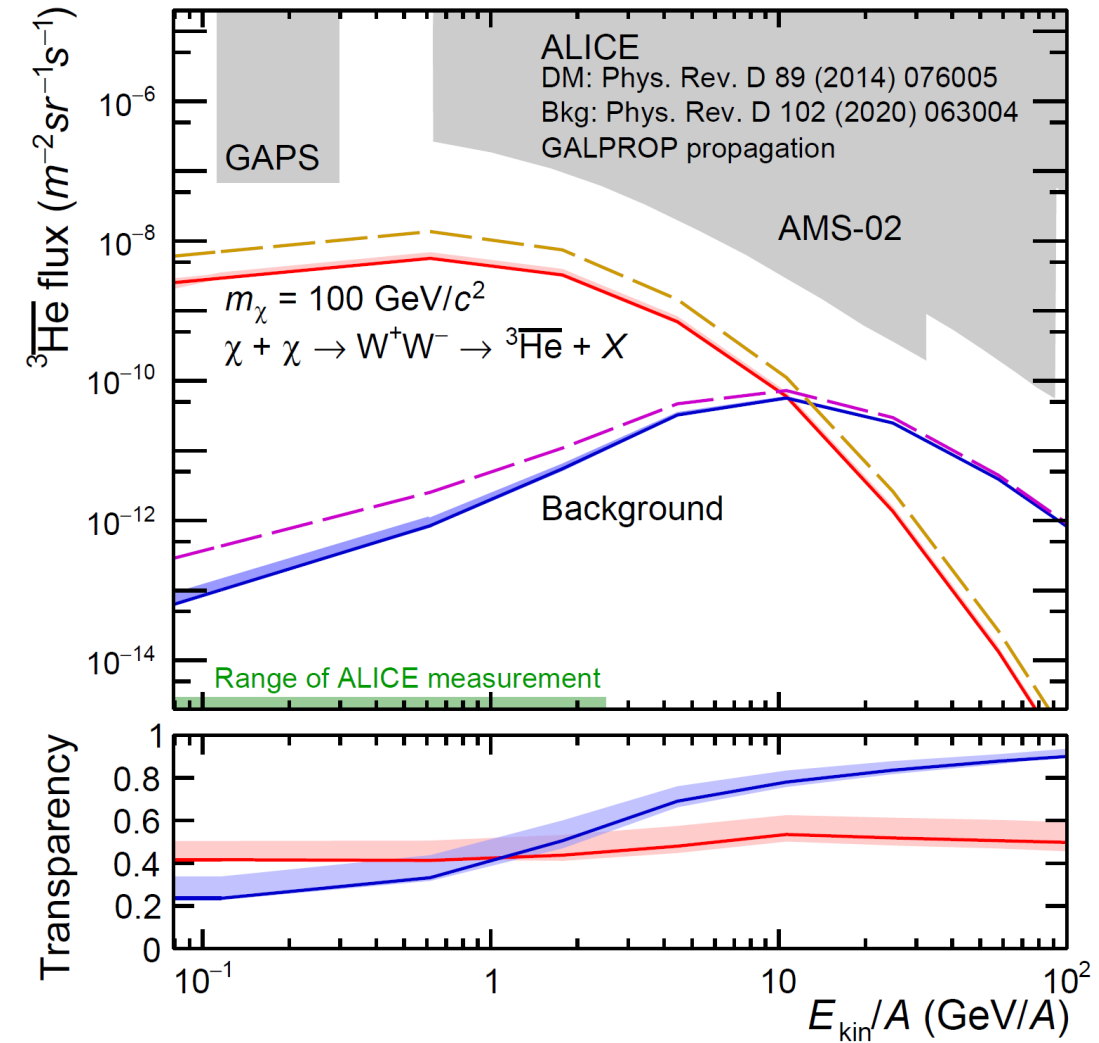
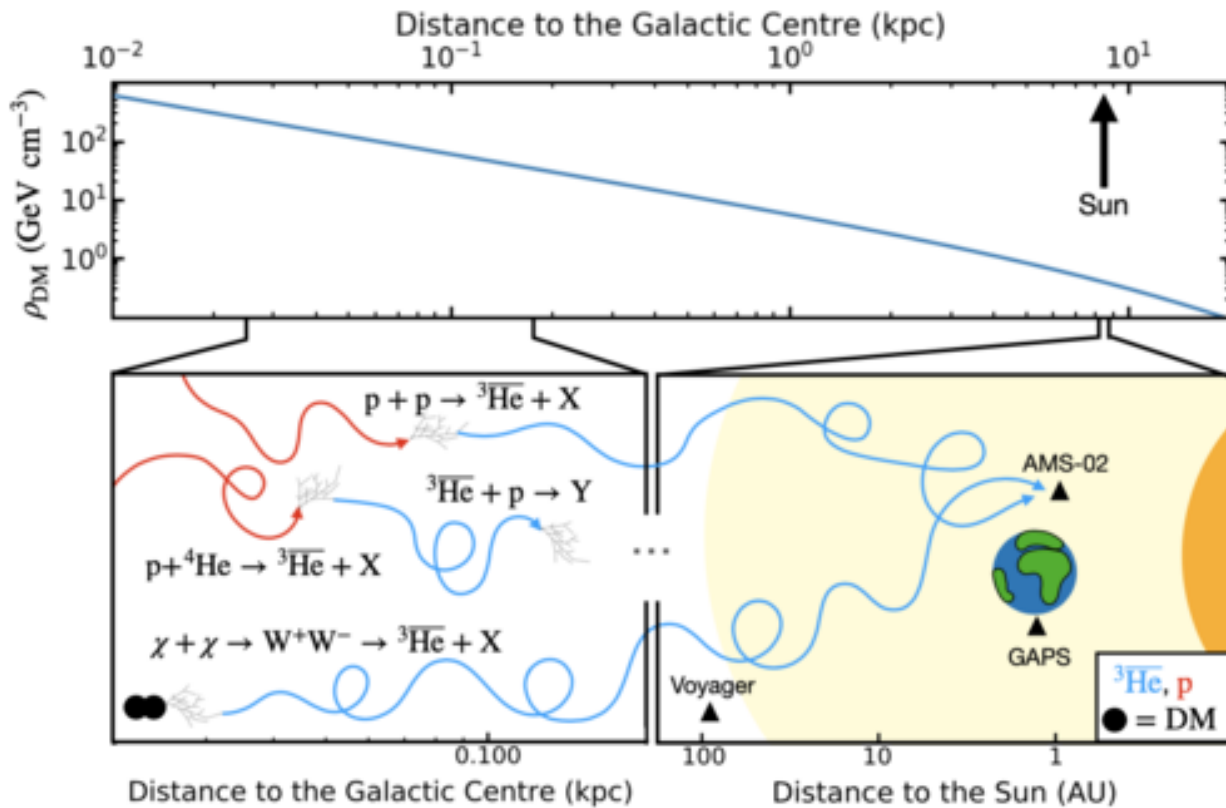
- Ожидаемое отношение выходов ${}^3\overline{\text{He}}/{}^3\text{He}$ близко к 1.
- Измеренные отношение выходов заметно меньше 1 из-за поглощения ${}^3\overline{\text{He}}$ в материале детектора:



- Впервые измерены сечения взаимодействия ${}^3\overline{\text{He}}$ с веществом (с эффективным атомным номером $\langle A \rangle$)
- Результаты в хорошем согласии с моделью, заложенной в Geant 4

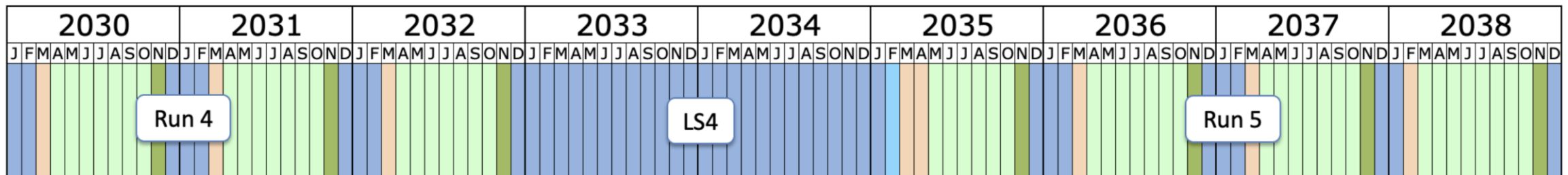
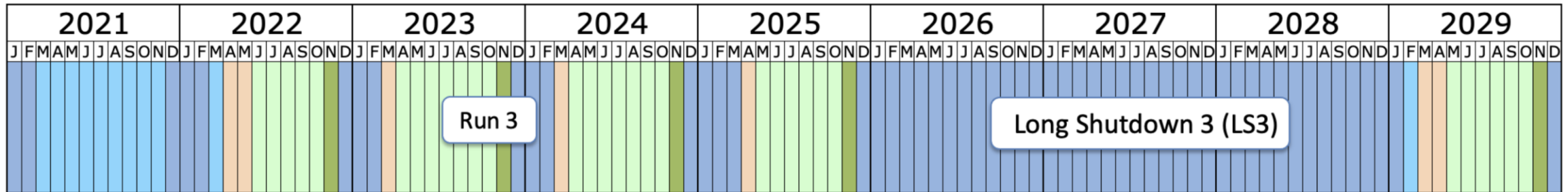


“Прозрачность” галактики для ${}^3\overline{\text{He}}$



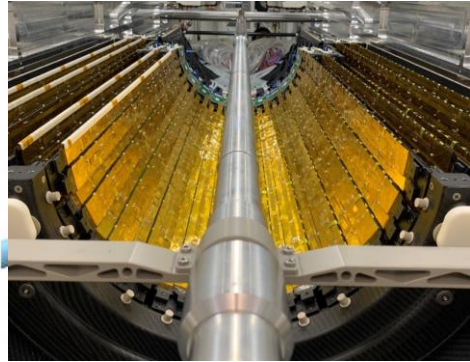
- Наблюдение anomalно больших выходов антиядер может являться одним из наиболее перспективных признаков аннигиляции частиц темной материи
- Измеренные сечения ${}^3\overline{\text{He}}$ впервые позволили оценить неопределенность, связанную с потерями ${}^3\overline{\text{He}}$ на пути к Земле

