



Эксперимент ALICE

Е. Крышень

Научная сессия ОФВЭ

23 декабря 2021

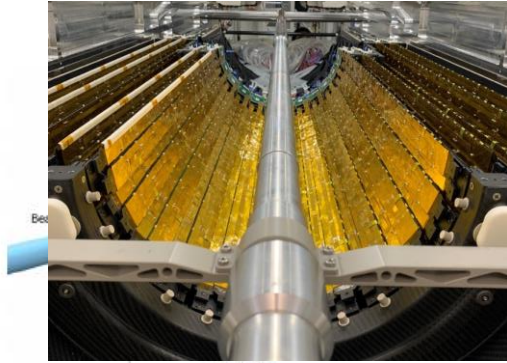
Задачи группы ПИЯФ в 2021 году

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

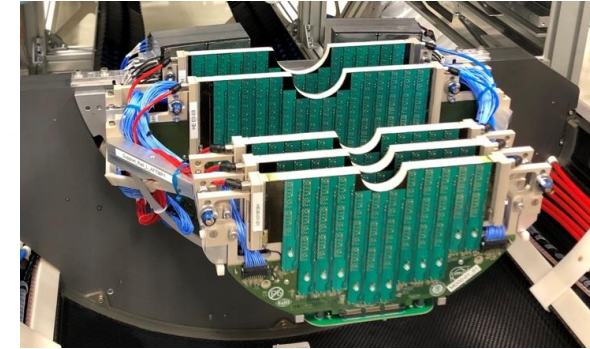
- Участие в обработке данных по **фоторождению векторных мезонов** в ультра-периферических p-Pb и Pb-Pb столкновениях, включая проведение соответствующих теоретических расчетов
- Исследование возможностей поиска **новой физики в UPC на детекторе ALICE 3**
- Участие в обработке данных по **рождению короткоживущих резонансов**
- Разработка системы **отбора событий для Run 3**
- **Участие в ремонте и апгрейде** трековых камер мюонного спектрометра и вершинного трекера мюонного плеча
- Участие в **сменах** (27 смен)

Upgrades for Run 3: reminder

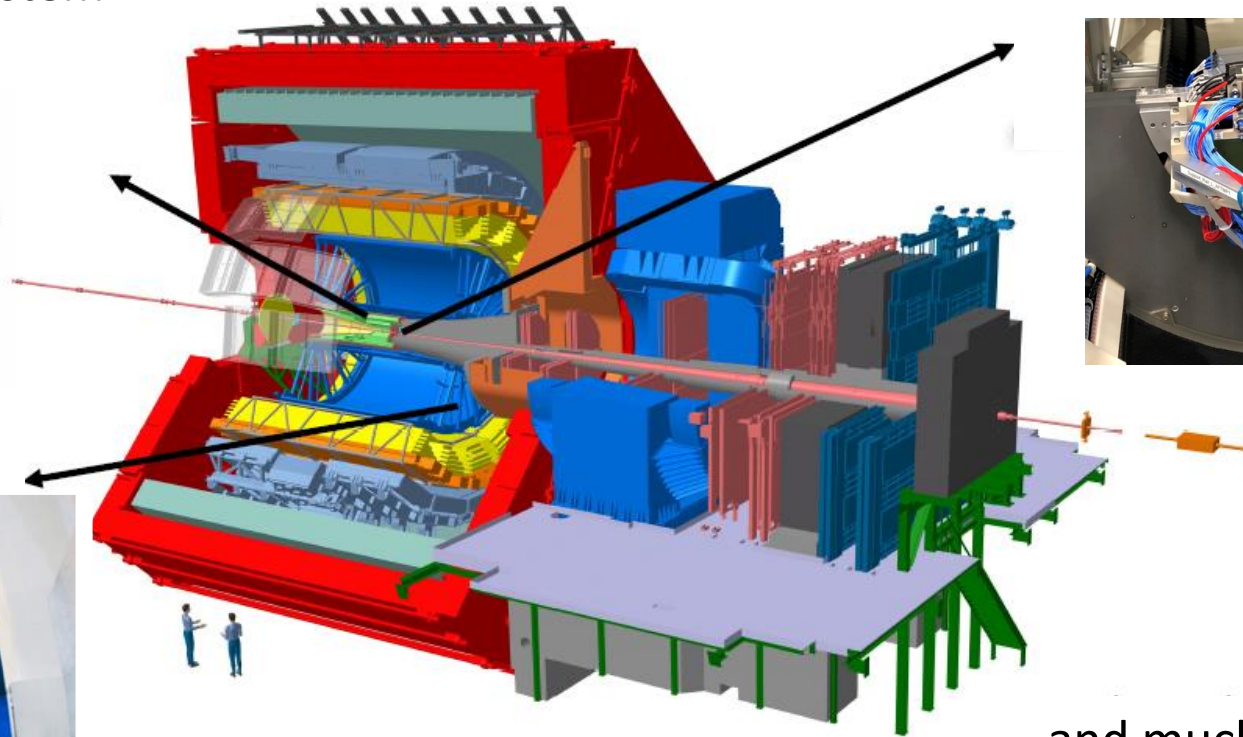
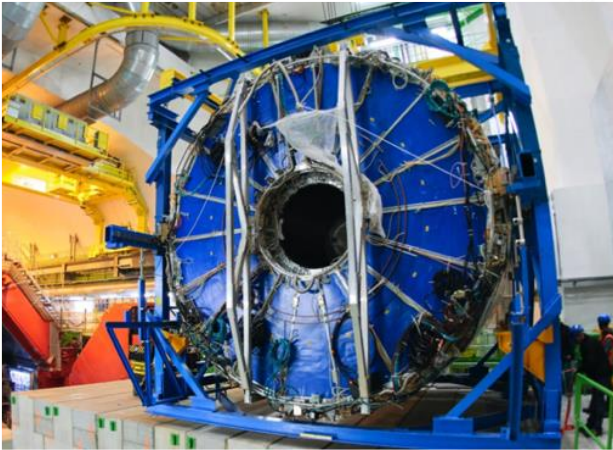
All-pixel Inner Tracking System



Pixel Muon Forward Tracker



GEM-based TPC readout



... and much more:

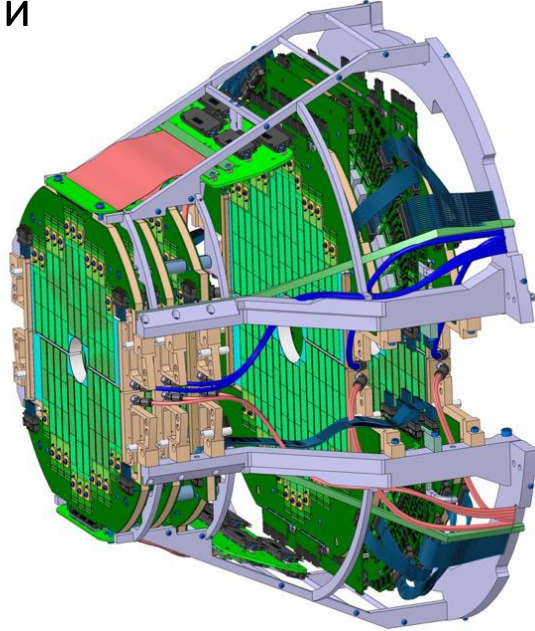
- Fast Interaction trigger
- New Online-Offline systems
- Readout upgrade of all detectors

Main goal:

- Record minimum-bias Pb-Pb data at 50kHz (~ 1 kHz in Run 2)
- Collect 13/nb in Run 3&4 \rightarrow x 100 minimum bias statistics wrt Run 1&2

MFT: мюонный форвардный трекер

- Новый детектор для реконструкции вторичных вершин (e. g. $B \rightarrow J/\psi$)
- 936 ALPIDE sensors (0.4 m^2)
- 280 ladders
- 5 дисков по 2 плоскости
- $\sim 500 \text{ M}$ пикселей
- $-3.6 < \eta < -2.45$



Вклад и ответственность ПИЯФ:

- Участие в производстве и тестировании модулей
- Холодильная установка: обеспечивает субатмосферное давление охлаждающей воды в детекторе (\rightarrow защита от утечек)

Апгрейд трековых камер мюонного плеча



Зачем:

- Увеличение скорости считывания для работы в условиях возросшей светимости
- Переход в режим непрерывного считывания

