



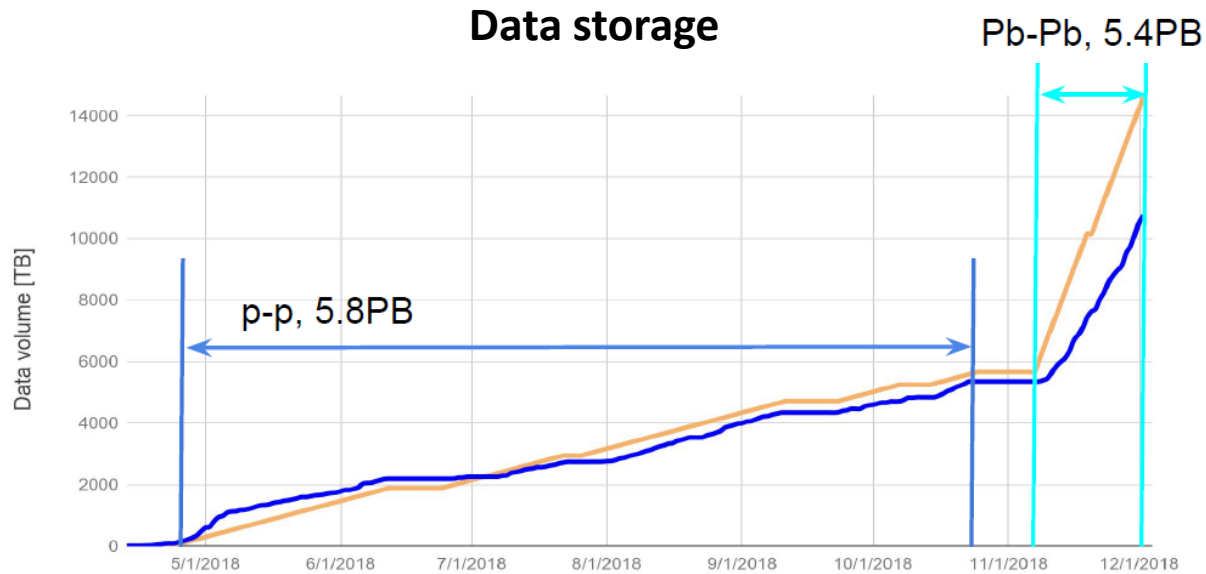
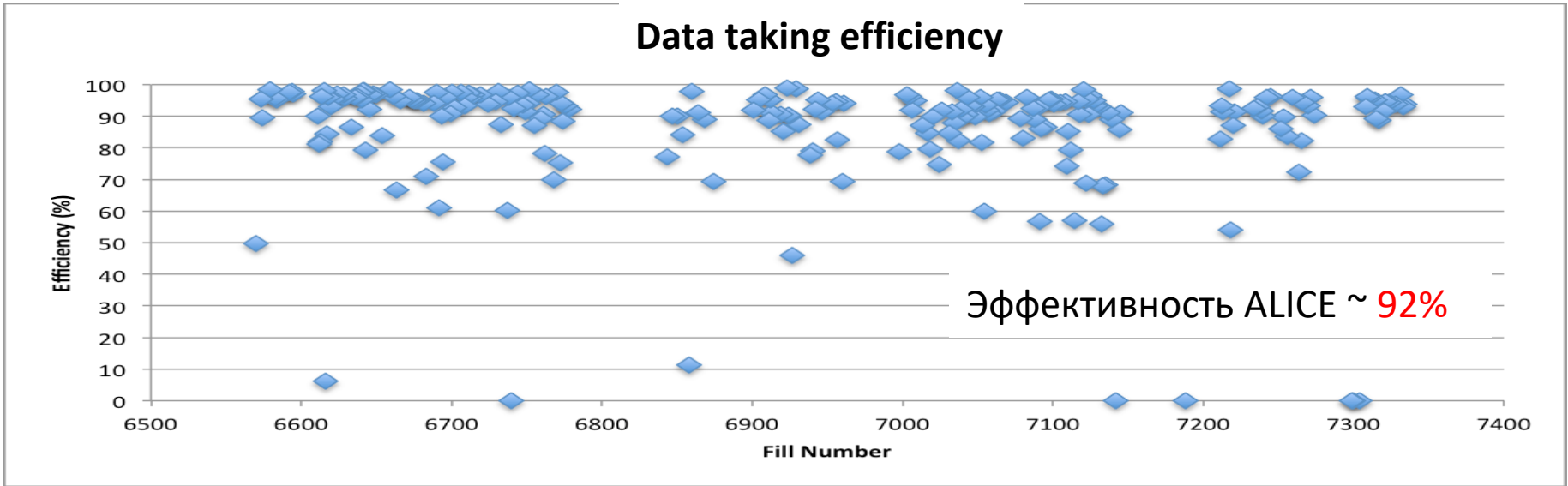
Эксперимент ALICE: статус

Е. Крышень

Научная сессия ОФВЭ

25 декабря 2018

Набор данных в 2018 году



Набранная статистика



ALICE

Результаты 2018 года:

pp run

– ~ 20 /pb при $\mu \sim 0.01$

Pb-Pb 2018:

– центральные события (0-10%) ~ 9 x 2015

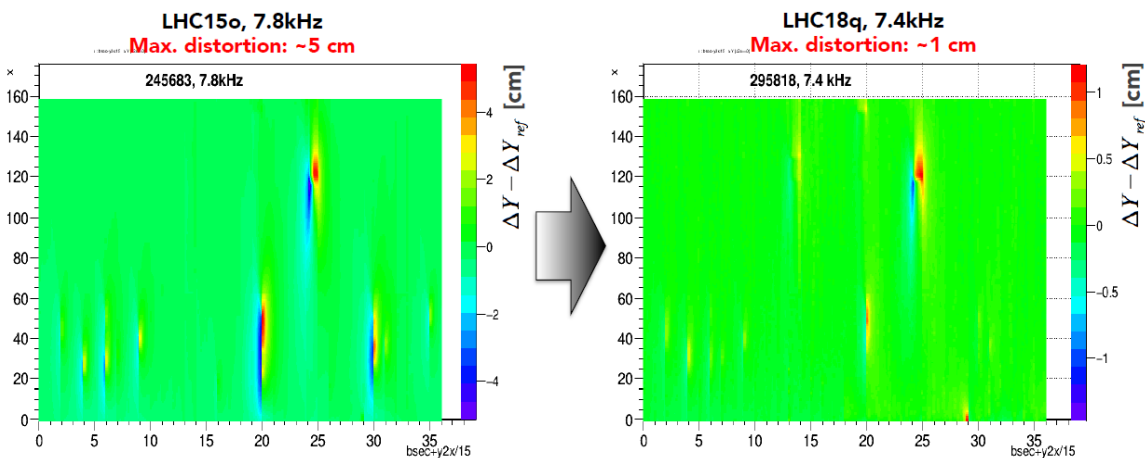
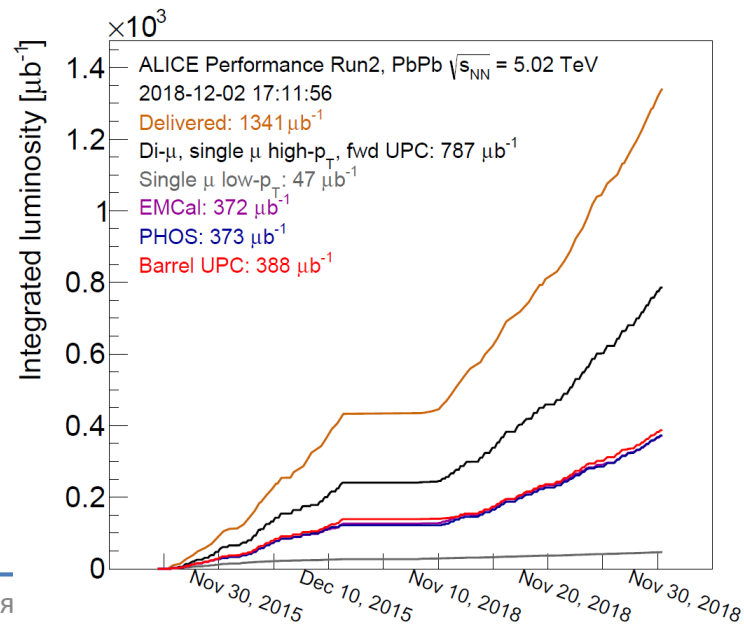
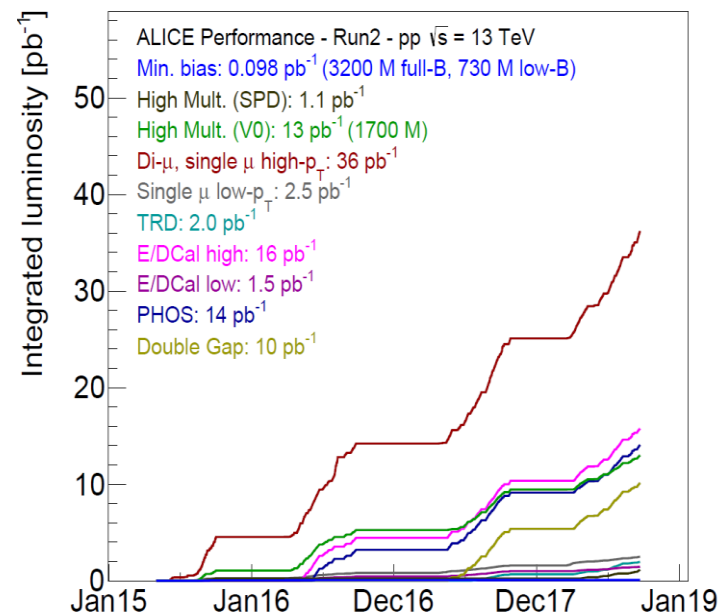
– семи-центральные события (30-50%) ~ 4 x 2015

– Minimum Bias = ~ 2015

– интегральная светимость ~ 2.5 x 2015

Хорошее качество новых данных:

- удалось снизить максимальное размытие точек в TPC (TPC space point distortions) с 5 до 1 см