ALICE in Run 3 and beyond

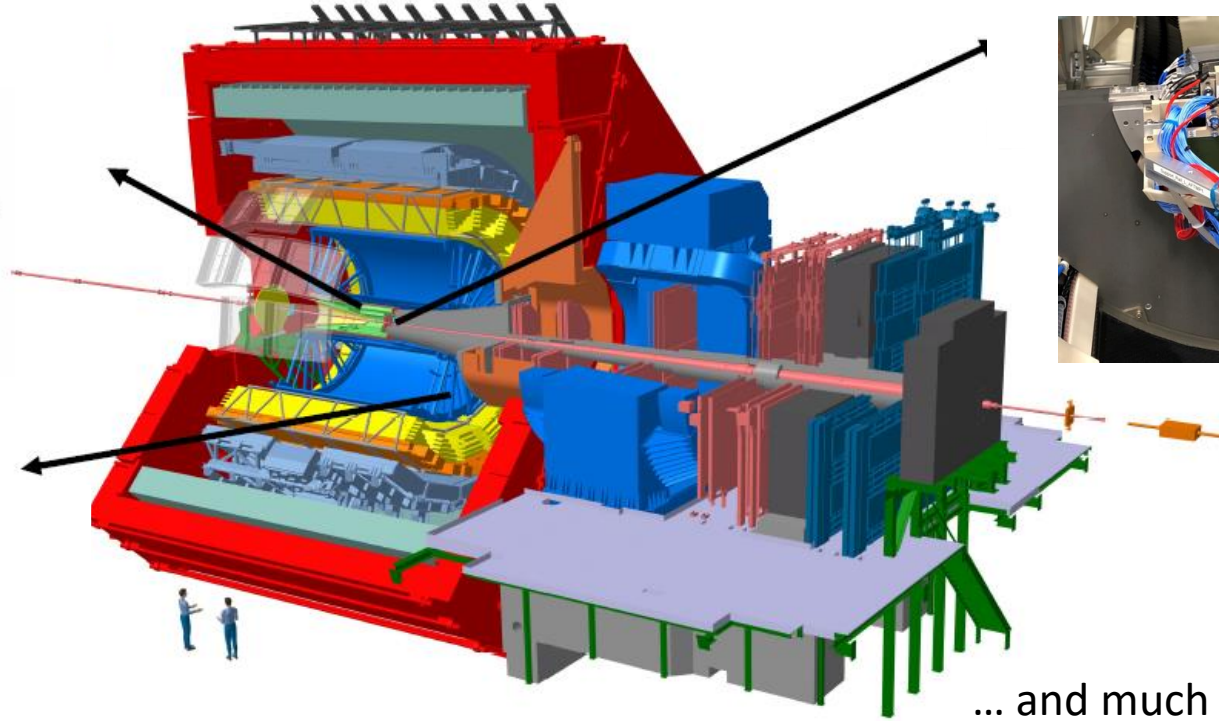
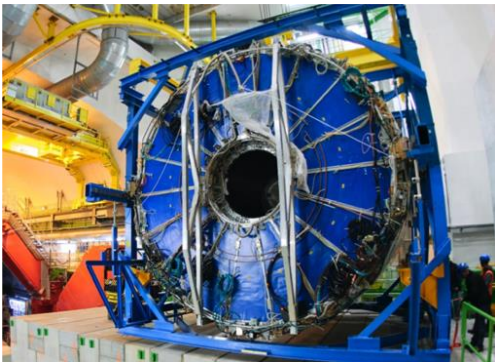


Upgrades for Run 3: reminder

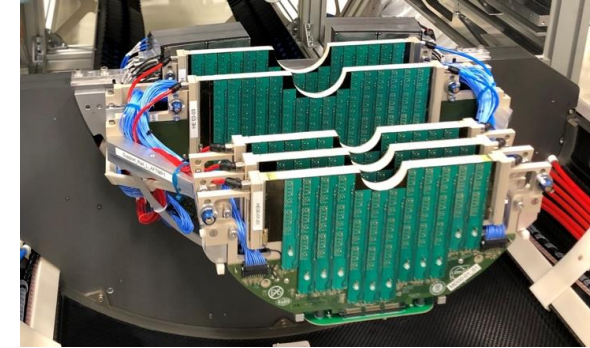
All-pixel Inner Tracking System



GEM-based TPC readout



Pixel Muon Forward Tracker



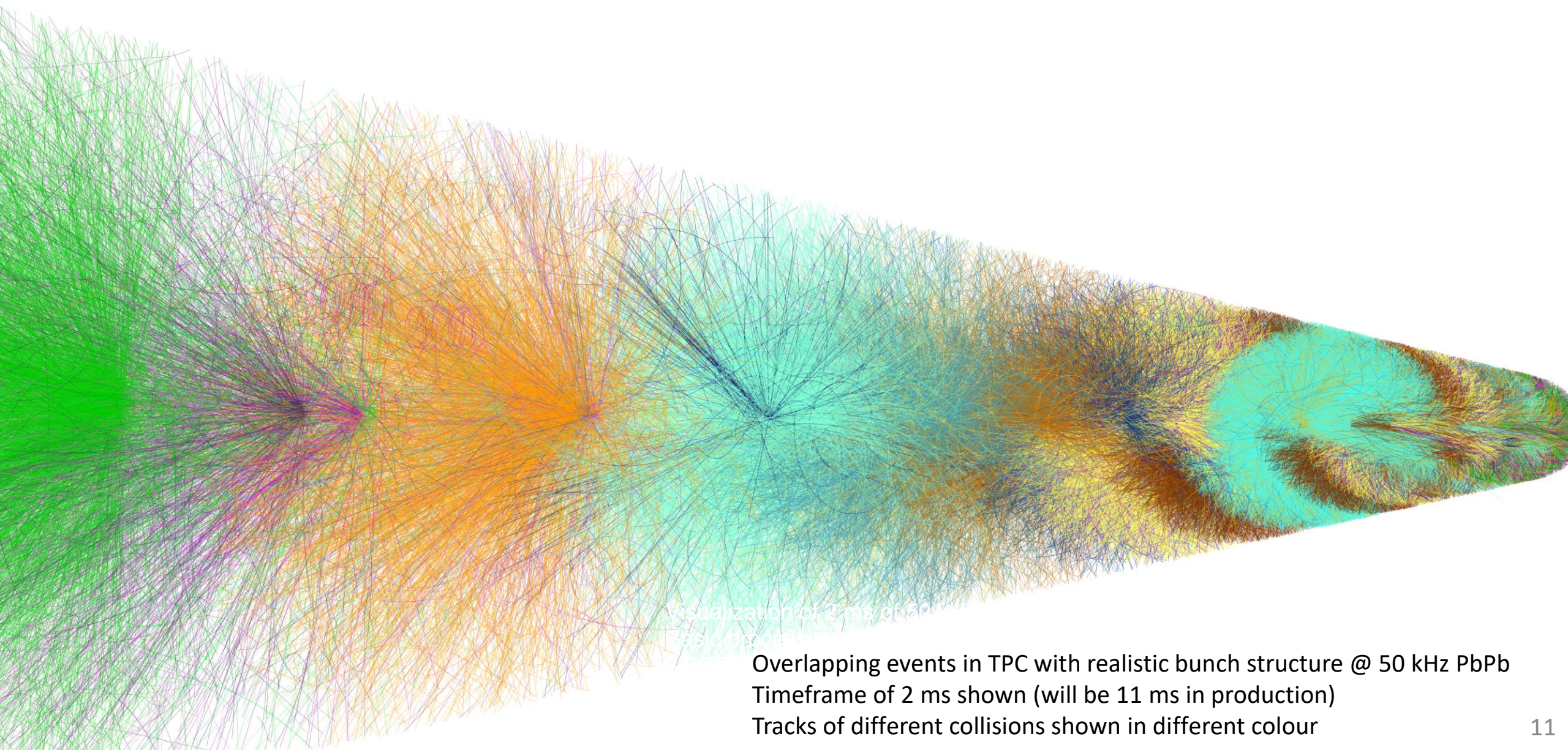
... and much more:

- Fast Interaction trigger
- New Online-Offline system
- Readout upgrade of all detectors

Main goals:

- Record minimum-bias Pb-Pb data at 50 kHz (~ 1 kHz in Run 2)
- **Collect 13/nb in Run 3&4 \rightarrow x 100 minimum bias statistics wrt Run 1&2**
- Improve tracking precision by a factor 3-6