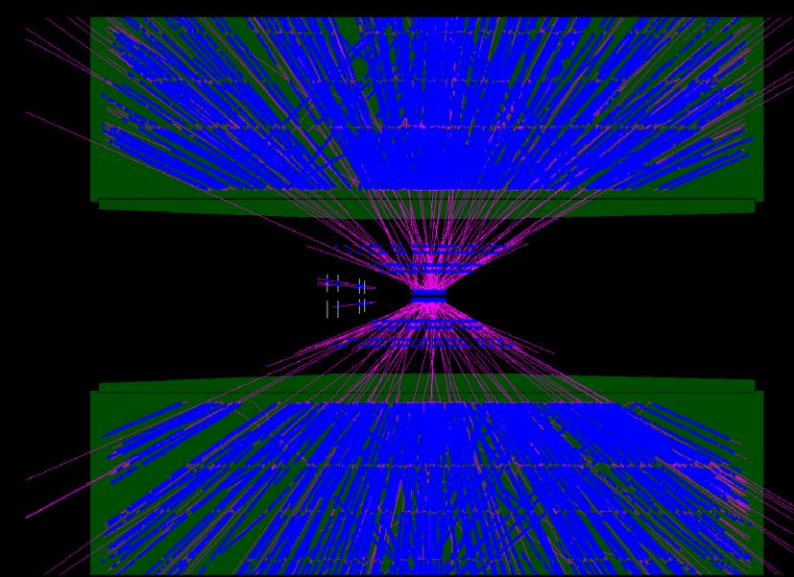
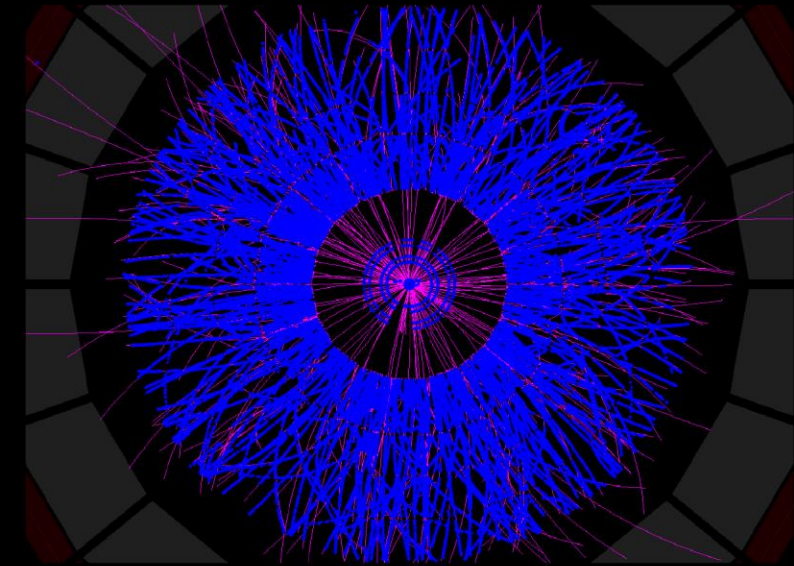
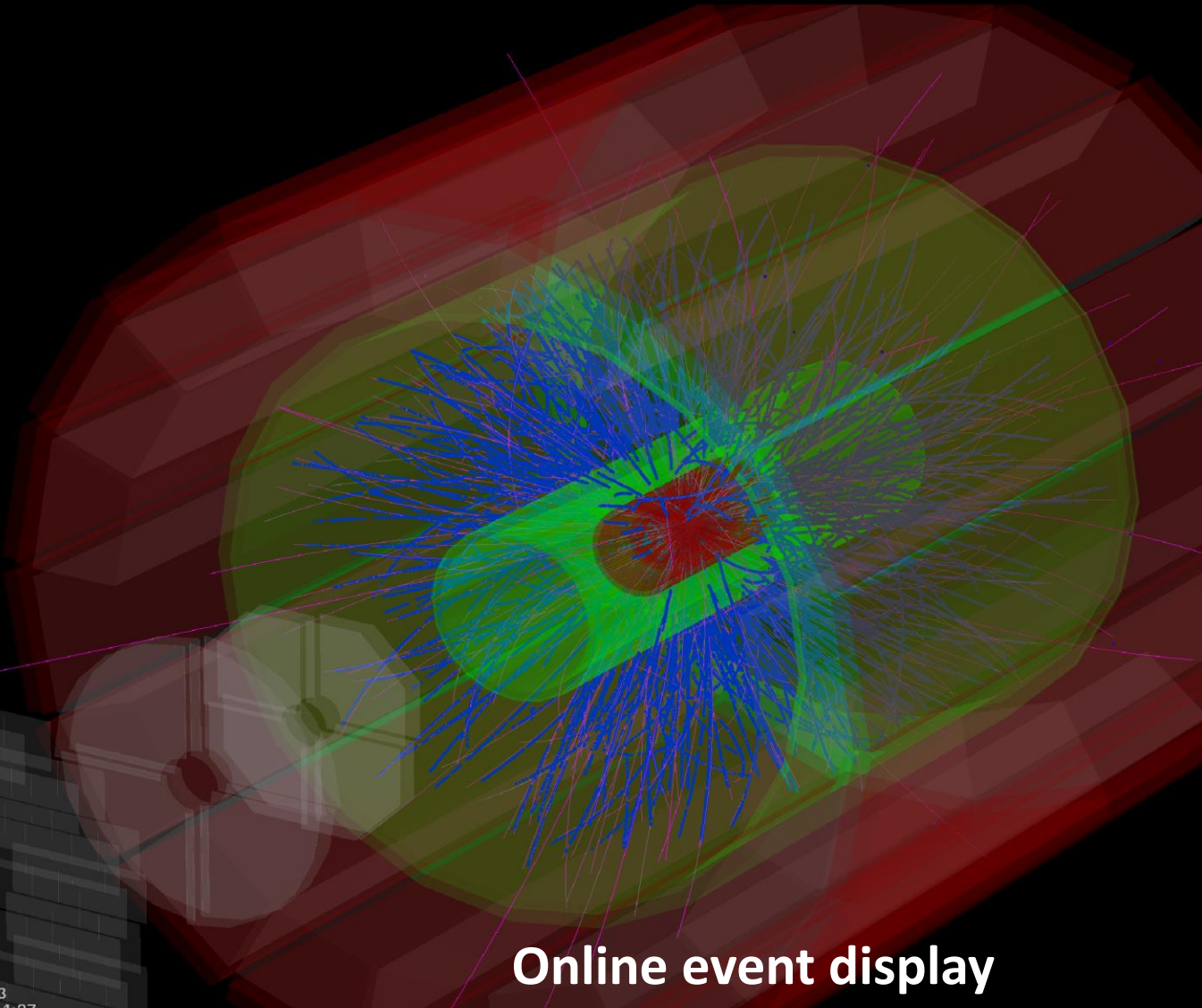
Надо всё поменять:

- Front-end
- Readout
- Система питания (ток вырос более, чем в 2 раза)
- Оптические кабели (было 20, стало 675)

Работы группы ПИЯФ в 2021 году (> 1 человек/год):

- Отладка и настройка считывающей электроники
- Прокладка и подключение оптоволоконных кабелей и кабелей питания
- Проверка электроники камер на шумы и работы по подавлению уровня шума, ремонт фильтров подачи высоковольтного питания
- Установка дополнительных радиаторов охлаждения на приемопередатчики оптического сигнала (VTRx)

Pilot beam



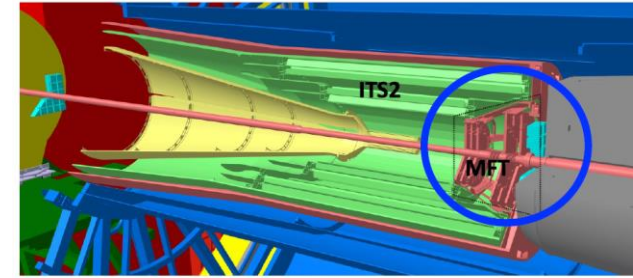
Online event display

1 time frame = 128 orbits ~ 6 collisions

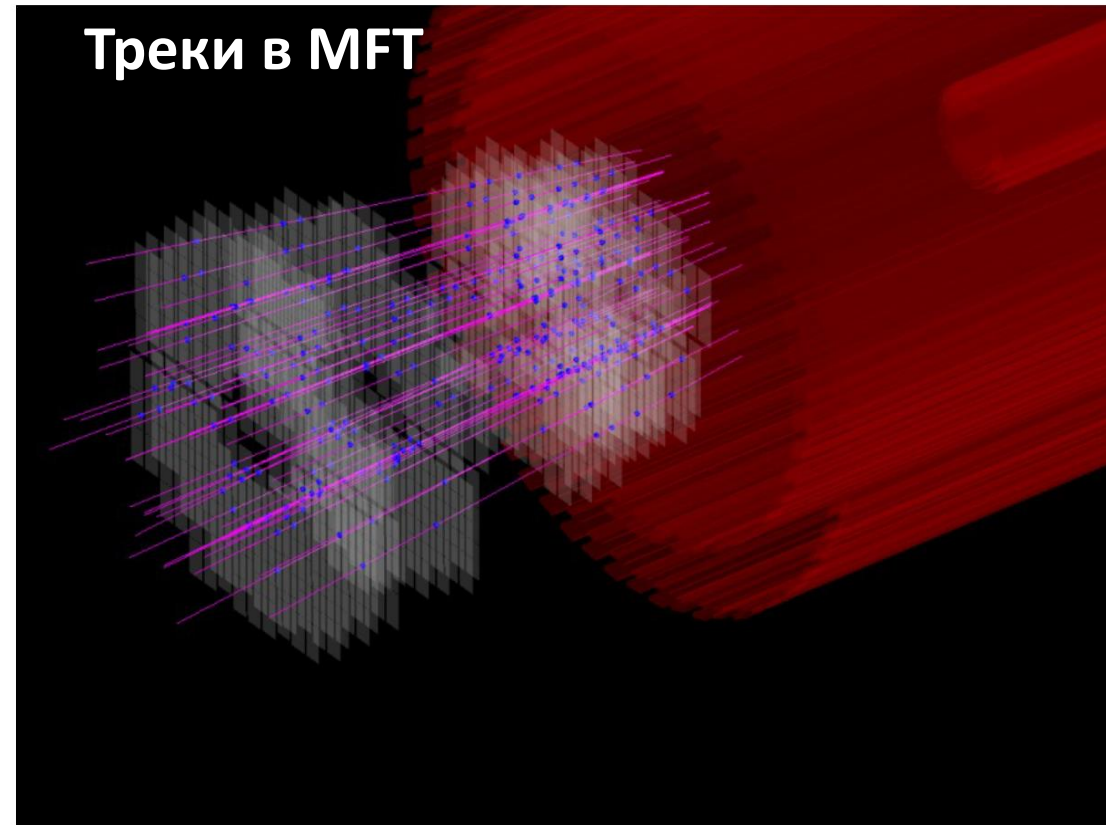
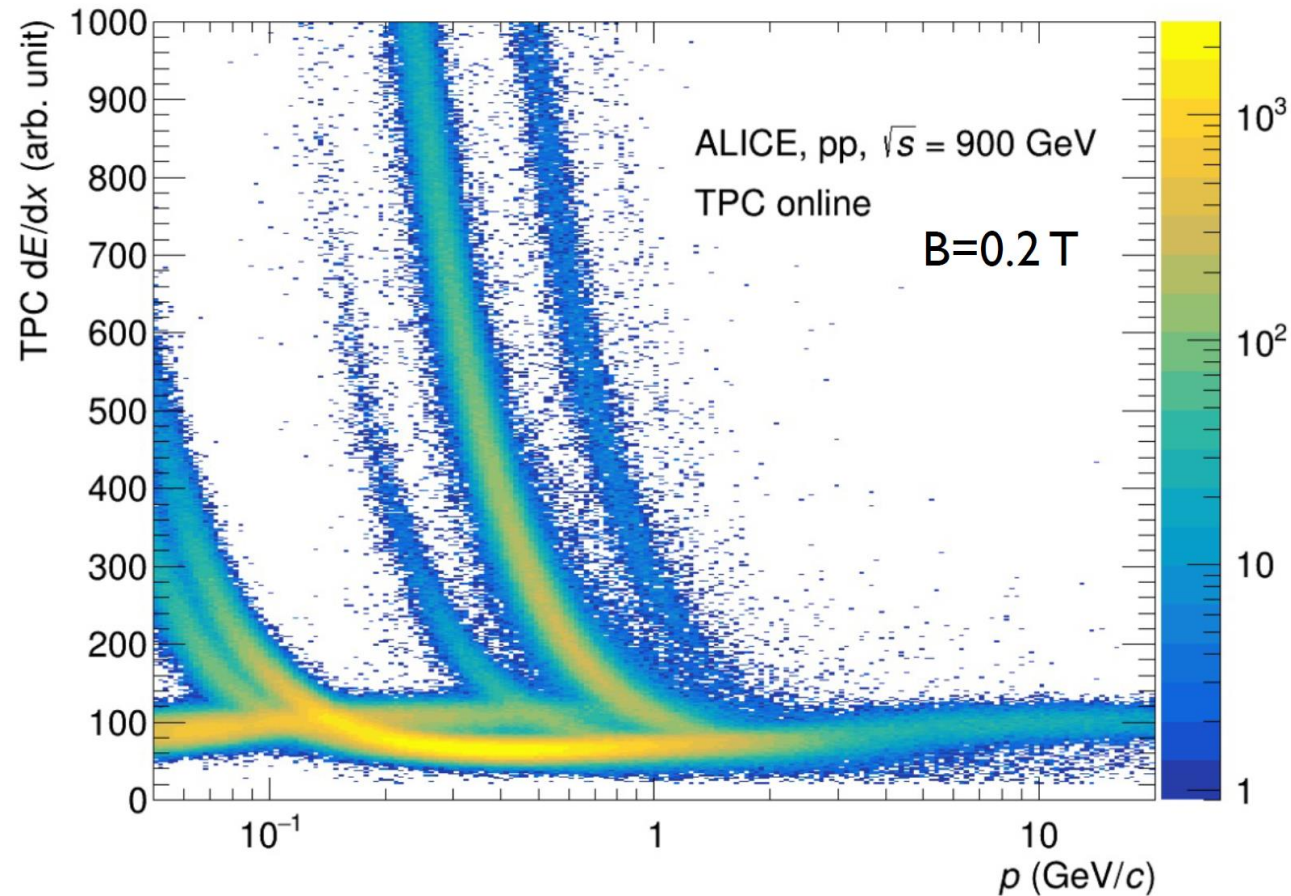
Run Number: 505673
Date: 2021-10-31 6:44:27
pp: ECM = 900 GeV
Detectors: ITS,TPC,MFT