научная сессия ЦФЭУ, 25 декабря

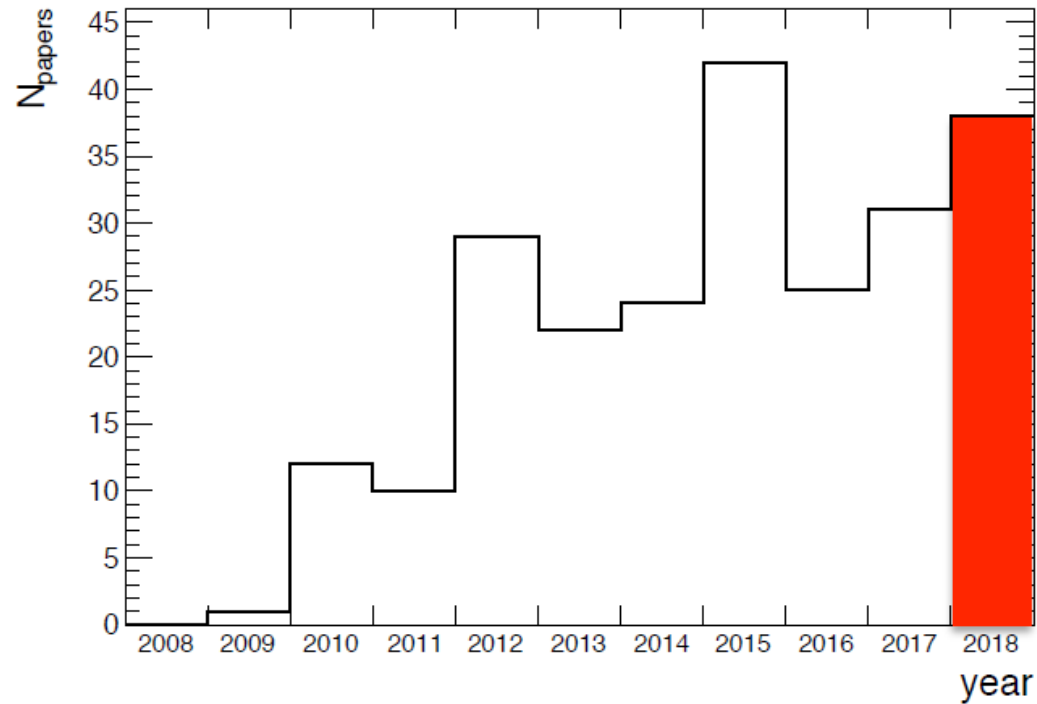
Задачи группы ПИЯФ в 2018 году



- Группа ПИЯФ: М. Жалов, В. Иванов, Е. Крышень, М. Малаев, В. Никулин, Е. Роцин, В. Рябов, Ю. Рябов, В. Самсонов, А. Ханзадеев
- Участие в обработке данных по **центральной дифракции** в протон-протонных столкновениях и **фоторождению векторных мезонов** в ультра-периферических p-Pb и Pb-Pb столкновениях, включая:
 - проведение соответствующих теоретических расчетов
 - руководство физической группой PWG-UD: космика, дифракционные и ультра-периферические столкновения
 - участие в рабочей группе LHC по разработке стратегии изучения физики ультрапериферических и дифракционных столкновений в ране 3 и 4
- Участие в обработке данных по **рождению короткоживущих резонансов**:
 - руководство рабочей группой PWG-LF-Resonances, занимающейся изучением резонансов (В. Рябов)
- **Участие в ремонте и апгрейде трековых камер** мюонного спектрометра
 - Восстановлено 5 камер
- Участие в сборке и монтаже **вершинного трекера мюонного плеча**
 - → доклад В. Никулина завтра, 26 декабря
- **Участие в сменах** (50 смен)