Data processing challenge in Run 3

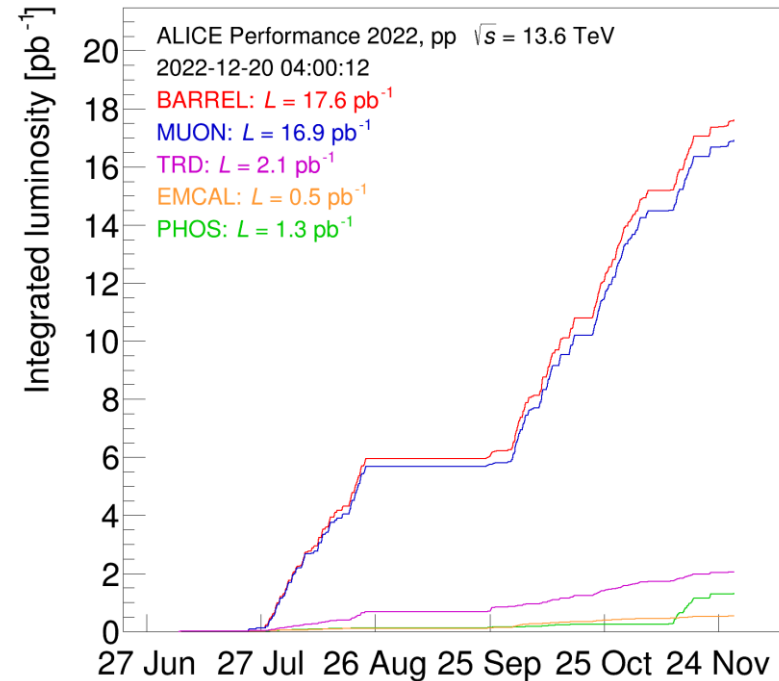
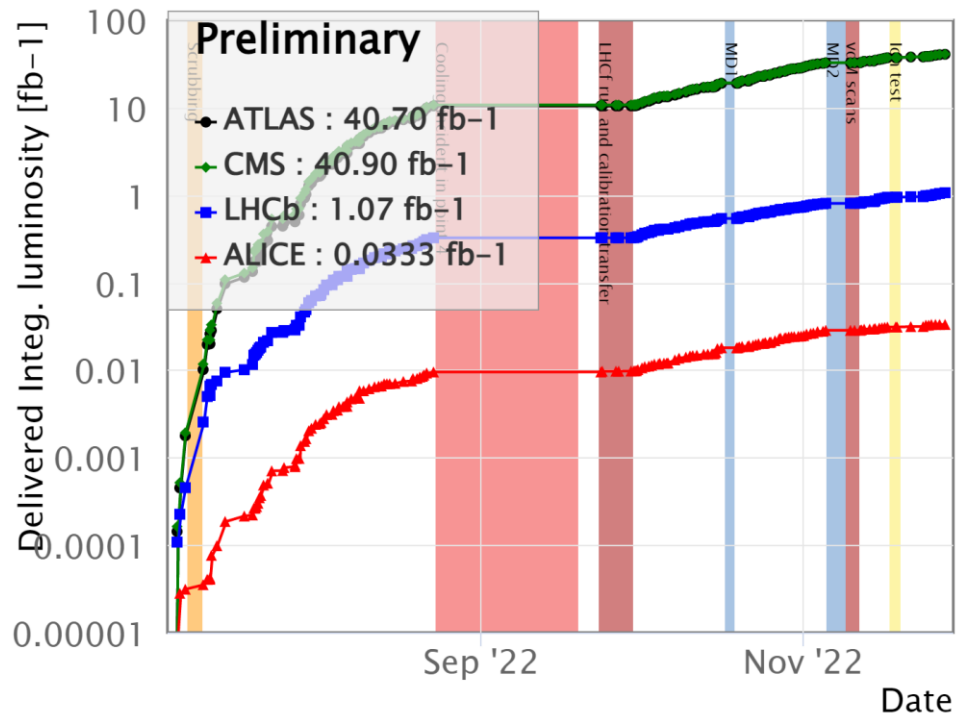


Visualization of 2 ms of 50 kHz PbPb
basic people

Overlapping events in TPC with realistic bunch structure @ 50 kHz PbPb
Timeframe of 2 ms shown (will be 11 ms in production)
Tracks of different collisions shown in different colour

Набор данных в 2022 году

Delivered Luminosity 2022



- Основная цель в pp: набор данных @ 500 кГц ($\mu \sim 0.03$)
- Большое количество high-rate тестов до 4 МГц (эквивалент Pb-Pb @ 50 кГц по количеству треков)
 - Основная выявленная проблема: слишком большой объем данных из TRC
 - -> разрабатываются дополнительные механизмы онлайн-сжатия данных
- Все pp данные записаны на диск (уже на порядок превышают статистику minimum bias событий в Ране 2)
- Цель: офлайн-фильтрация интересных событий (отбор ~ 1 кГц из 500кГц) и освобождение буфера к апрелю 2023



ALICE

Pb-Pb 5.36 TeV

LHC22s period

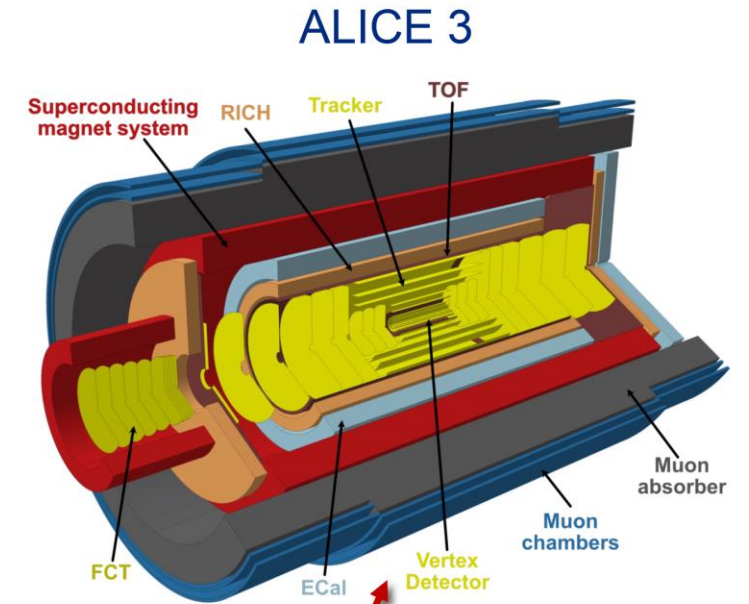
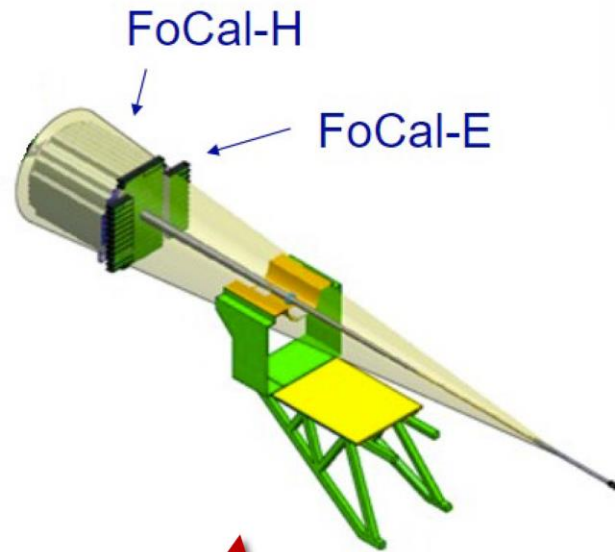
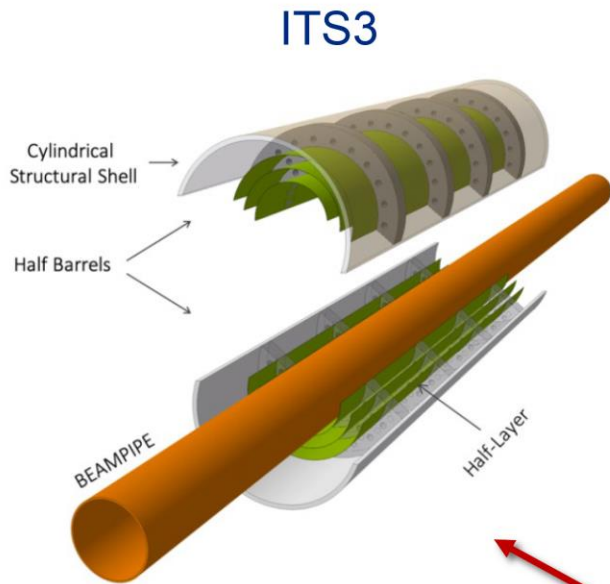
18th November 2022

16:52:47.893

First Pb-Pb collisions
in Run 3!

Total: 150 /mb

Future upgrades



Задачи группы ПИЯФ



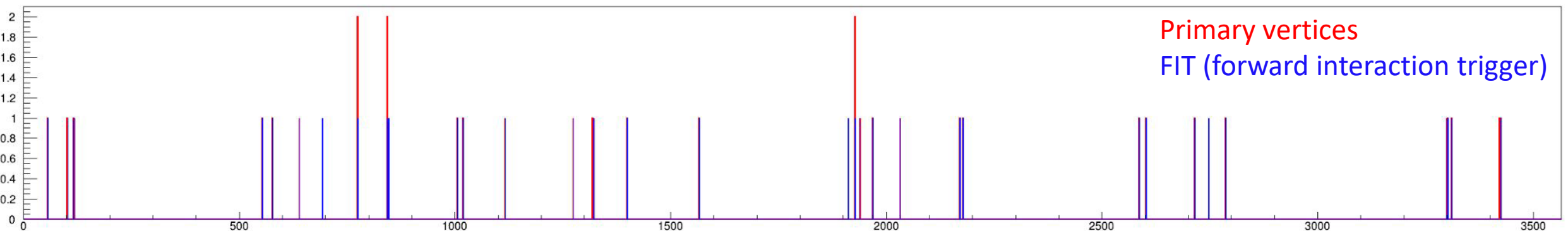
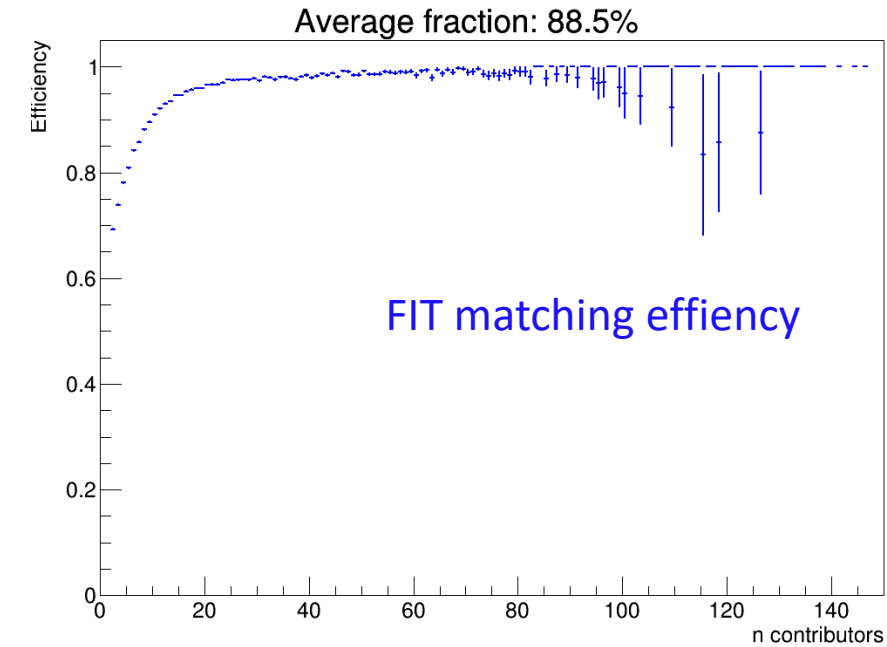
- Участие в обработке данных по рождению короткоживущих резонансов
- Участие в обработке данных по рождению дилептонов и векторных мезонов в ультра-периферических p-Pb и Pb-Pb столкновениях, включая проведение соответствующих теоретических расчетов
- Исследование возможностей поиска новой физики в UPC
- Разработка и поддержка централизованной системы отбора событий для Run 3
- Участие в ремонте и апгрейде трековых камер мюонного спектрометра и вершинного трекера мюонного плеча
- Участие в сменах:
 - 24 центральных смены ALICE
 - 5 on-call смен МТК (мюонные камеры)
 - 14 on-call смен МФТ (форвардный мюонный трекер)