Detector performance

- Набрано 60 млн событий

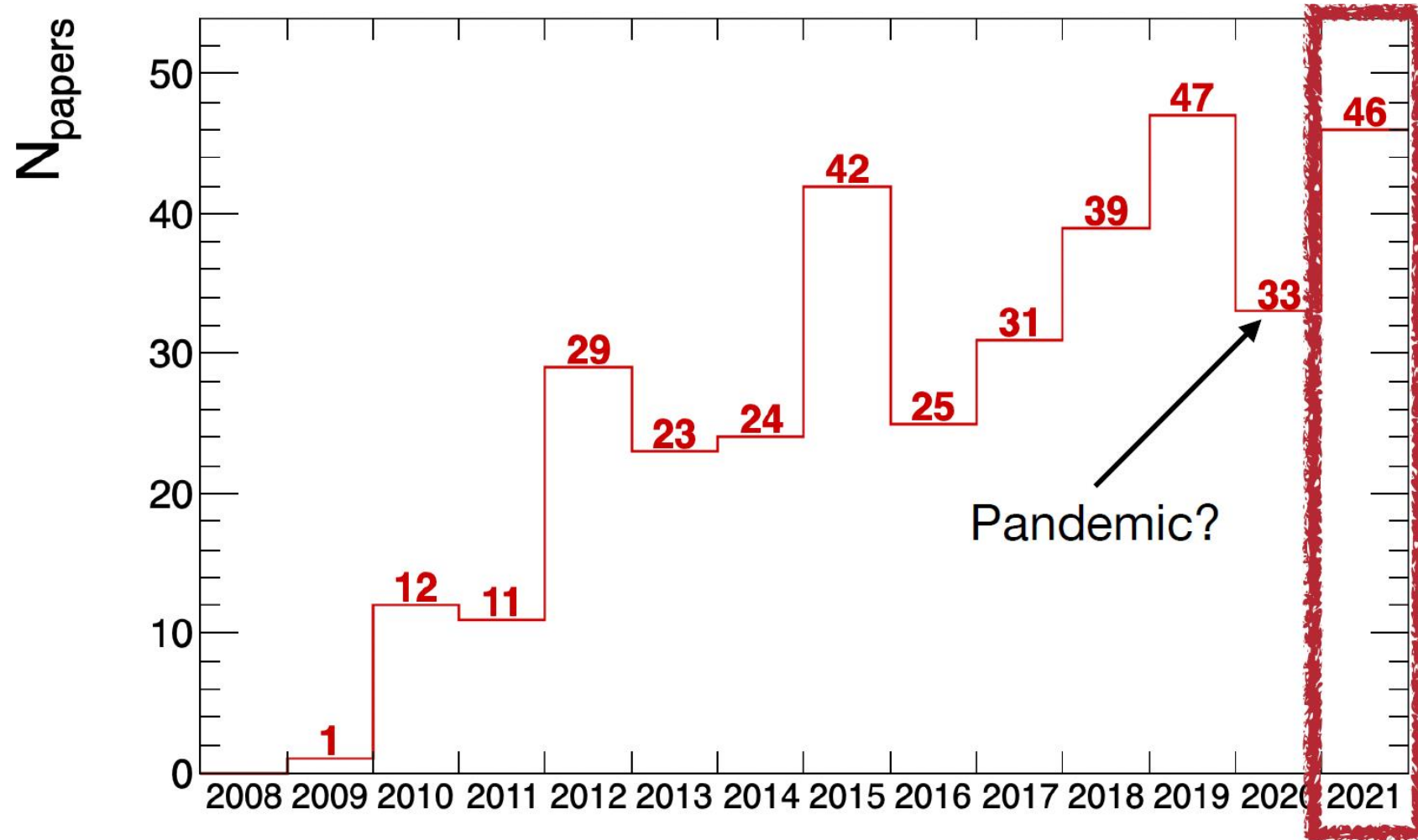


Online reconstructed TPC dE/dx vs. momentum



Физические результаты

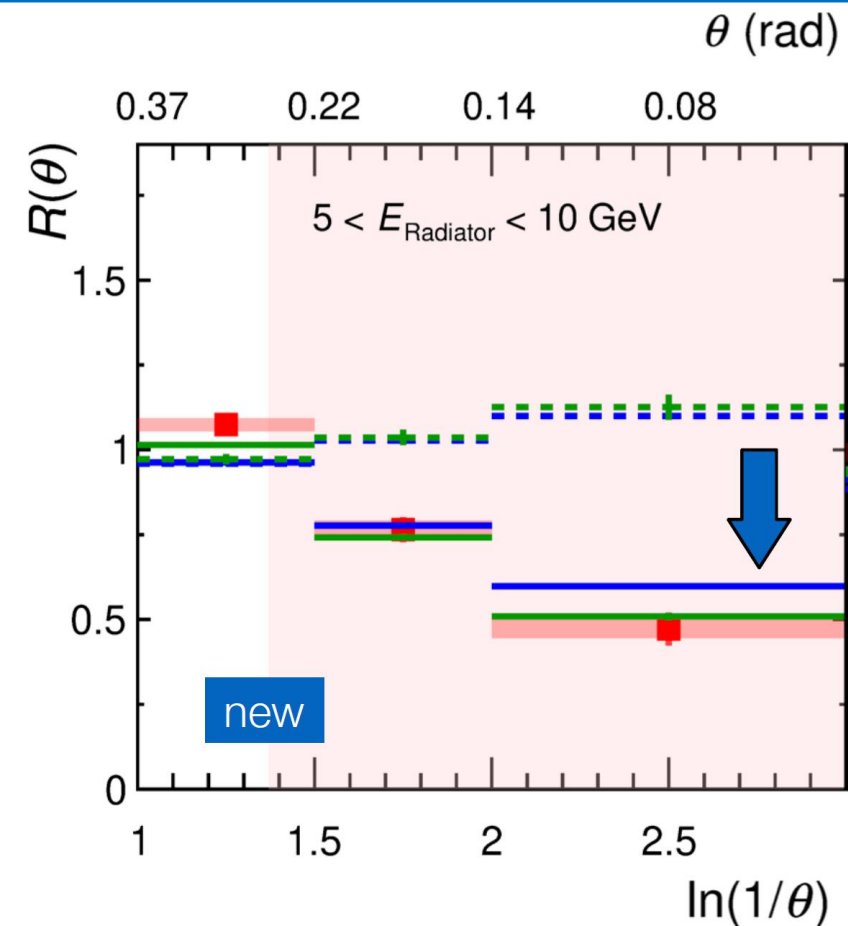
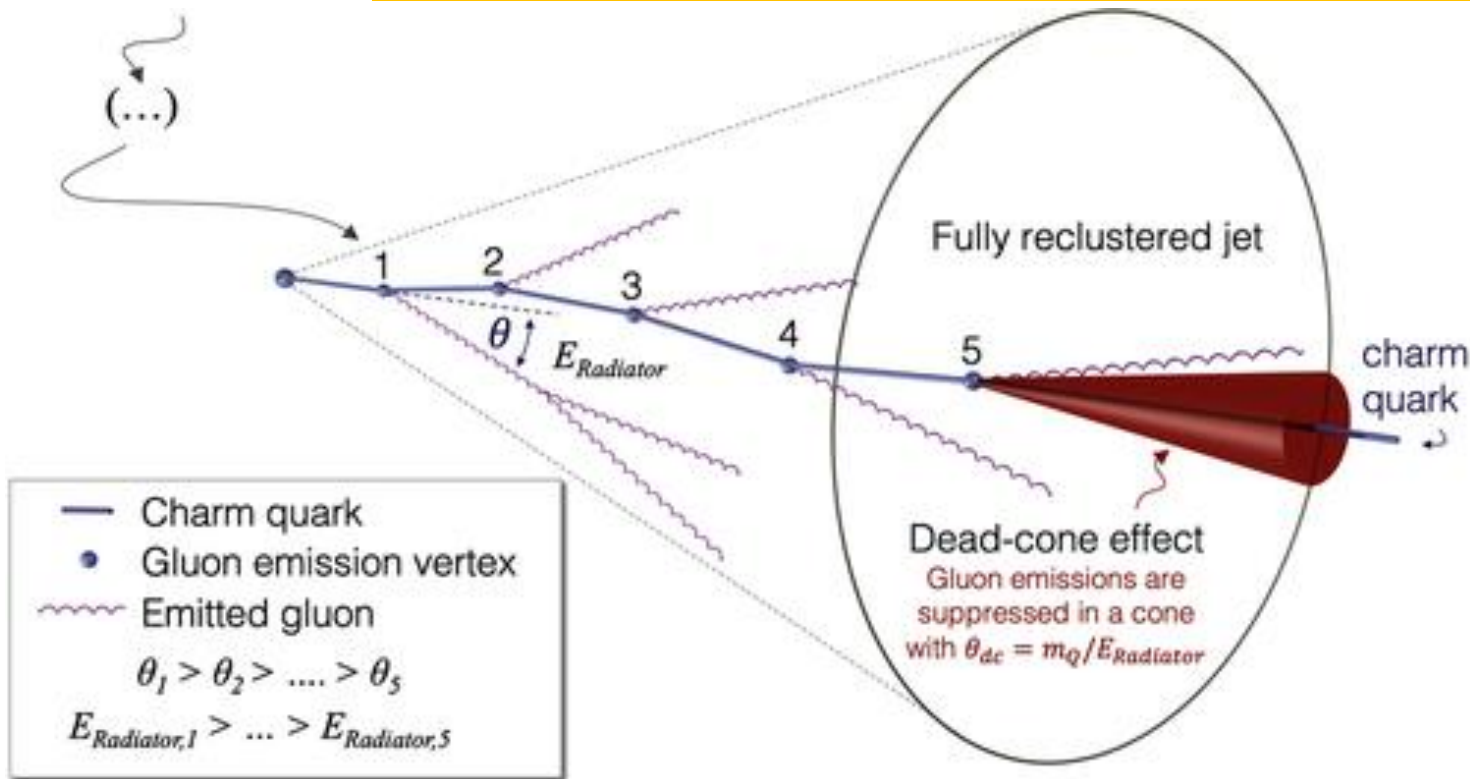
Публикации ALICE