Эксперимент ALICE: физические результаты

Journal Articles



Е. Крышень

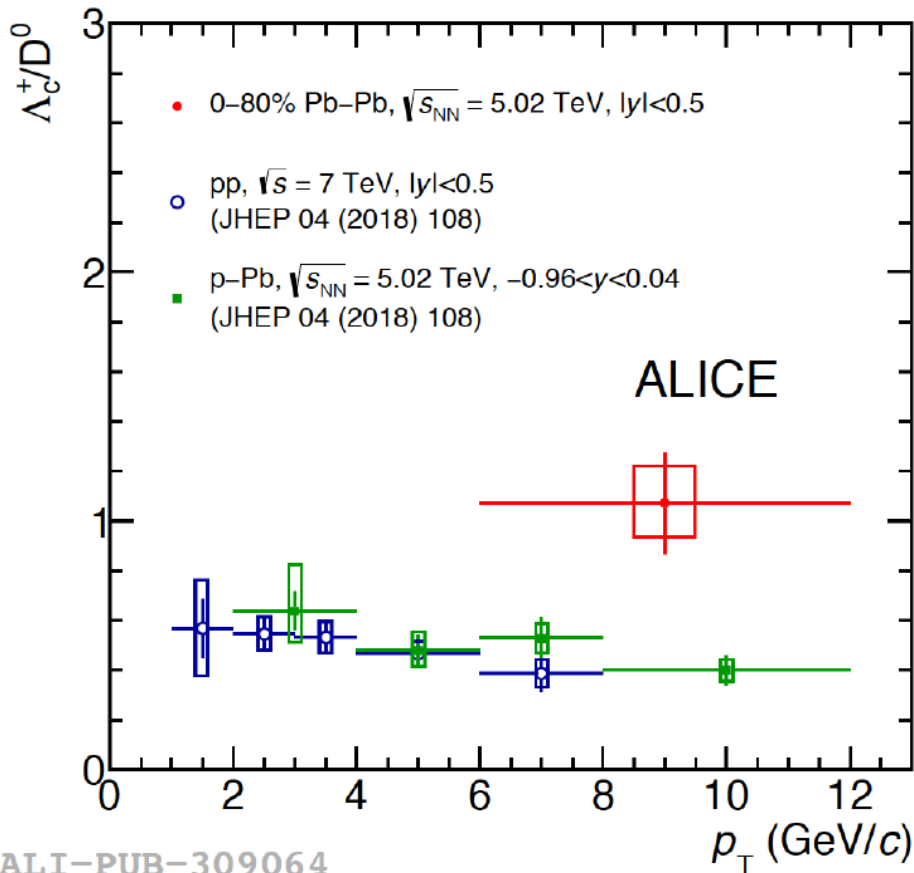
Научная сессия ОФВЭ

25 декабря 2018

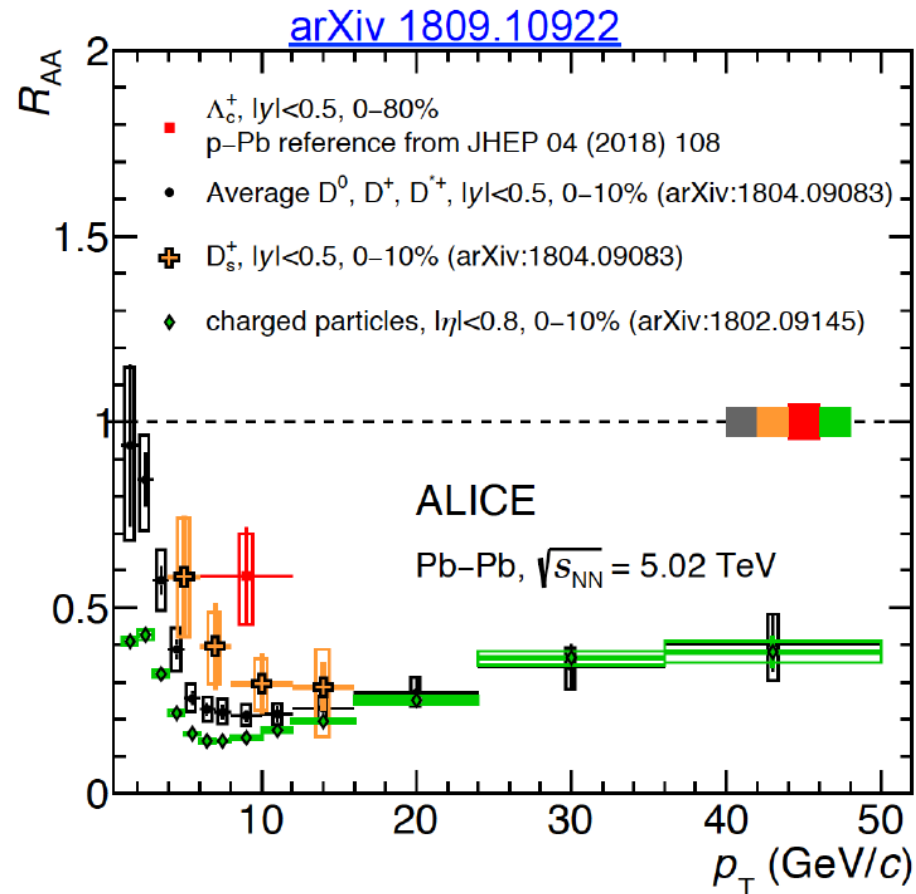
Очарованные барионы в Pb-Pb



- Отношение $\Lambda_c/D^0 \sim$ на 2σ выше в Pb-Pb столкновениях по сравнению с pp и p-Pb