Централизованная система отбора событий



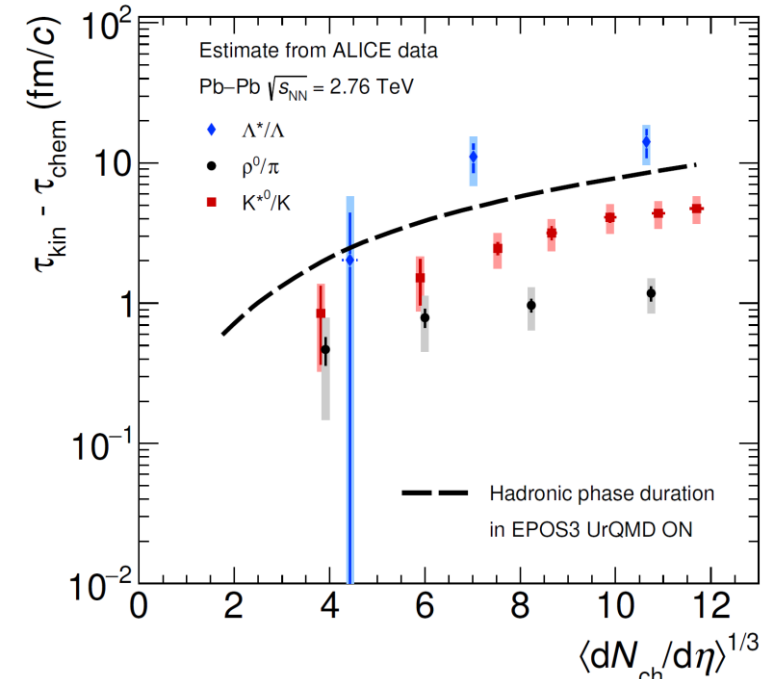
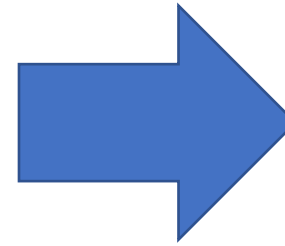
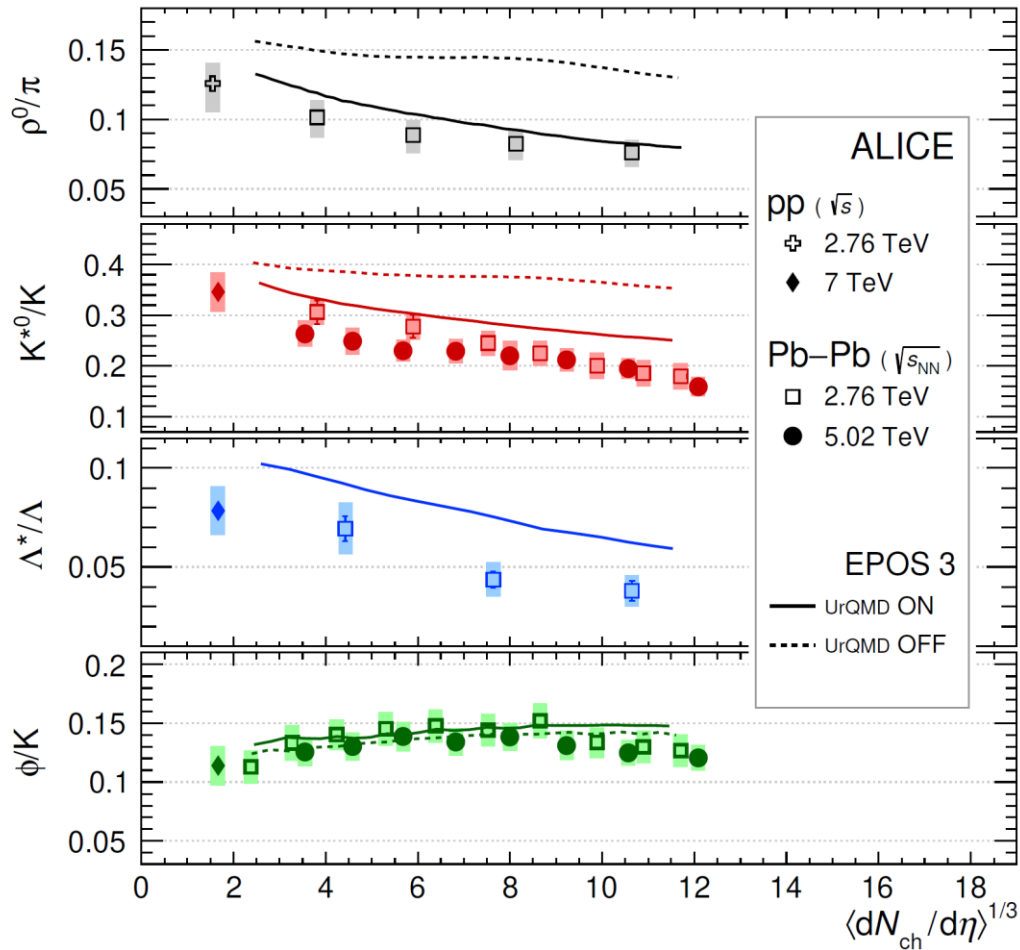
Main duties:

- Selection of triggered events
- Tools for beam-gas rejection
- Tools for pileup rejection
- Matching of primary vertices and forward detector info (new in Run 3)
- Preserve compatibility with Run2-converted data
- Quality control of event selection
- Maintenance of Conditional Data Base
- Luminosity and statistics monitoring tools
- Maintenance of event selection QA site:
<https://evsel-qa.web.cern.ch/data/>
- Reports at coordination meetings of the Data Preparation Group