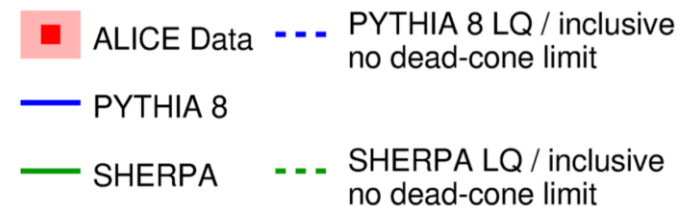
Всего 363 статьи

Прямое наблюдение эффекта мёртвого конуса

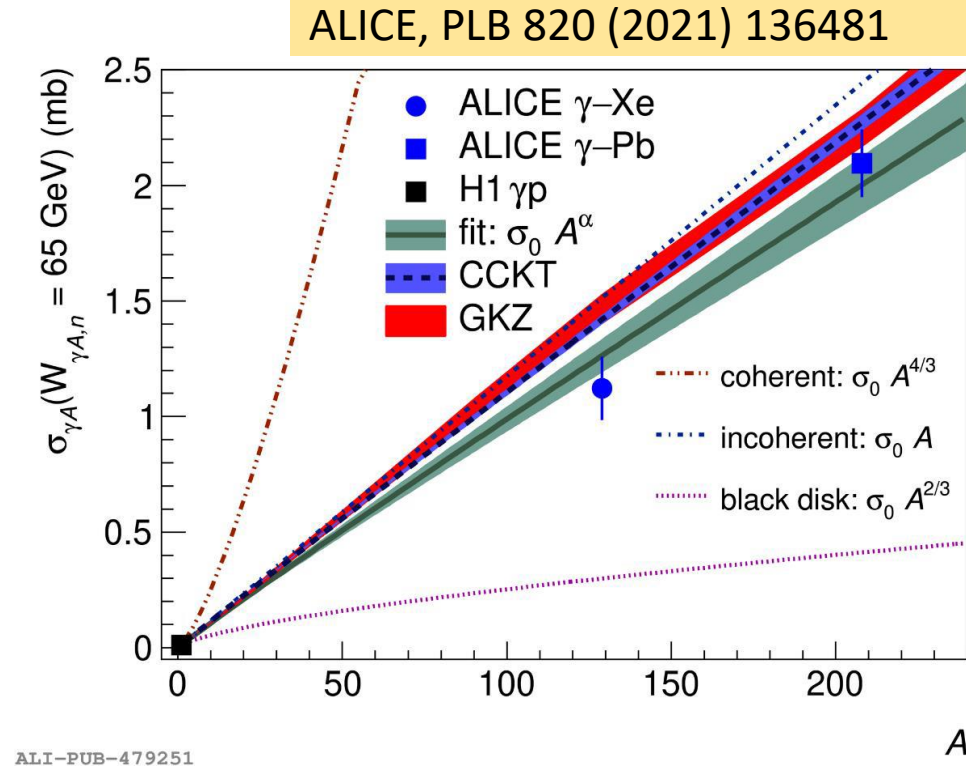
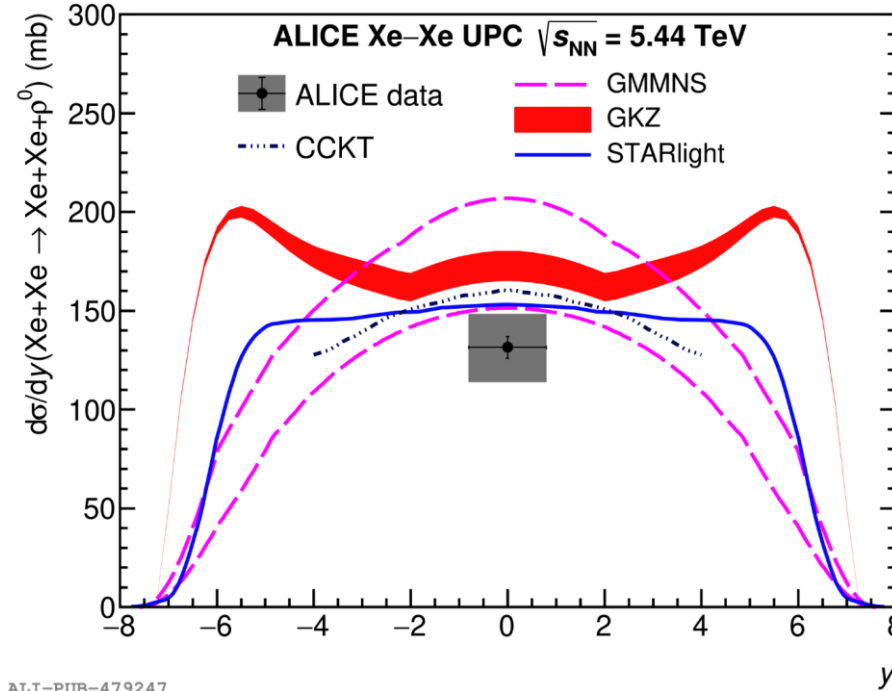
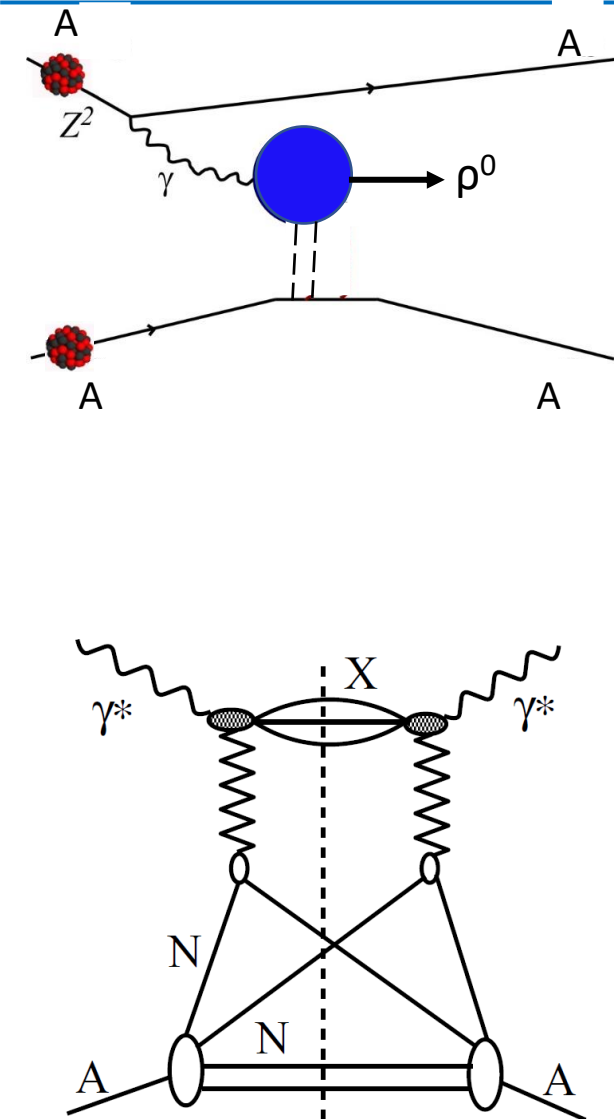
Предсказан 30 лет назад в ПИЯФ:
Dokshitzer, Khoze, Troian, J. Phys. G17 (1991) 1602



- Эффект мёртвого конуса: подавление испускания глюонов тяжёлыми кварками в области малых углов
- См. доклад Ю. Докшицера на семинаре ОФВЭ-ОТФ 14 октября 2021 г.
- ALICE, arXiv:2106.05713. Submitted to Nature



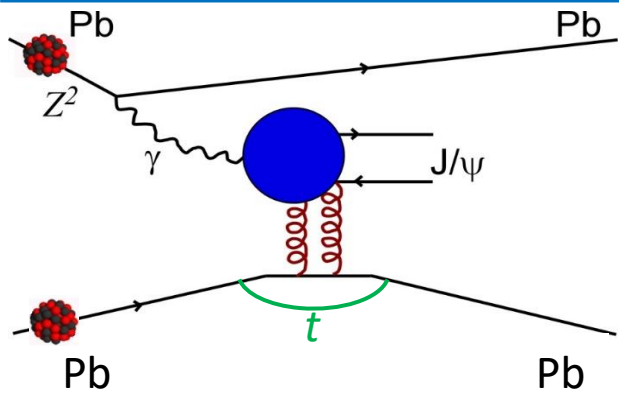
Coherent ρ^0 photoproduction in Xe-Xe UPC



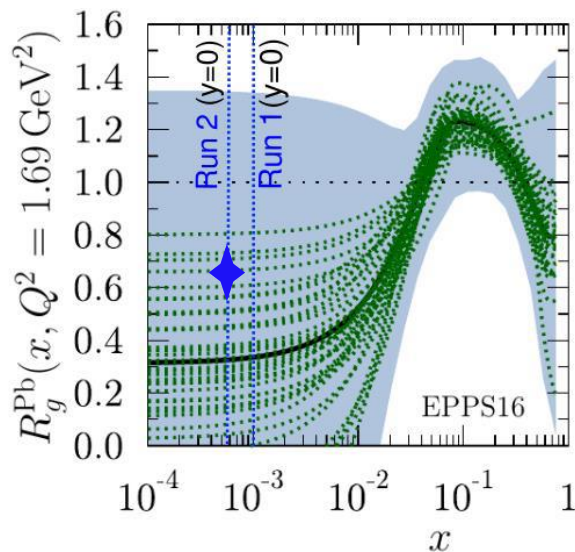
ρ^0 photoproduction allows for the study of shadowing mechanisms in the soft regime:

- approximately linear A dependence
- models based on inelastic Gribov-Glauber shadowing (GKZ, CCKT) reproduce the measured cross sections

Coherent J/ψ photoproduction in Pb-Pb UPC

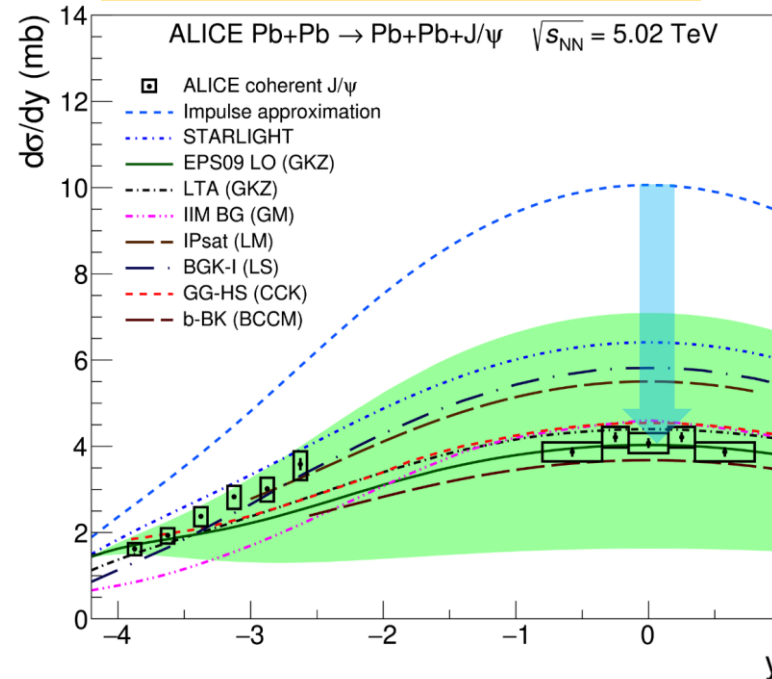


$$\left. \frac{d\sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A}}{dt} \right|_{t=0} = \frac{M_{J/\psi}^3 \Gamma_{ee} \pi^3 \alpha_s^2(Q^2)}{48 \alpha_{em} Q^8} \left[x g_A(x, Q^2) \right]^2$$



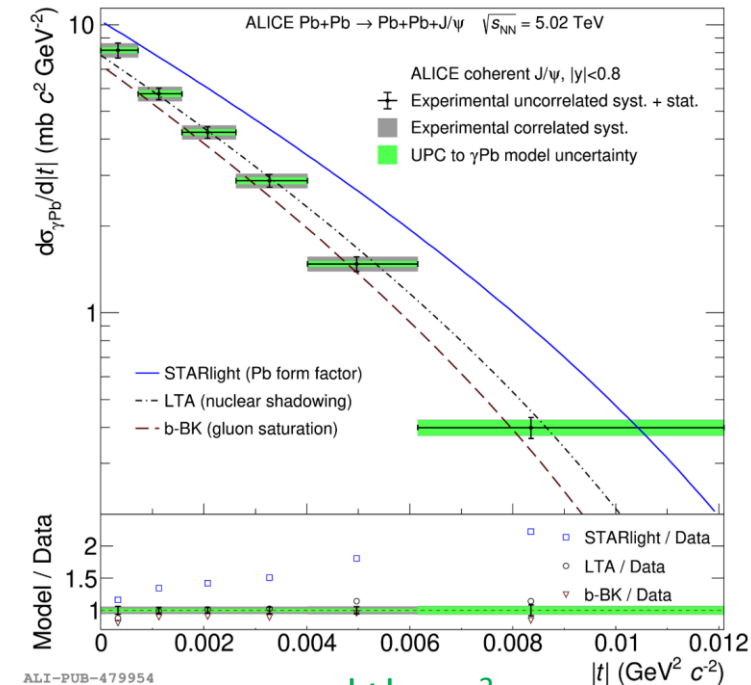
$$R_g^A(x, Q^2) = \frac{g_A(x, Q^2)}{A g_p(x, Q^2)}$$