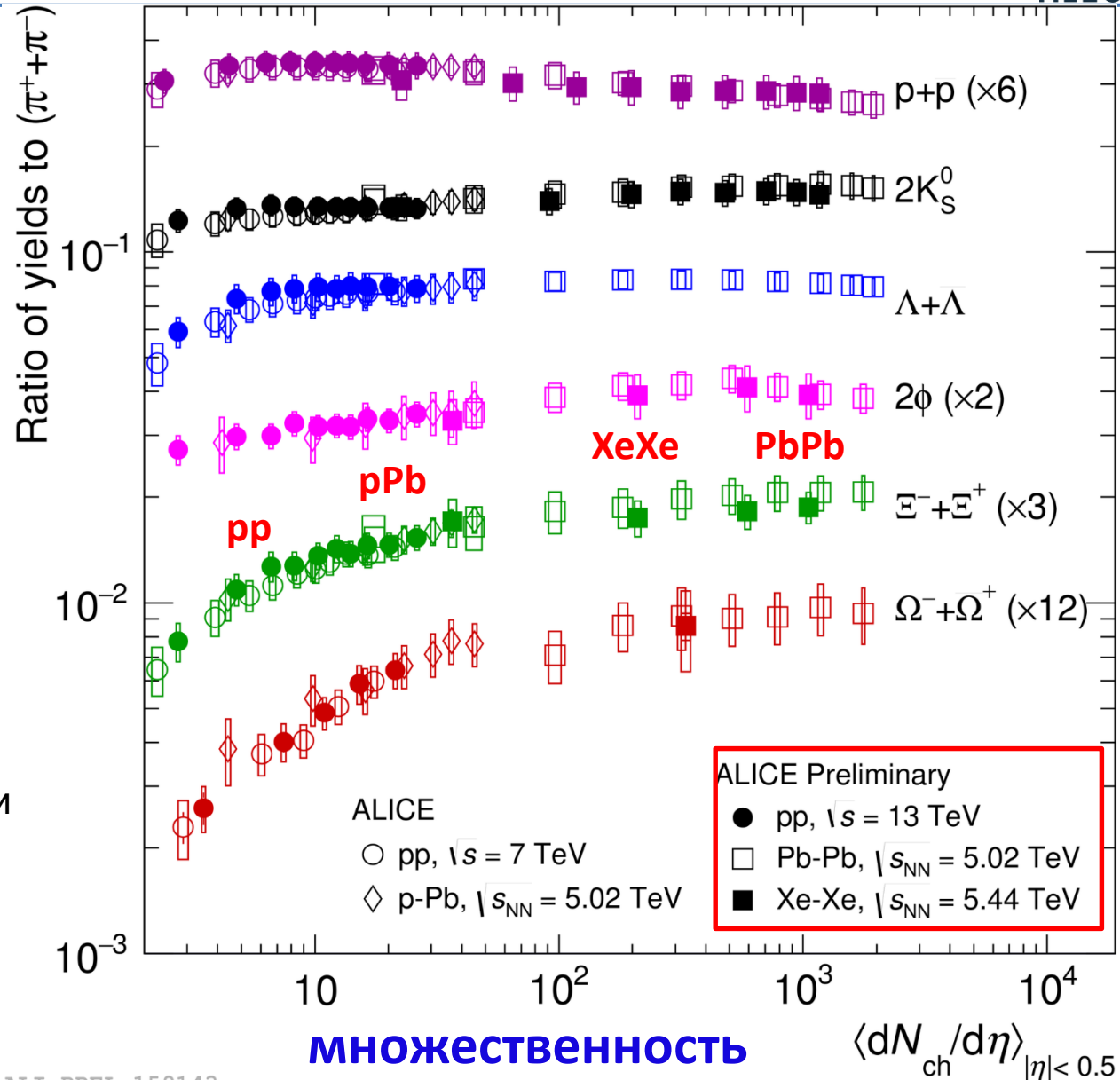


ALI-PUB-309064

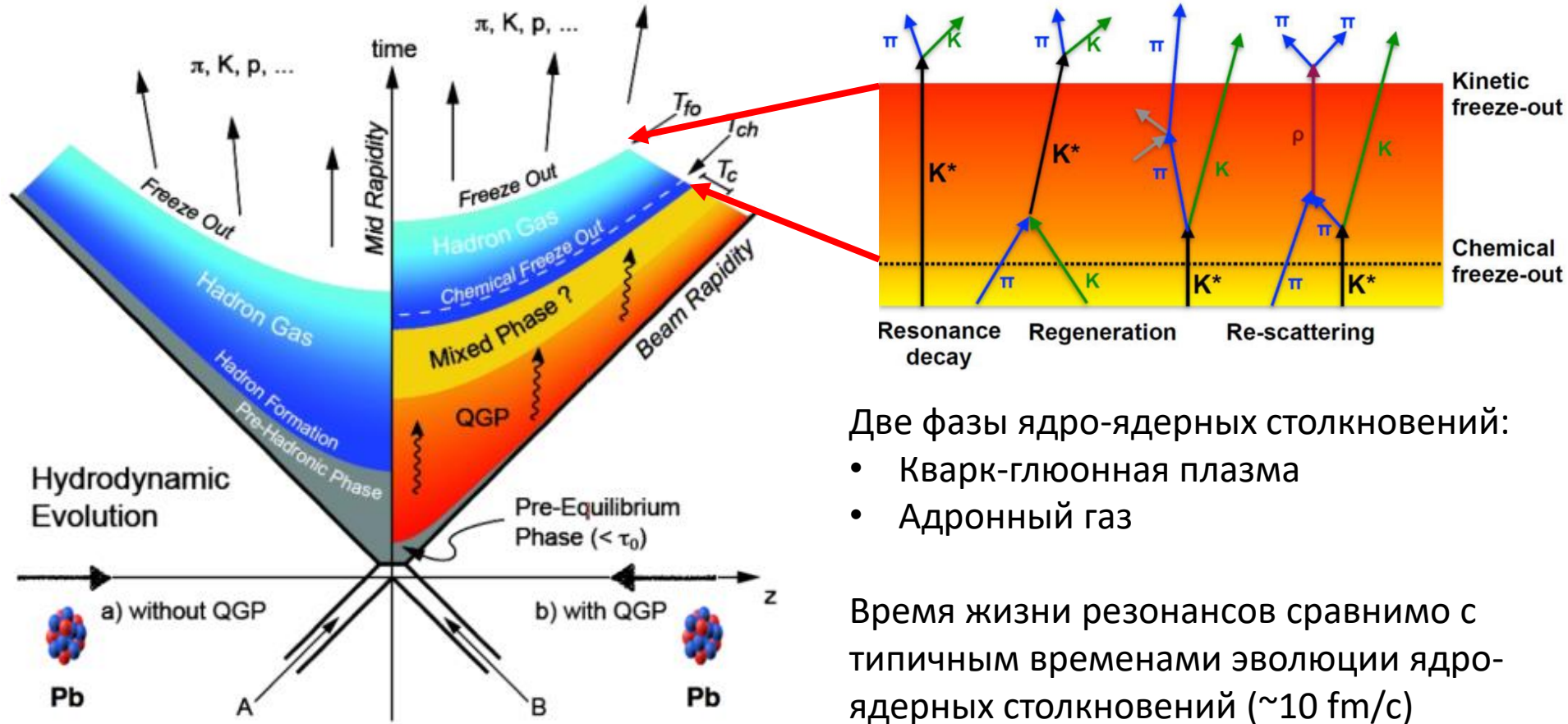


Выходы адронов

- Плавное изменение отношений выходов, не зависящее от энергии и типа сталкивающихся частиц
- $p/\pi \sim$ константа
- $\Lambda, \Xi, \Omega/\pi$ – рост выхода странности
- **Новый результат:** ϕ/π ($s\bar{s}$) растет с ростом множественности в pp и pPb:
 - Модель канонического подавления странности предсказывает константу для ϕ/π