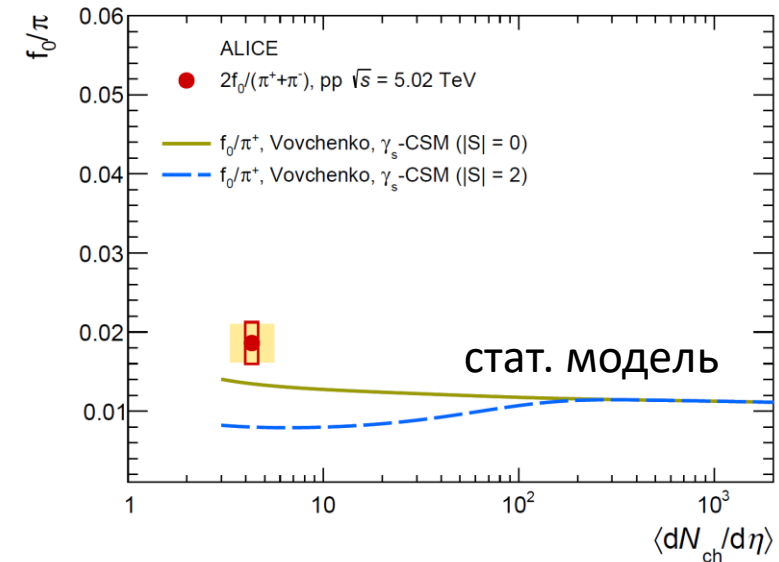
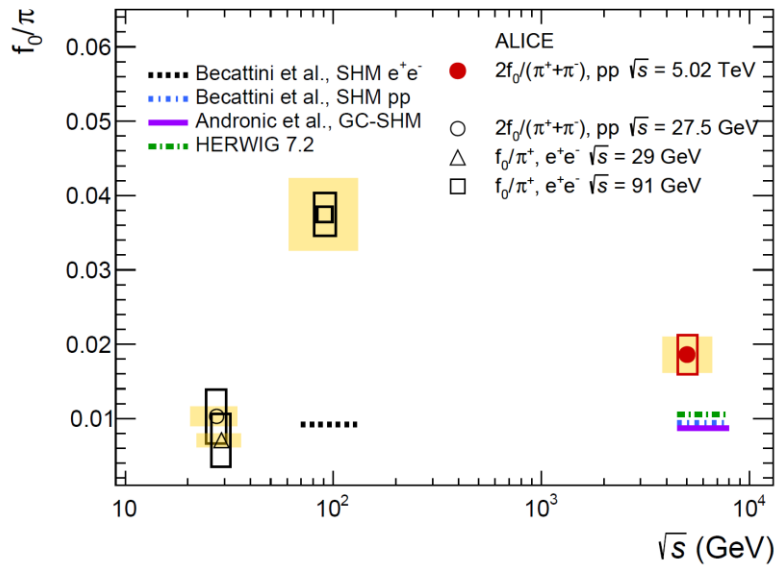
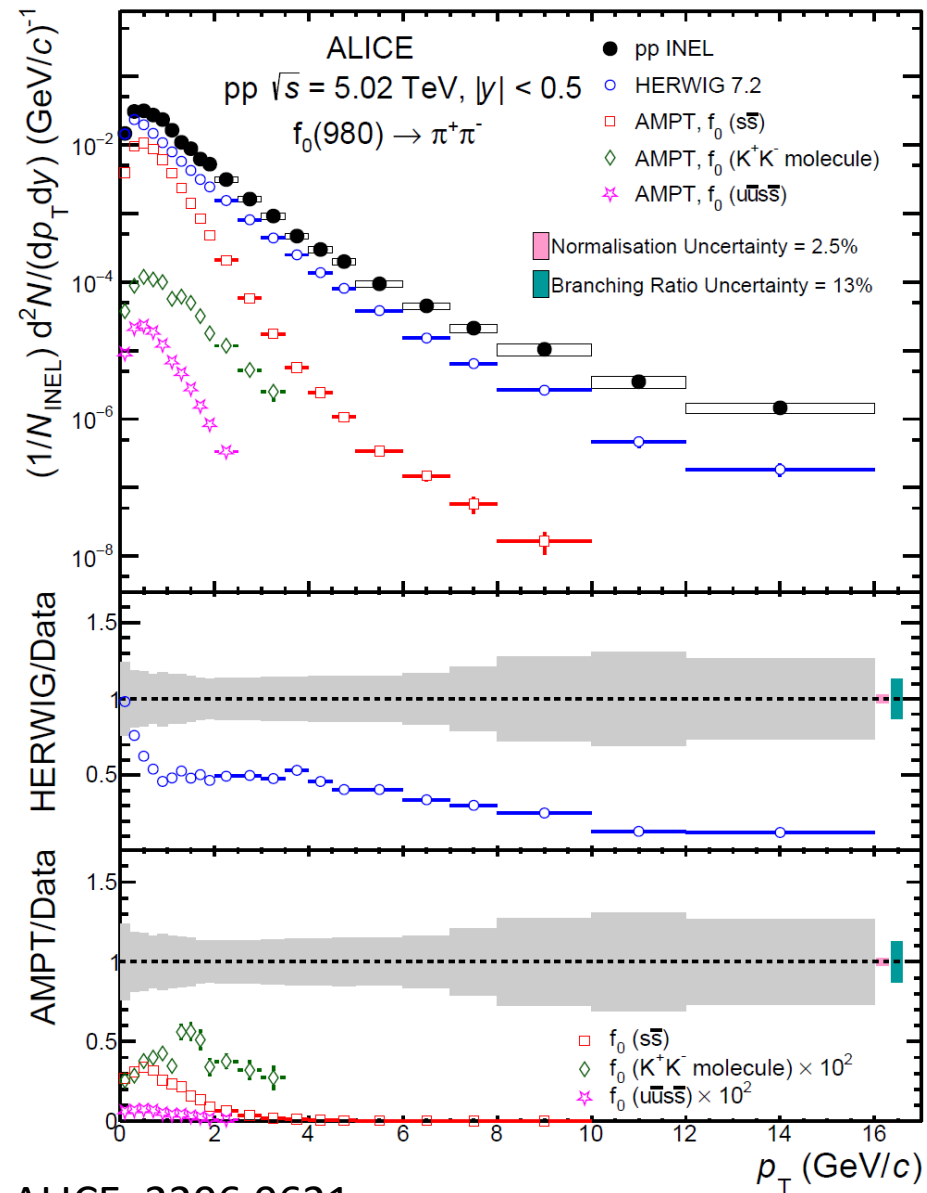
Резонансы и время жизни адронной фазы

Lifetime [fm/c]: ρ [1.3] < K^* [4.2] < Λ^* [12.6] < Ξ^{0*} [21.7] < ϕ [46.2]



- Время жизни резонансов сравнимо с типичными временами эволюции ядро-ядерных столкновений (~ 10 фм/с)
→ Изучение резонансов позволяет судить о времени существования адронной фазы
- Наблюдается подавление короткоживущих резонансов в более центральных событиях
- Извлеченное время жизни адронной фазы варьируется в большом диапазоне от 1 до 10 фм/с. Разные времена “заморозки” для разных резонансов?

Структура $f^0(980)$

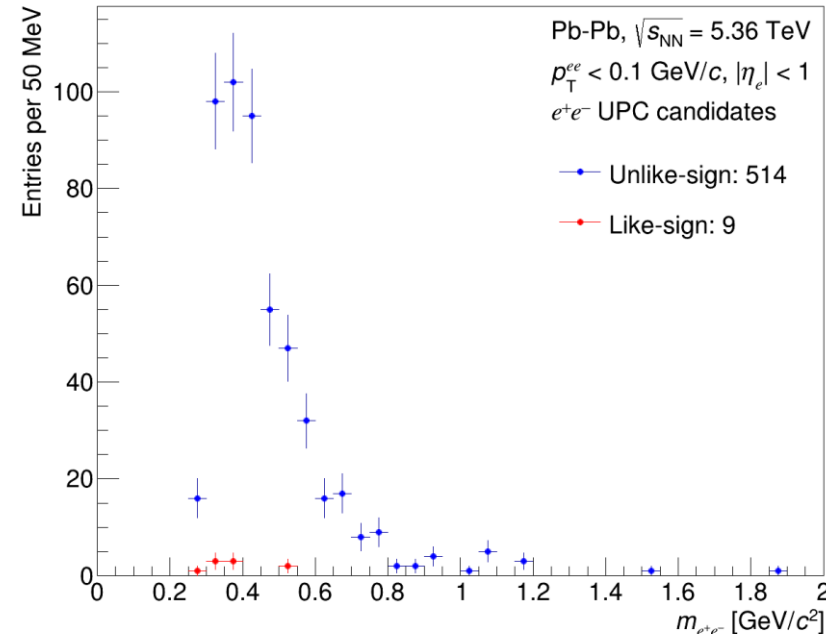
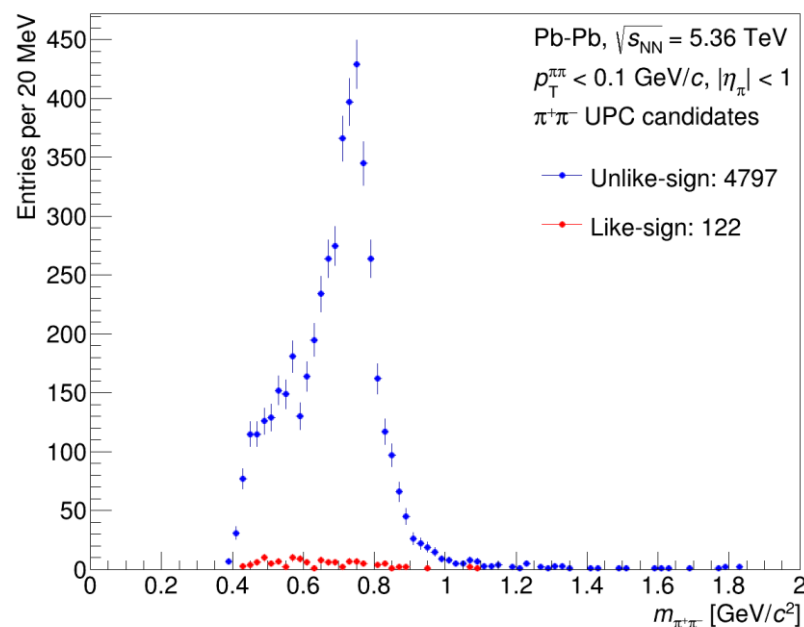
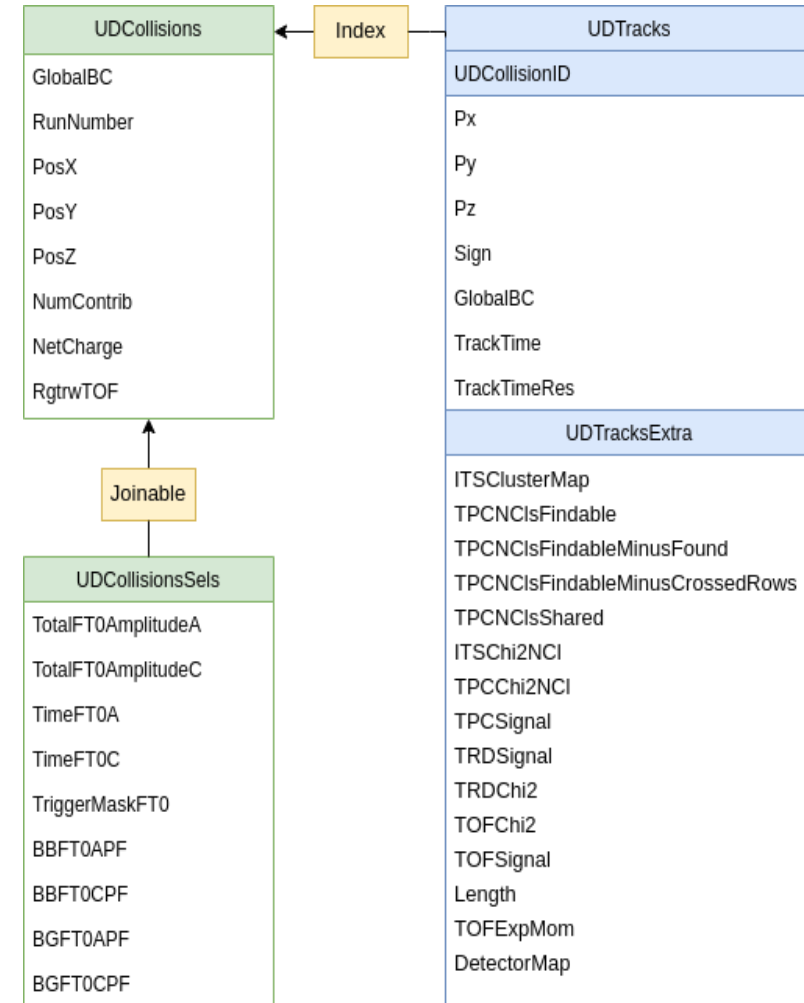