ALICE, EPJ C 81 (2021) 712



ALI-PUB-479915

ALICE, PLB 817 (2021) 136280



ALI-PUB-479954

$$|t| \approx p_T^2$$

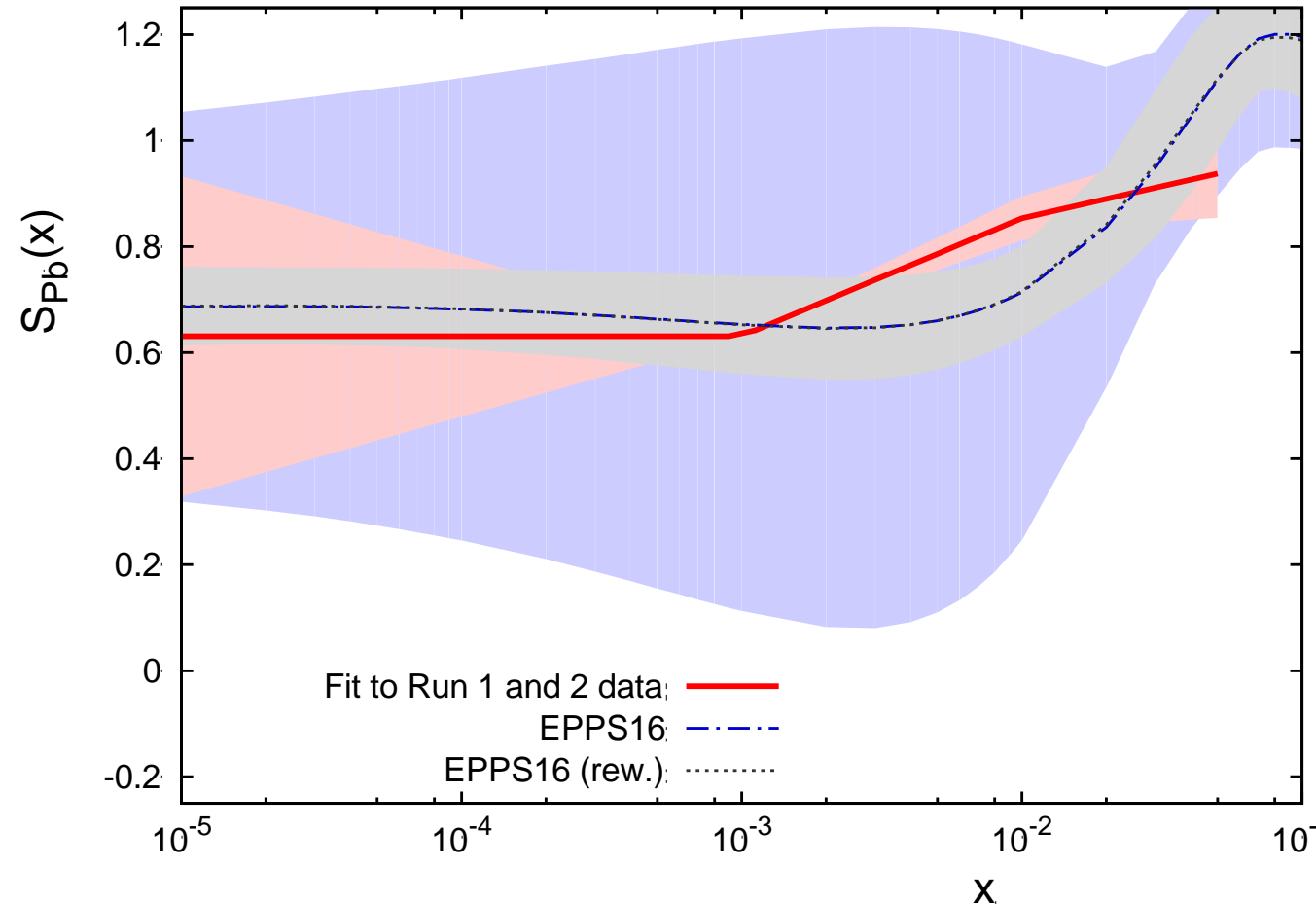
- Probing low-x gluon PDFs in the nucleus
- Comparison with the **impulse approximation** (no nuclear effects) allows for extraction of the gluon shadowing factor: $R_g \sim 0.65$ at $x \sim 10^{-3}$
- t -dependence is sensitive to transverse gluon distribution

y-dependence: Guzey, Kryshen, Zhalov, PRC 93 (2016) 055206

t-dependence: Guzey, Strikman, Zhalov, PRC 95 (2017) 025204

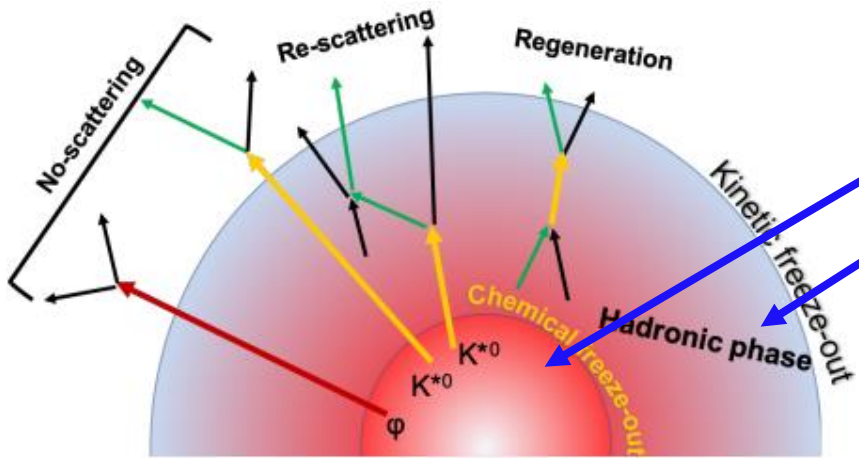
Новые ограничения на ядерную глюонную плотность

- Проведен статистический анализ всех данных по когерентному фоторождению J/ψ в UPC при энергии 2.76 ТэВ (ALICE, CMS) и 5.02 ТэВ (LHCb, ALICE)
- Фактор ядерного подавления определен с точностью, значительно превосходящей текущую точность определения ядерной глюонной плотности (см EPPS16)
- Данные, полученные в UPC, были включены в параметризацию EPPS16 с использованием Байесовского метода статистического взвешивания (Bayesian reweighting)



V. Guzey, E. Kryshen, M. Strikman, M. Zhalov,
PLB 816 (2021) 136202

Резонансы: хронометры адронной фазы

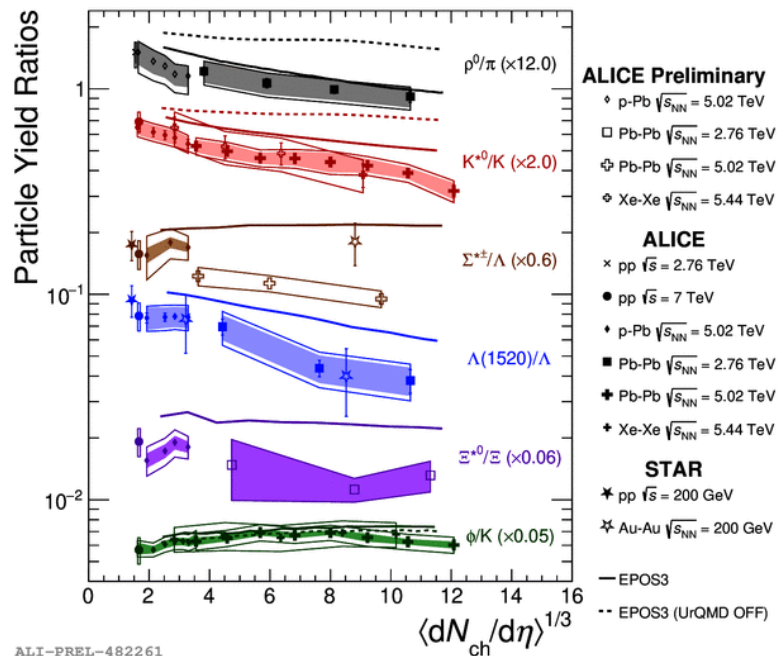


Две фазы ядро-ядерных столкновений:

- Кварк-глюонная плазма
- Адронный газ

Время жизни резонансов сравнимо с типичными временами эволюции ядро-ядерных столкновений (~ 10 fm/c)

→ Изучение резонансов позволяет судить о времени существования адронной фазы



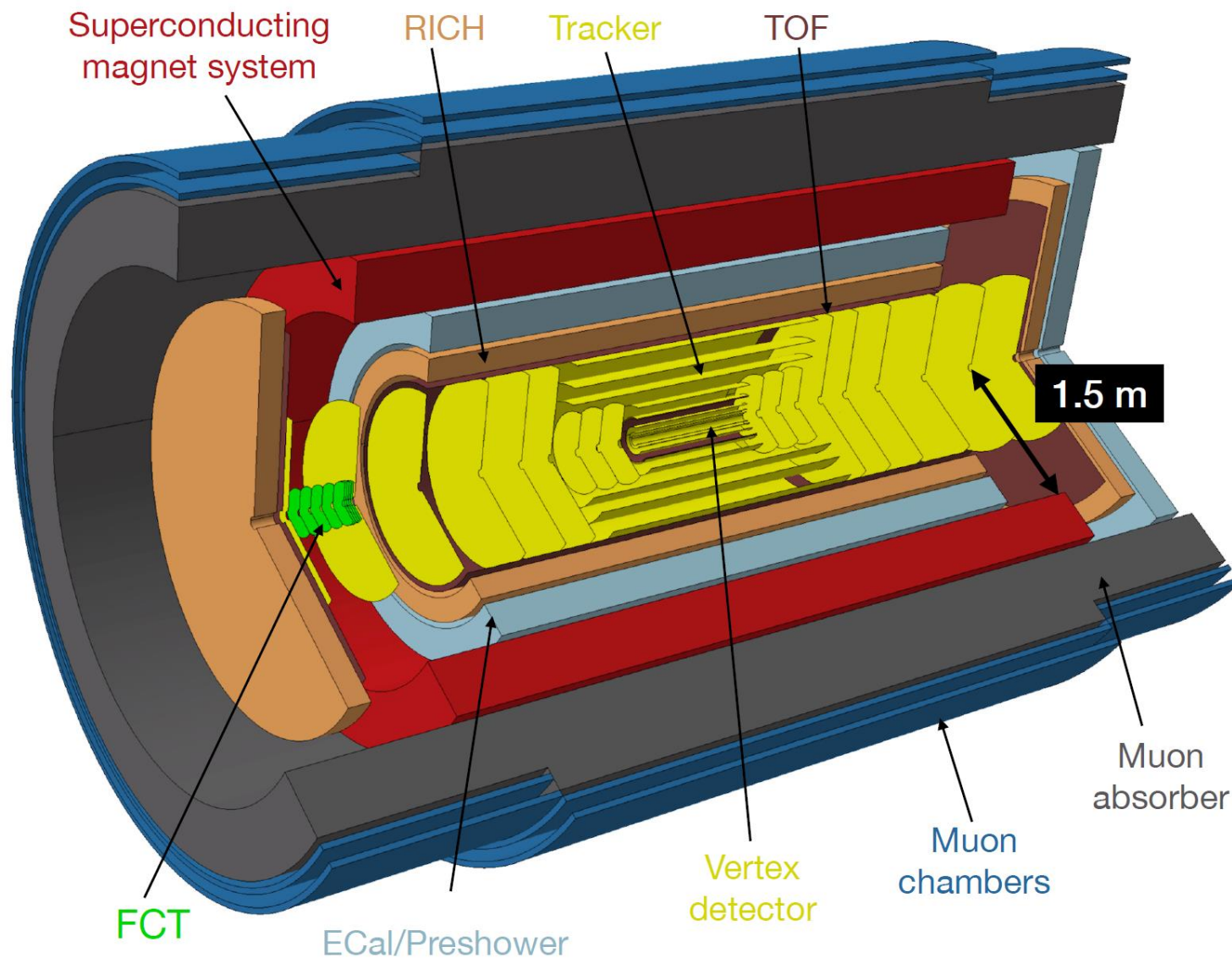
Lifetime [fm/c]: ρ [1.3] < **K^* [4.2]** < Λ^* [12.6] < Ξ^{*0} [21.7] < **ϕ [46.2]**