Изучение резонансов



Две фазы ядро-ядерных столкновений:

- Кварк-глюонная плазма
- Адронный газ

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

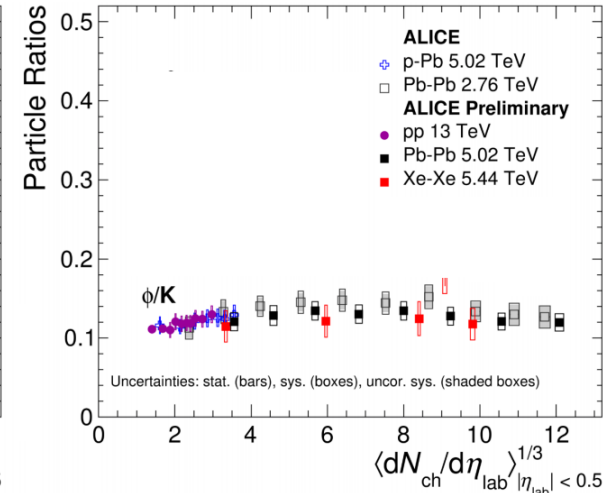
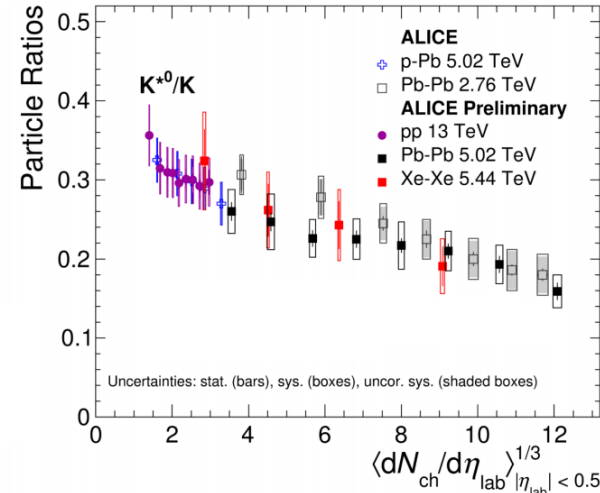
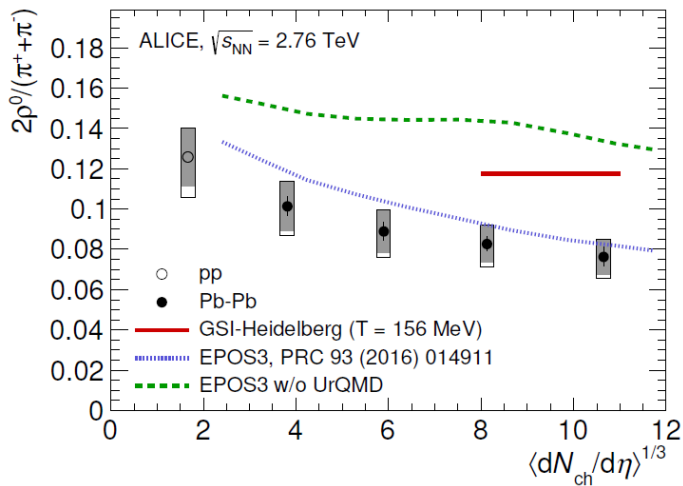
Изучение резонансов позволяет судить о времени существования адронной фазы

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

Изучение резонансов



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



Новые результаты, полученные группой ПИЯФ
(В. Рябов, Ю. Рябов, М. Малаев):

- Опубликована статья: *Production of the $\rho^0(770)$ meson in pp and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*. arXiv:1805.04365
- Preliminary по $\rho^0(770)$ в p-Pb @5.02 TeV

Наблюдается значительное подавление выхода короткоживущих резонансов с ростом центральности