- Различные гипотезы о структуре $f^0(980)$:
 $q\bar{q}$, $q\bar{q}s\bar{s}$, $K\bar{K}$
- Спектры $f^0(980)$ позволяют судить о его структуре
- В коалесцентной модели ожидаемые выходы для двух-кварковой и четырех-кварковой структуры отличаются на несколько порядков
- Все модели недооценивают выход $f^0(980)$ в pp

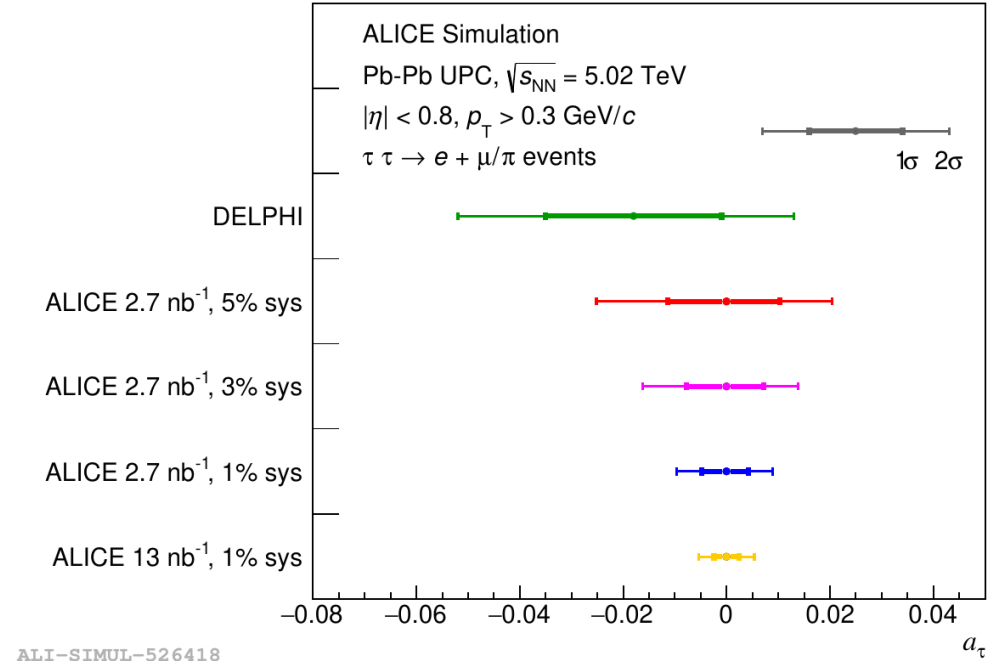
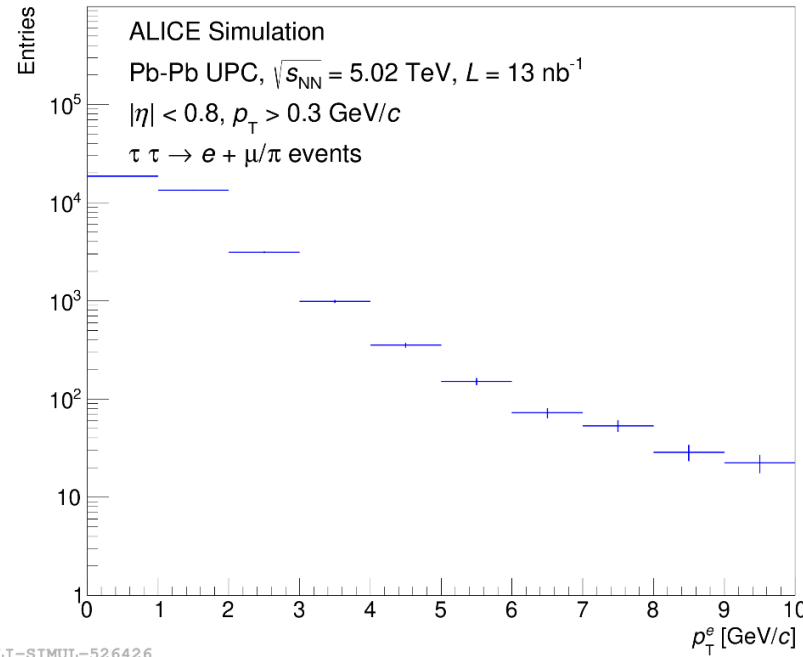
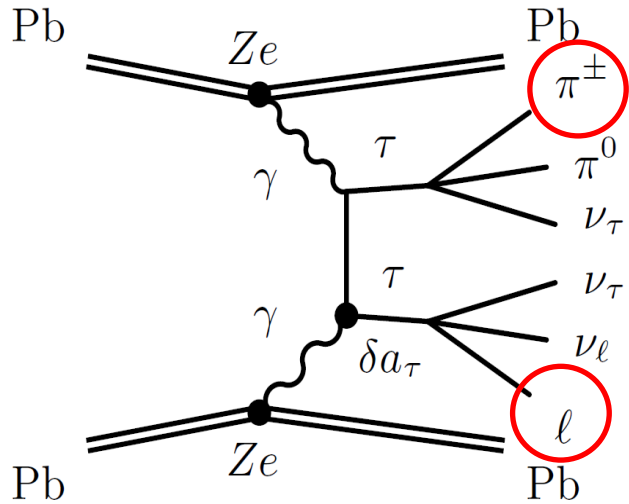
Система отбора ультра-периферических событий



- Новая модель данных + режим непрерывного считывания → необходимо с нуля разработать алгоритмы отбора UPC
- Группой ПИЯФ разработана система отбора UPC событий, модель UPC данных и алгоритмы оценки качества реконструкции данных: <https://github.com/AliceO2Group/O2Physics/tree/master/PWGUD>
- Два этапа: фильтрация + анализ
- Алгоритмы успешно протестированы на первых Pb-Pb данных
- Также подходят для анализа событий центральной дифракции в pp

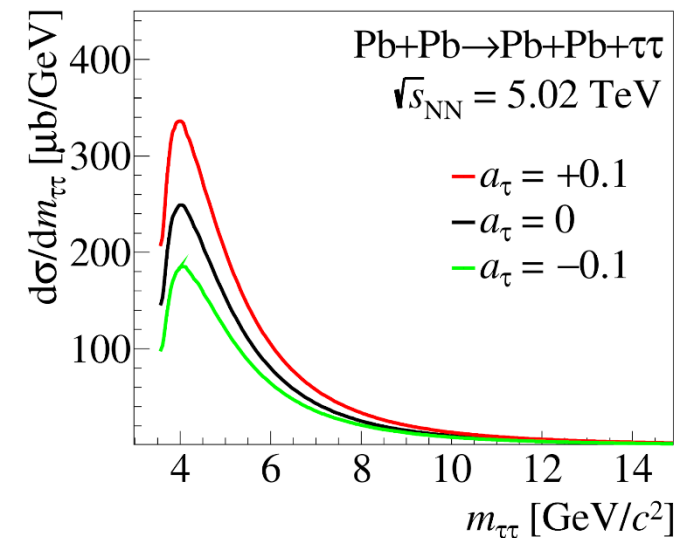


Перспективы измерений a_τ в UPC



ALI-SIMUL-526426

ALI-SIMUL-526418



- Сечение рождения тау-лептонных пар в UPC чувствительно к значению аномального магнитного момента a_τ
→ семинар Назара Бурмасова 31 мая 2022
- В 2022 году проведено реалистичное моделирование, отработаны алгоритмы отбора событий и получены уточненные оценки числа сигнальных событий и возможных пределов на a_τ