Ongoing activities:

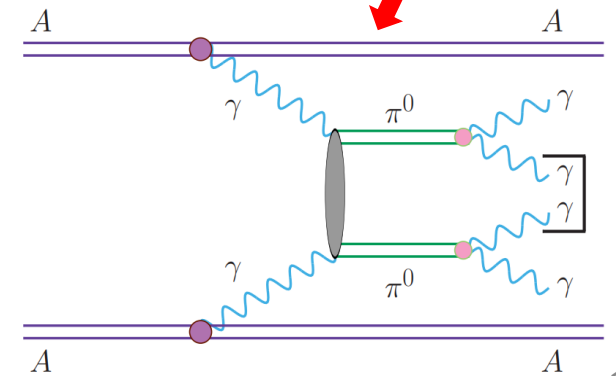
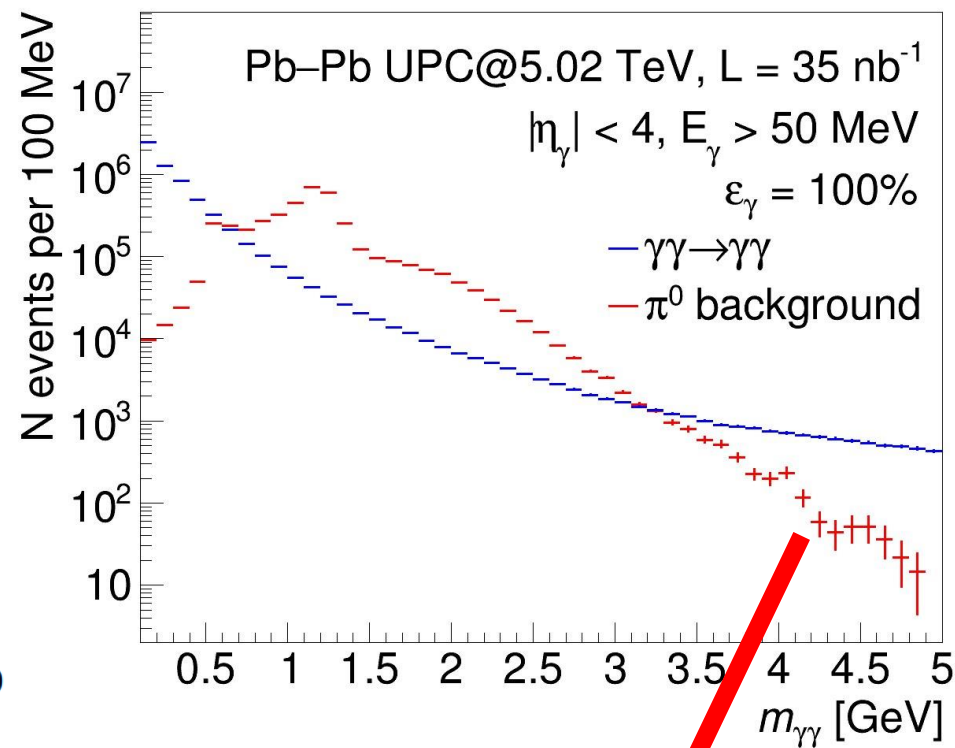
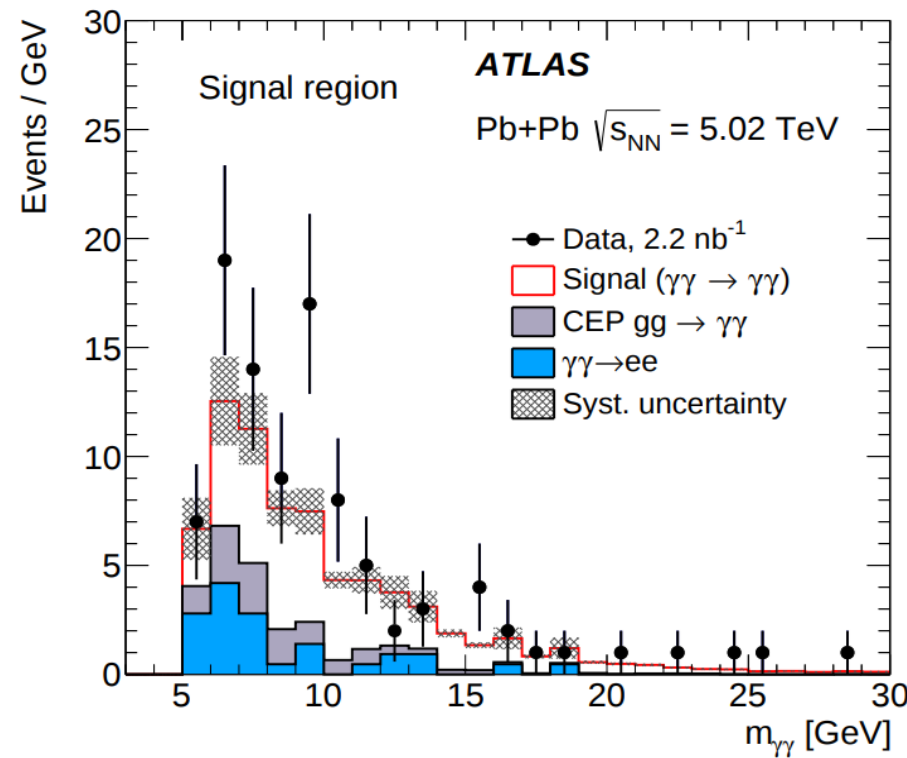
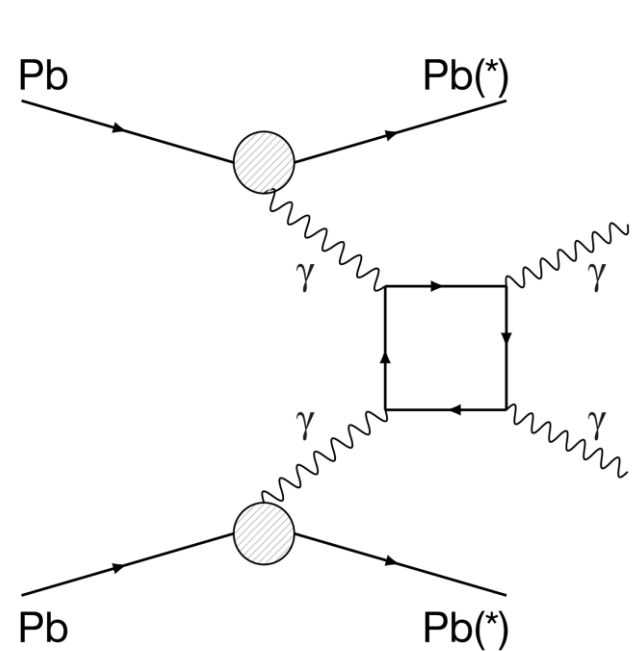
- Systematic study of resonances in PbPb/XeXe and in pp/p-Pb as a function of multiplicity and event shape
- Study of the internal structure of $f_0(980)$ resonance
- Search for heavier resonances: $\Lambda(2012)$
- 4 papers in preparation

Разработка концепции нового детектора ALICE 3

- Идея: компактный кремниевый детектор
 - Цель: ран 5 + 6 (>2031)
 - радиационная длина: 0.05% X_0 /слой
 - большой акцептанс: $|\eta| < 4$
 - p_T от 20 МэВ
- См. подробный доклад на семинаре ОФВЭ 19 января 2021
- Значительный прогресс в разработке концепции детектора и физической программы
- Letter-of-Intent практически готов, идёт обсуждение с LHCC
- Вклад ПИЯФ: раздел по физике за пределами стандартной модели
- Возможное участие ПИЯФ в детекторах:
 - Мюонная система
 - ECAL

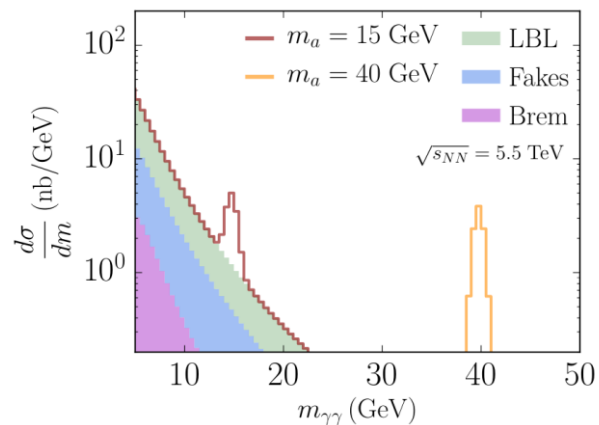
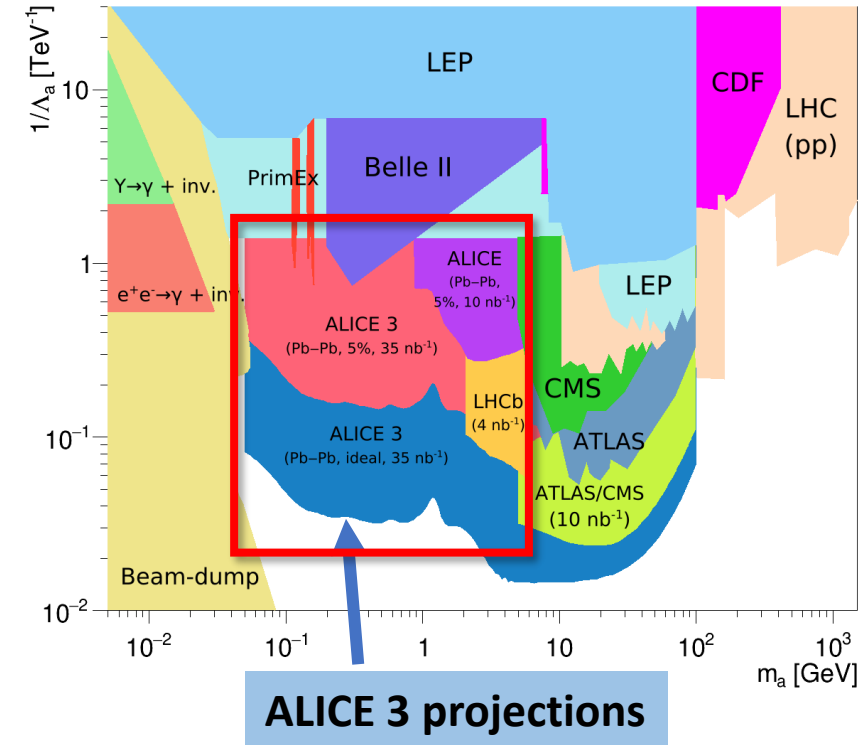
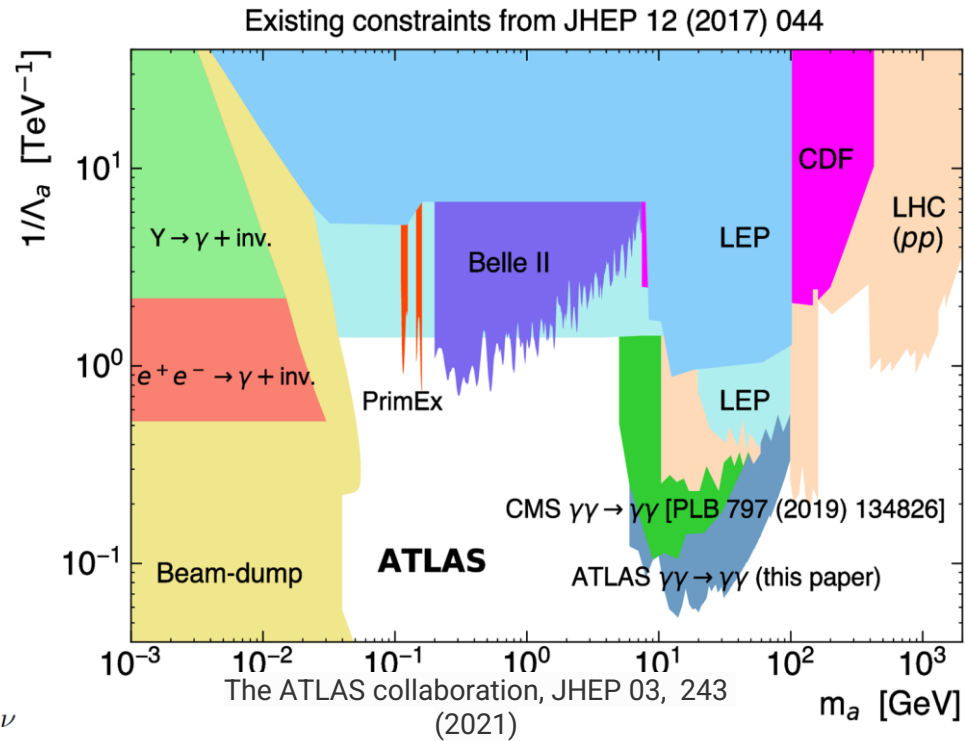
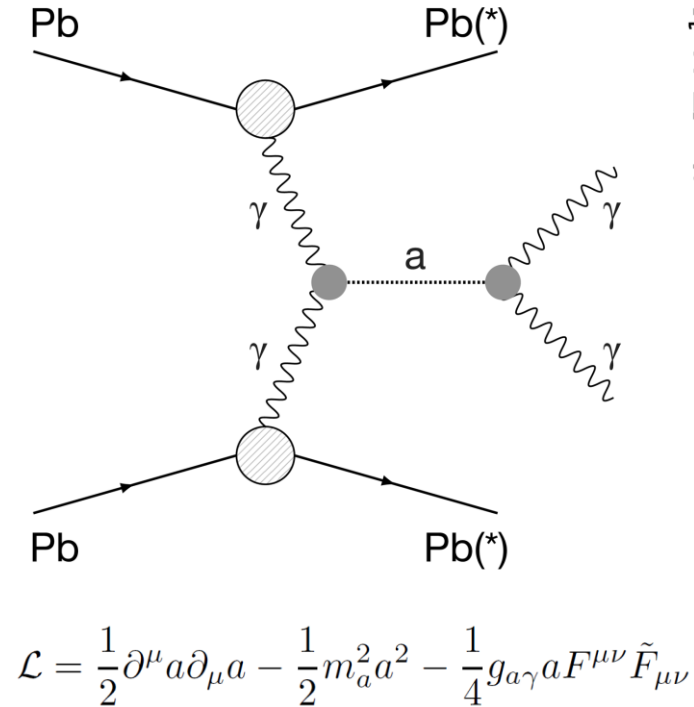


Light-by-light scattering in UPC



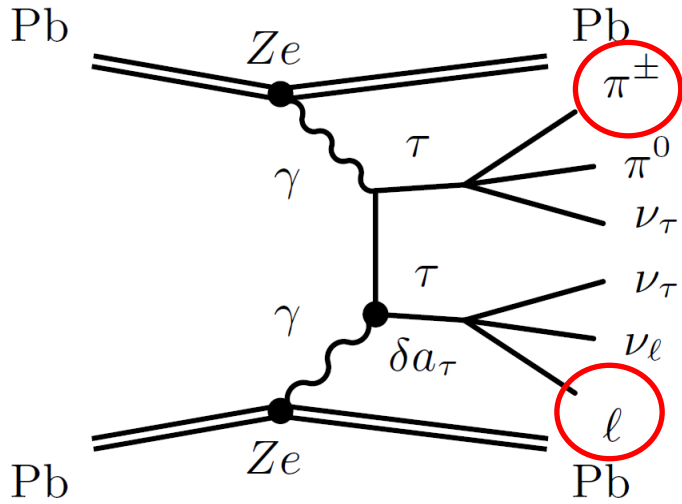
- Процесс рассеяния света на свете чувствителен к BSM физике
- Измерения в ATLAS и CMS ограничены областью больших масс: $M_{\gamma\gamma} > 5 \text{ GeV}$
- ALICE 3 позволит провести измерения в области малых масс
- Основной фон в области малых масс: некоррелированные пары фотонов из рождения π^0 пар: $\pi^0\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma\gamma$

Axion-like-particle searches in UPC

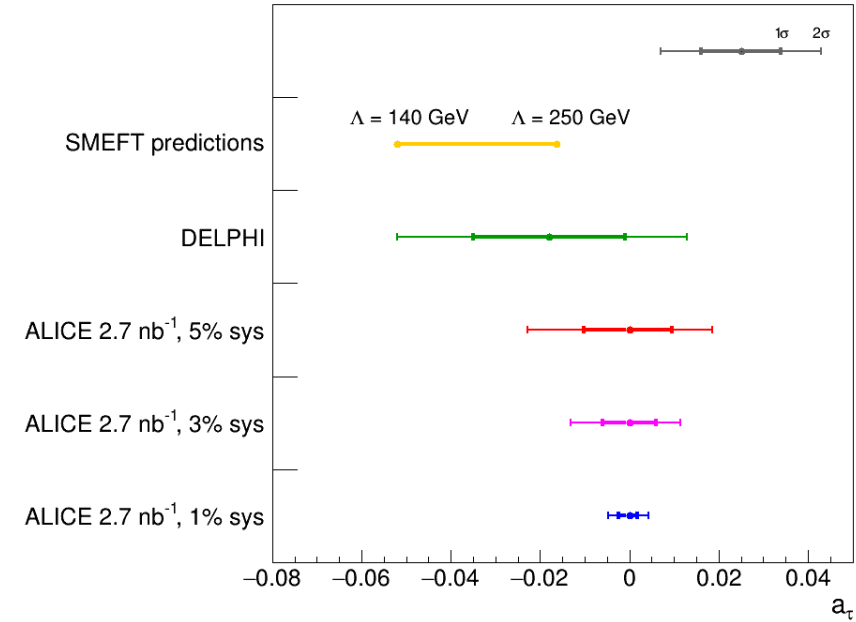
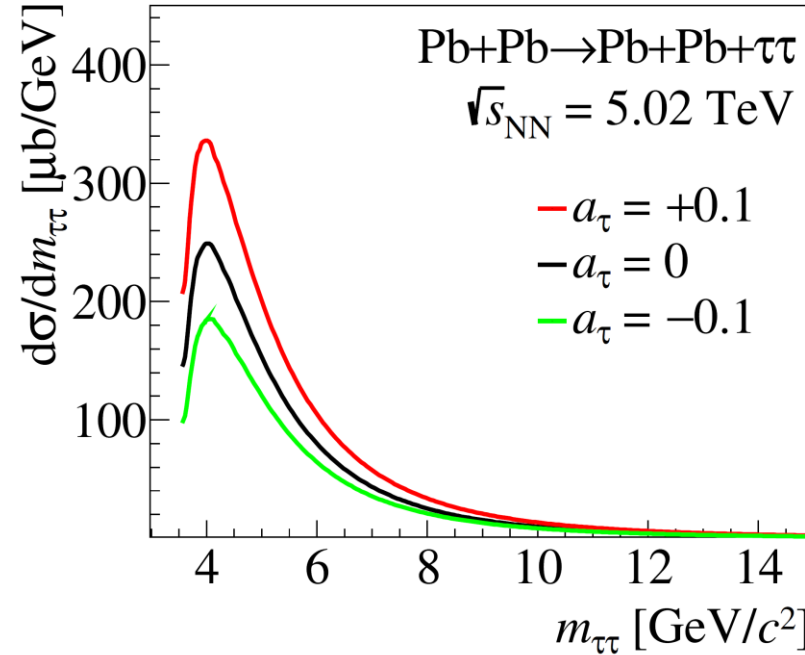


- Аксиноподобные частицы (ALPs) появляются во многих расширениях стандартной модели
- Могут проявиться в виде пиков в спектре по инвариантной массе $M_{\gamma\gamma}$
- ALICE 3 позволит провести измерения в плохо исследованной области промежуточных масс: $0.05 < M_{\gamma\gamma} < 5$ ГэВ

Tau g-2 in UPC



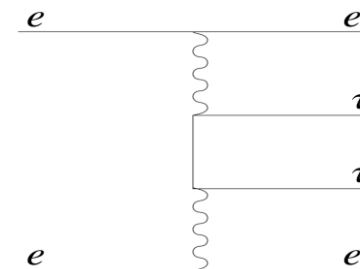
$$a_\tau = (g_\tau - 2)/2$$



- Tau g-2 is $(m_\tau/m_\mu)^2 \sim 280$ times more sensitive to BSM than muon g-2
- Short lifetime \rightarrow spin precession methods not applicable.
- But ditau production cross section is sensitive to a_τ
- Strongest constraints by DELPHI in $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\tau\tau$