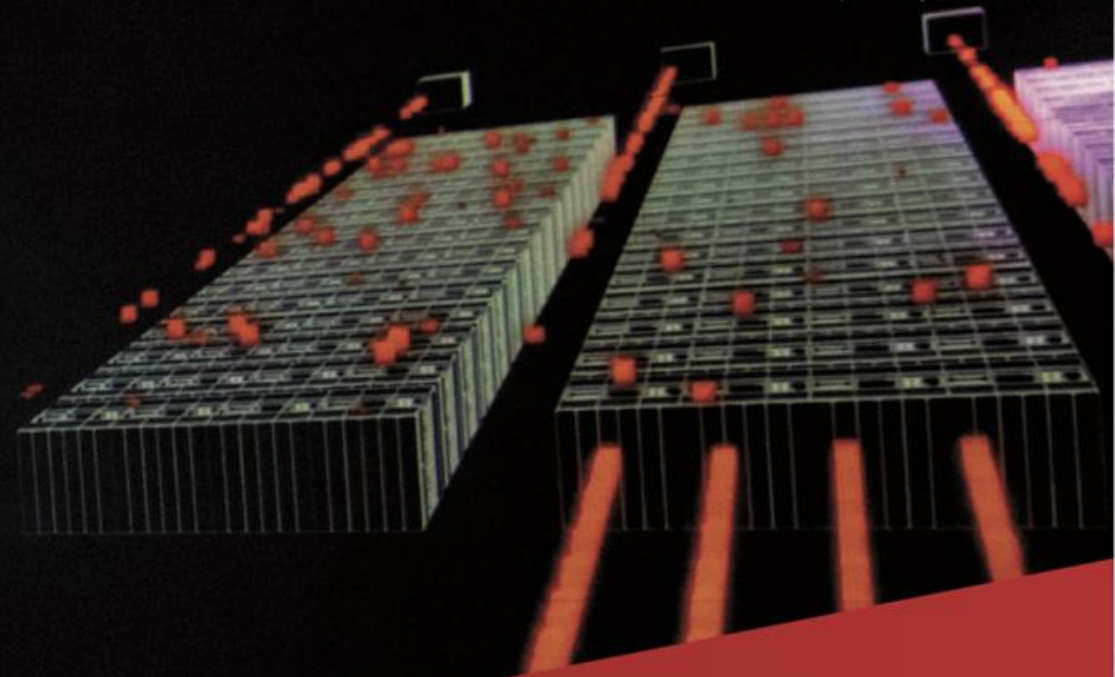
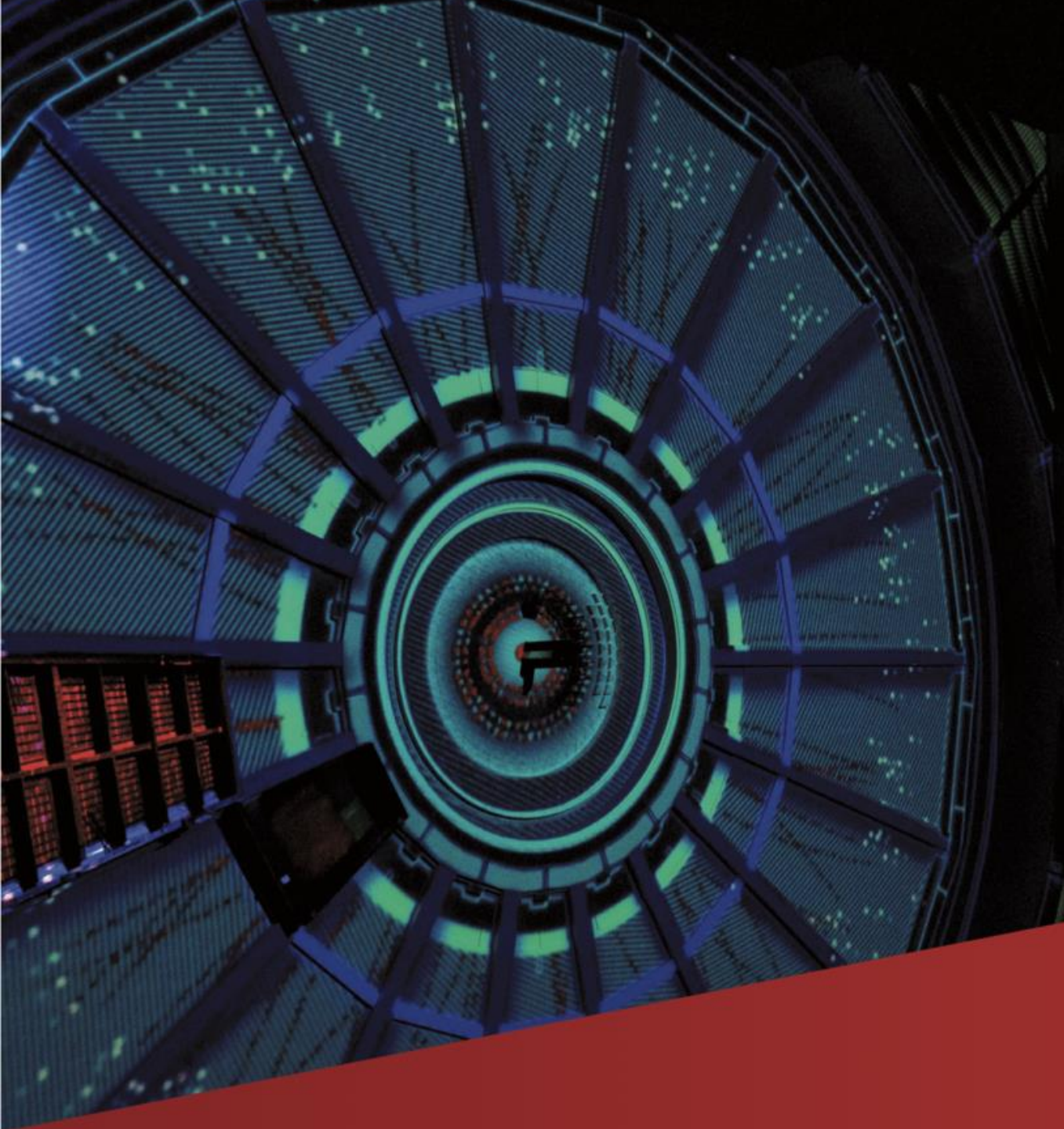
Доклады на конференциях



- N. Burmasov. Search for new physics with ultraperipheral collisions at the LHC. LXXII International conference "Nucleus-2022: Fundamental problems and applications". (16-22 June 2022, Moscow, Russia).
- N. Burmasov for the ALICE collaboration. Perspectives of tau g-2 measurements with ALICE. XI International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2022). (30 August - 11 September 2022, Kolymbari, Crete, Greece).
- N. Burmasov. Prospects of light-by-light scattering measurements and axion-like particle searches at the LHC. International conference PhysicA.SPb/2022. (17-21 October 2022, St. Petersburg, Russia).
- V. Guzey. Target Fragmentation and diffraction physics with novel processes: ultraperipheral, electron-ion, and hadron collision. Photon structure and energy dependence of diffraction, CFNS Workshop (Рабочее совещание, Feb 9-11, 2022)
- V. Guzey. Target Fragmentation and diffraction physics with novel processes: ultraperipheral, electron-ion, and hadron collision. Jets in UPCs, CFNS Workshop. (Рабочее совещание, Feb 9-11, 2022)
- E. Kryshen for the ALICE collaboration. ALICE performance highlights. LHCP conference. (16 May 2022, Taipei, Taiwan).
- E. Kryshen for the ALICE collaboration. Recent ALICE results on photon-induced interactions. 13th International workshop on Multiple Partonic Interactions at the LHC (MPI@LHC 2022). (15 Nov 2022, Madrid, Spain).
- E. Kryshen for the ALICE collaboration. Overview of recent heavy-ion collision results from ALICE. 6th International Conference on Particle Physics and Astrophysics. (2 December 2022, Moscow, Russia).
- M. Malaev. Prospects for the study of the hot QCD matter with heavy-flavor probes at ALICE-3 (HL-LHC). 6th International Conference on Particle Physics and Astrophysics. (2 December 2022, Moscow, Russia).

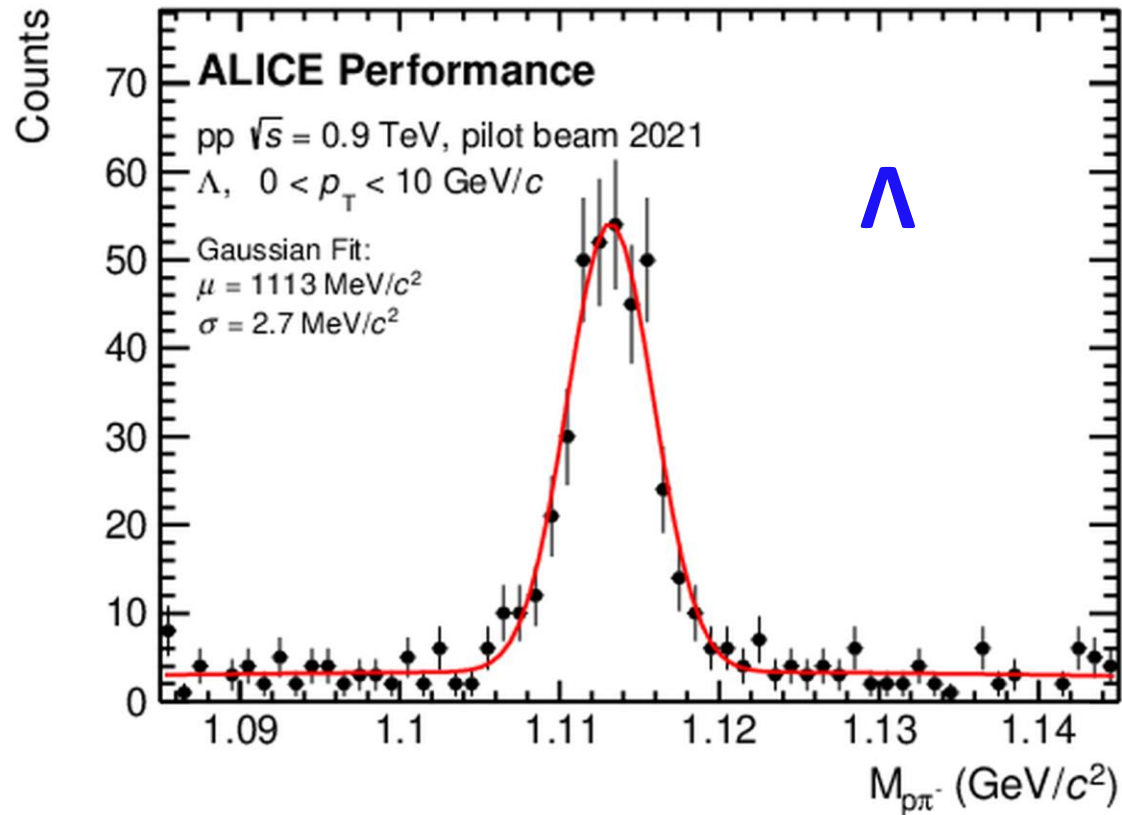
- **30 коллаборационных публикаций**
- **Неколлаборационные публикации по UPC:**
 - V. Guzey, E. Kryshen, M. Strikman, M. Zhalov. Photoproduction of J/ψ in d+Au ultraperipheral collisions at the BNL Relativistic Heavy Ion Collider. Phys. Rev. C 106 (2022) 064909
 - V. Guzey, M. Strikman, M. Zhalov. UPC contribution to forward rapidity gap distribution in pPb collisions at the LHC. Phys.Rev.C 106 (2022) L021901
 - N. Burmasov, Central Diffraction and Ultra-Peripheral Collisions in ALICE in Run 3 and 4. Phys. Part. Nucl. 53 (2022), 297
 - N. Burmasov, E. Kryshen, P. Buehler, R. Lavicka. Upcgen: A Monte Carlo simulation program for dilepton pair production in ultra-peripheral collisions of heavy ions. Comput. Phys. Commun. 277 (2022) 10838
- **Семинары ОФВЭ:**
 - В. Рябов. Поляризационные эффекты в столкновениях тяжёлых ионов на БАК. 11 января 2022
 - Н. Бурмасов. Поиск новой физики в ультра-периферических столкновениях на Большом Адронном Коллайдере. 31 мая 2022
 - В. Гузей. Вклад ультрапериферических столкновений в дифракционное протон-ядерное рассеяние на БАК. 7 июня 2022
 - А. Дьяченко. Развитие неравновесного гидродинамического подхода при описании эмиссии высокоэнергетических вторичных частиц в столкновениях тяжелых ионов промежуточных энергий (от столкновений солитонов к образованию темной материи). 8 ноября 2022