$$\boxed{-0.052 < a_\tau < 0.013 \text{ (95\% CL)}}$$

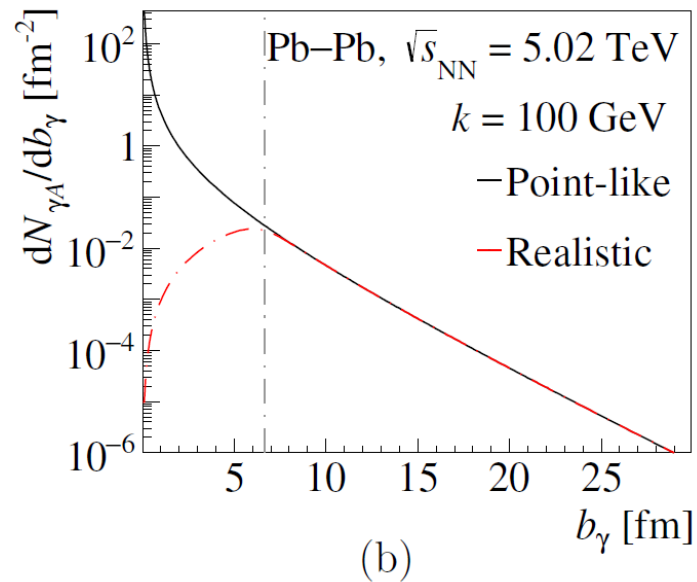
EPJC 35 (2004) 159



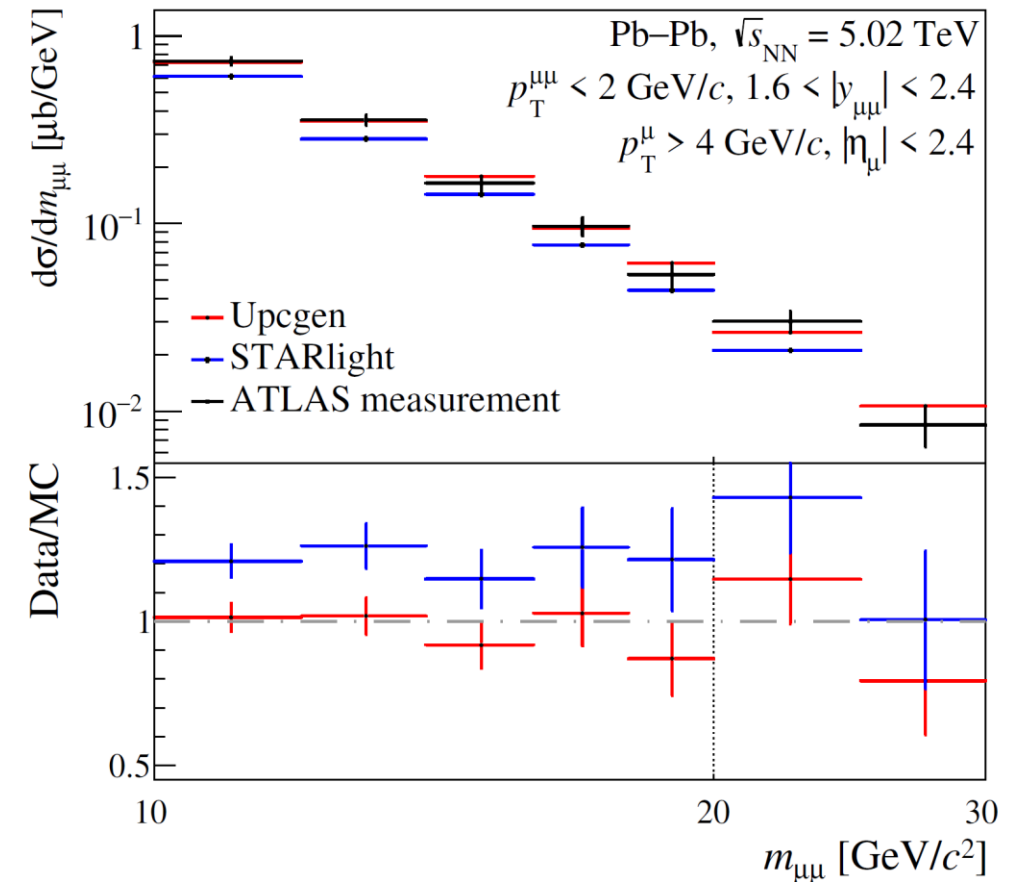
Мы можем улучшить пределы на a_τ в Pb-Pb UPC на данных, ожидаемых в конце 2022 года

Urcgen: генератор лептонных пар в UPC

- Две основных цели:
 - Моделирование рождения лептонных пар с произвольным значением аномального магнитного момента
 - Корректный учет ядерного форм-фактора при расчете потока фотонов



Прекрасное согласие с данными ATLAS по рождению димюонов в UPC

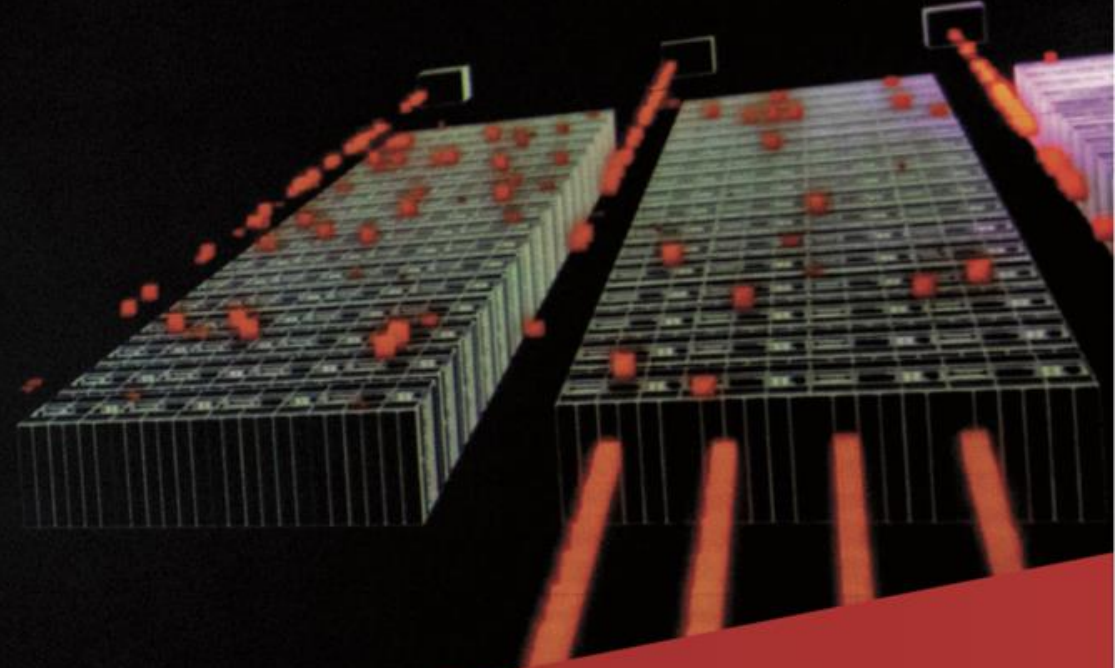
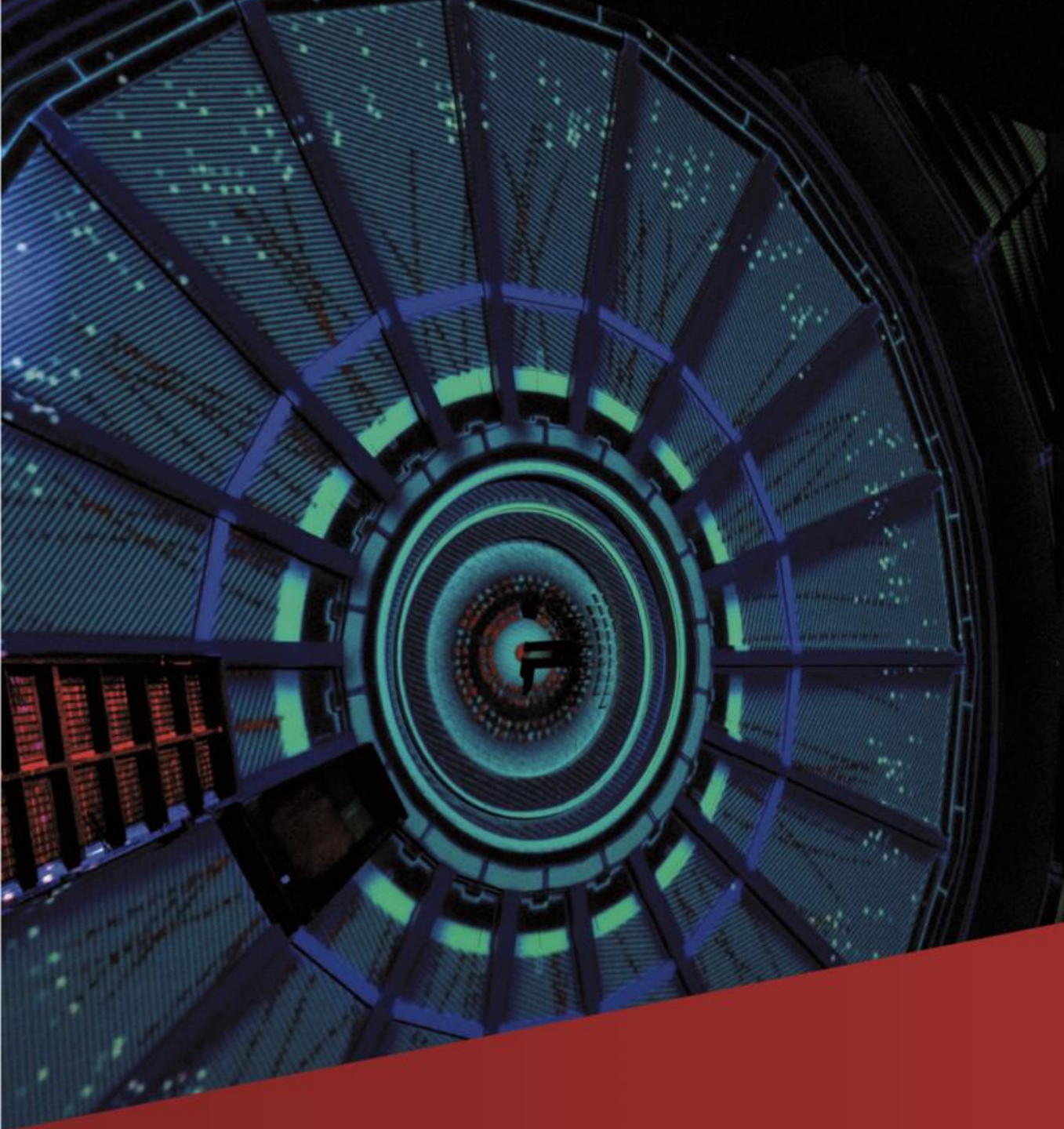


- N. Burmasov, E. Kryshen, P. Buehler, R. Lavicka, e-Print: [2111.11383](https://arxiv.org/abs/2111.11383) [hep-ph]

Доклады на конференциях

- V. Riabov. Recent results on light flavor hadron production in the ALICE experiment at the LHC. 20th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics. August 2021
- V. Riabov, Meson as messengers for hot and dense QCD matter, MESON 2021, May 2021
- N. Burmasov, Feasibility studies of tau-lepton anomalous magnetic moment measurements with ultra-peripheral collisions at the LHC. NUCLEUS 2021. 22 September 2021
- E. Kryshen, Feasibility of tau $g-2$ measurements in ultra-peripheral collisions of heavy ions. The 16th International Workshop on Tau Lepton Physics (TAU2021). 1 October 2021
- E. Kryshen. ALICE 3 potential for light-by-light and UPC measurements. ALICE workshop on a next-generation heavy-ion experiment for LHC Run 5 and beyond: ALICE3. 18 June 2021
- E. Kryshen. ALICE Status Report. 145th LHCC Meeting - OPEN Session. 3 March 2021
- E. Kryshen. Light-by-light measurements, axion-like particle searches and tau $g-2$ constraints with ultra-peripheral collisions. EMMI Rapid Reaction Task Force workshop, 14 September 2021
- V. Guzey. Generalized color transparency in coherent photoproduction of J/ψ mesons on nuclei at the LHC, The Future of Color Transparency and Hadronization Studies at Jefferson Lab and beyond, Virtual workshop@Jefferson Lab, June 7-8, 2021
- V. Guzey. Nuclear shadowing and heavy ion UPCs at the LHC, 9th Edition of the Large Hadron Collider Physics Conference (LHCP 2021), June 7-12, 2021
- V. Guzey. Gluon shadowing in UPCs, Workshop: Open Questions in Photon-Induced Interactions - from Relativistic Nuclear Collisions to the Future Electron-Ion Collider, Virtual Event @ Stony Brook University, USA, April 26-29, 2021
- V. Guzey. Inclusive and diffractive dijet photoproduction in ultraperipheral heavy ion collisions at the LHC, XXVIII International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects, Virtual Event @ Stony Brook University, USA, April 12-16, 2021
- V. Guzey. Dijet photoproduction in lepton-nucleus scattering at the EIC, CFNS Workshop "EIC opportunities for Snowmass, Jan 25-29, 2021
- V. Guzey. Nuclear shadowing in exclusive processes, Workshop on Forward Physics and QCD with EIC and Cosmic Rays, Jefferson Lab, Jan 20-23, 2021

SEASON'S GREETINGS



ALICE