SEASON'S GREETINGS

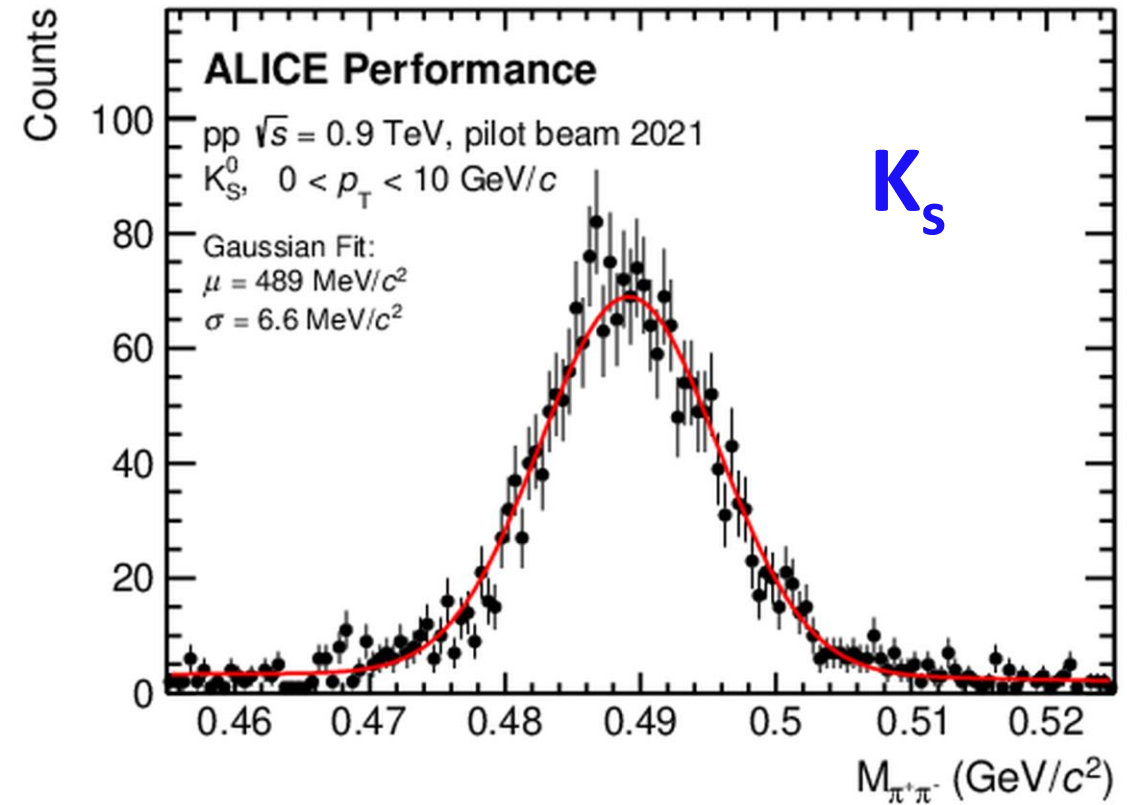


ALICE

Strangeness in the pilot beam



ALI-PERF-502948

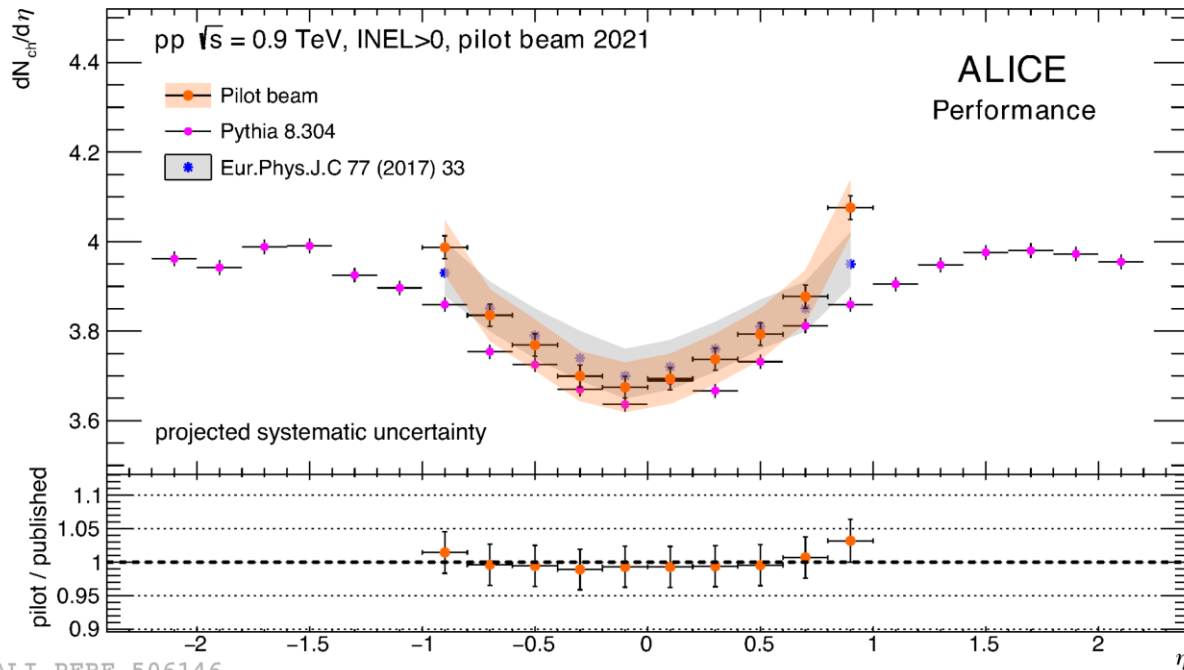


ALI-PERF-502953

See talk by David Chinellato on [Strangeness tracking](#)

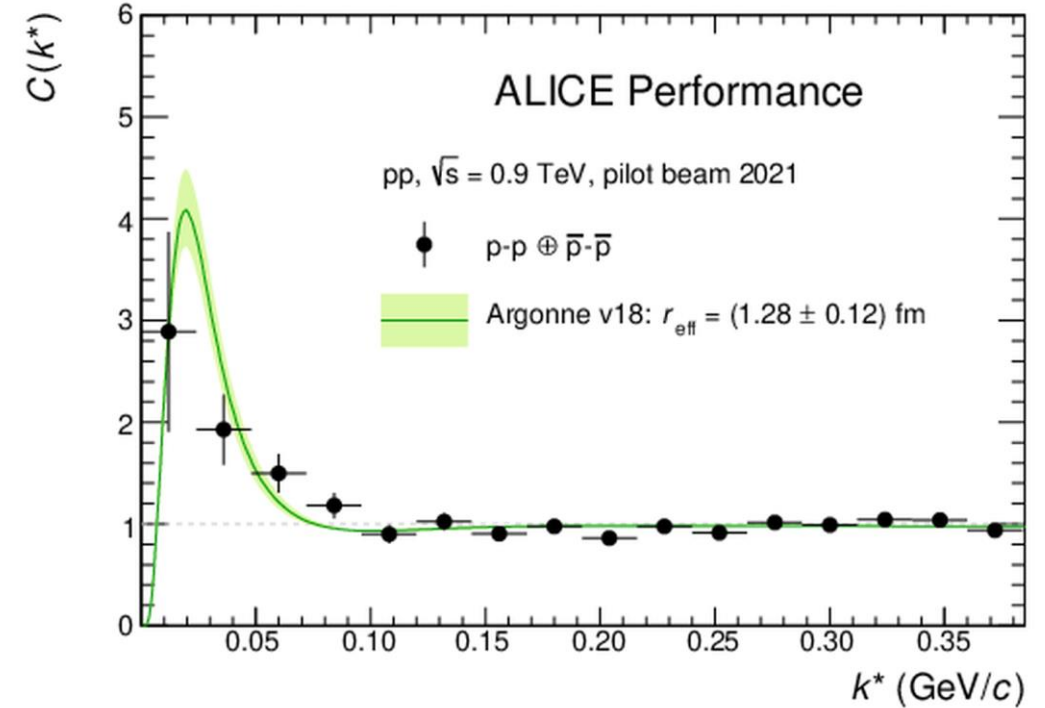
Benchmark physics analyses

Charged particle density vs η



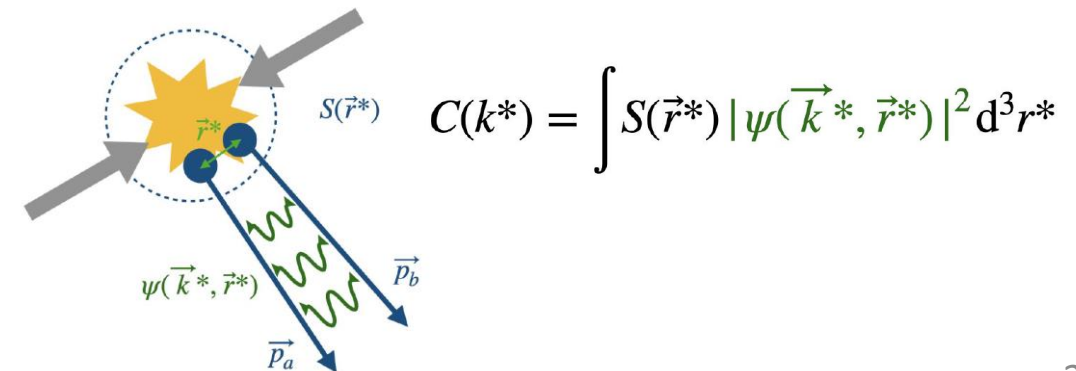
ALI-PERF-506146

Proton-proton correlation function



ALI-PERF-503088

- Several benchmark physics analyses with pilot beam data are being finalized
- Good agreement with past results at 900 GeV



$$C(k^*) = \int S(\vec{r}^*) |\psi(\vec{k}^*, \vec{r}^*)|^2 d^3r^*$$