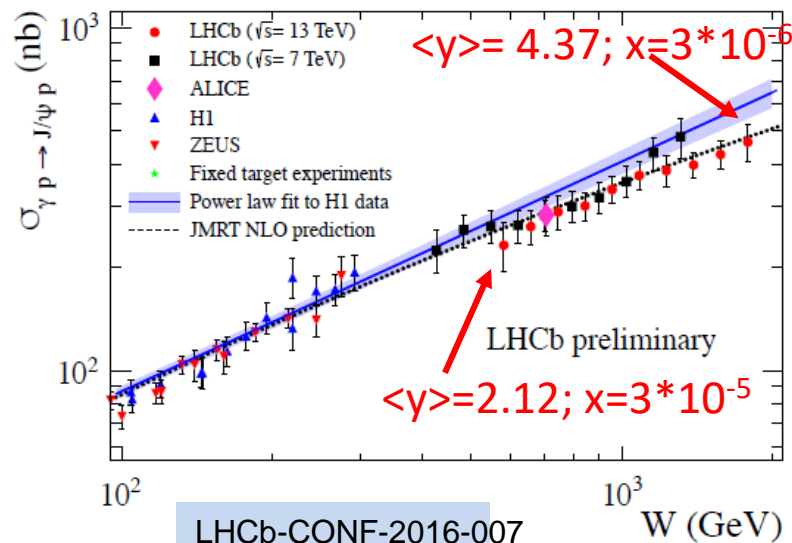
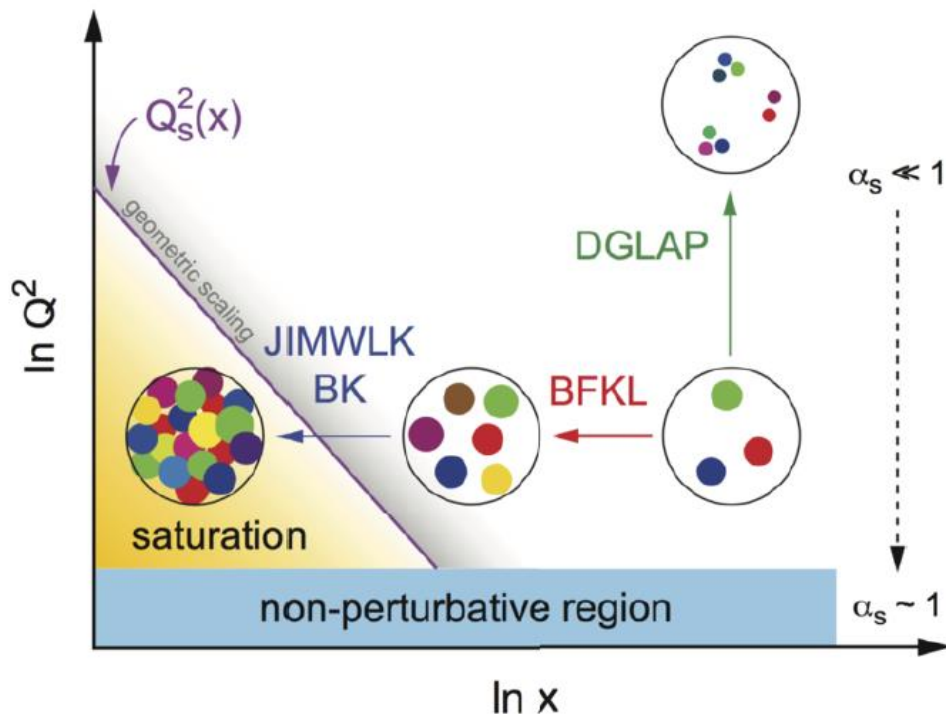
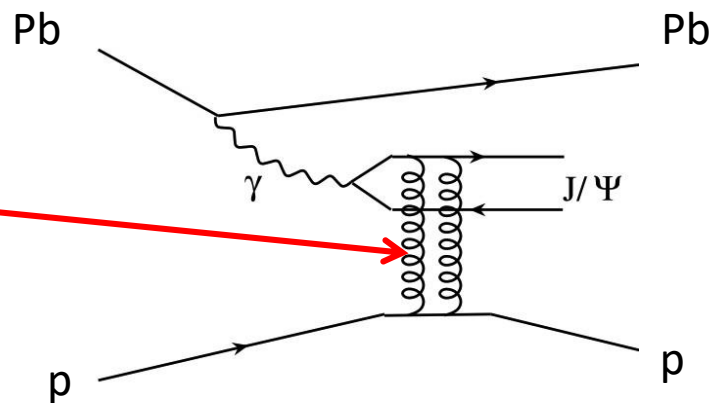
Фоторождение J/ψ в p-Pb UPC



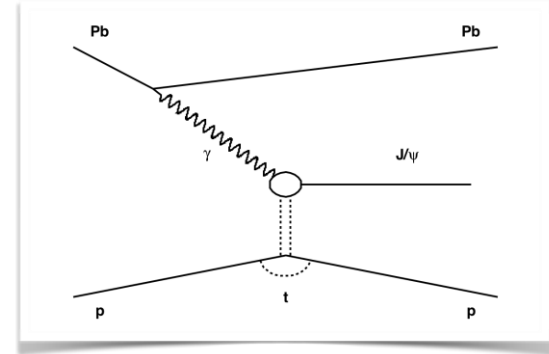
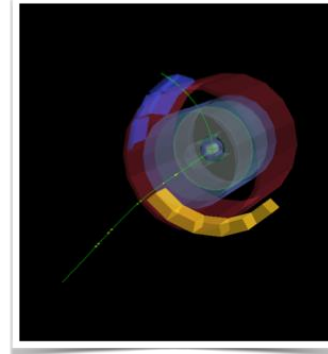
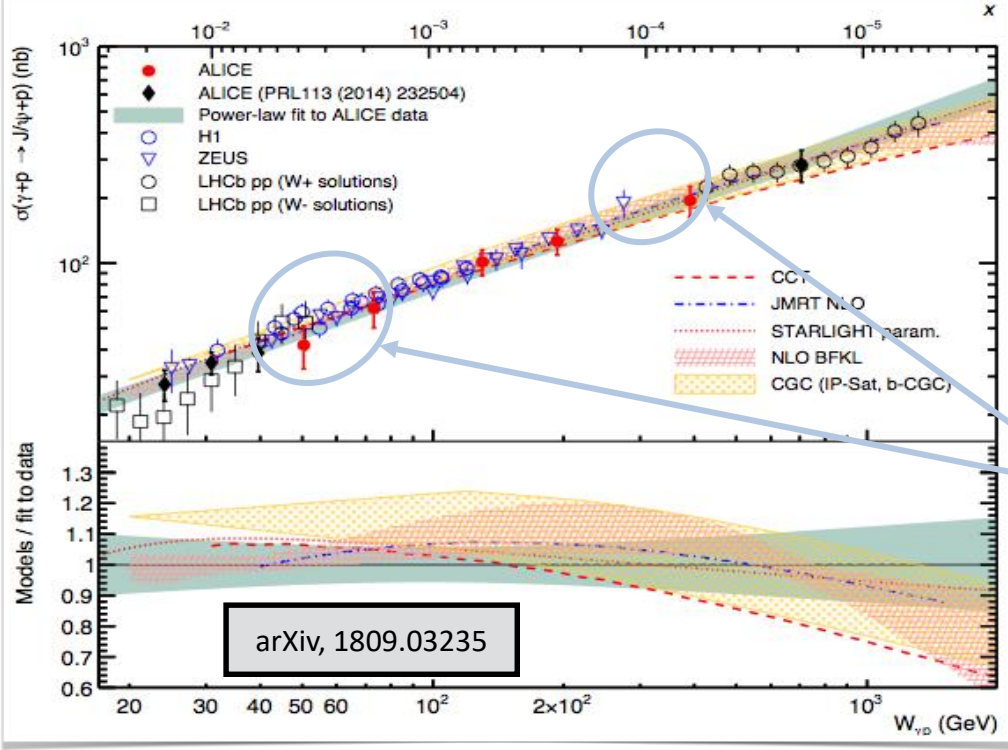
LO QCD: сечение фоторождения J/ψ пропорционально квадрату глюонной плотности:

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

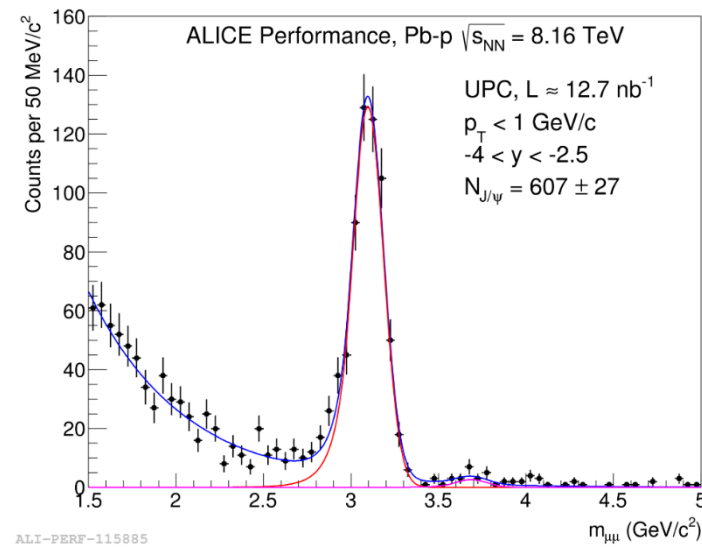
M. Ryskin: Z. Phys. C 57, 89 (1993)



Эксклюзивное фоторождение J/ψ в p-Pb @ 5.02 ТэВ



Измерения димюонных распадов в J/ψ в новой топологии: один мюон в мюонном плече (триггер), второй – в центральном барреле => покрытие полуцентральной области быстрот ($1.2 < |y| < 2.7$)



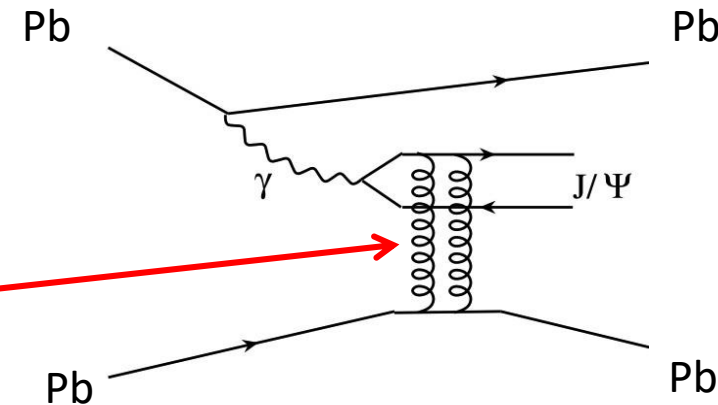
- Непрерывное покрытие $20 < W_{\gamma p} < 700$ ГэВ (с данными при 8.16 TeV: $20 < W_{\gamma p} < 1400$ GeV!)
- Эффекты насыщения глюонной плотности пока не видны
- В ране 3-4 ожидается увеличение статистики на два порядка (arXiv:1812.06772)

Фоторождение J/ψ в Pb-Pb UPC



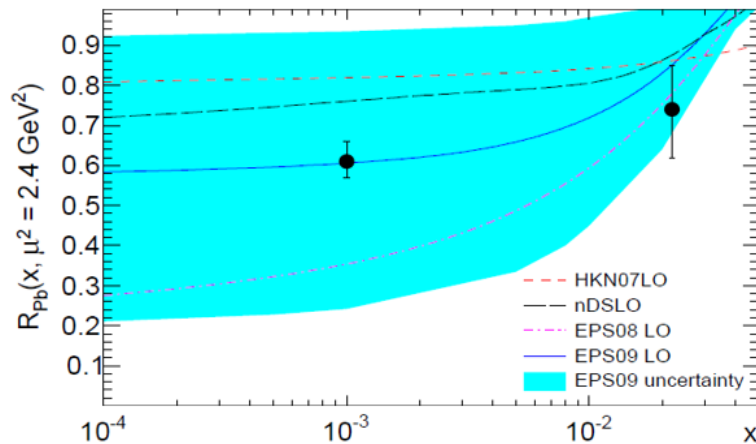
Сечение когерентного фоторождения J/ψ пропорционально квадрату глюонной плотности в ядрах:

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

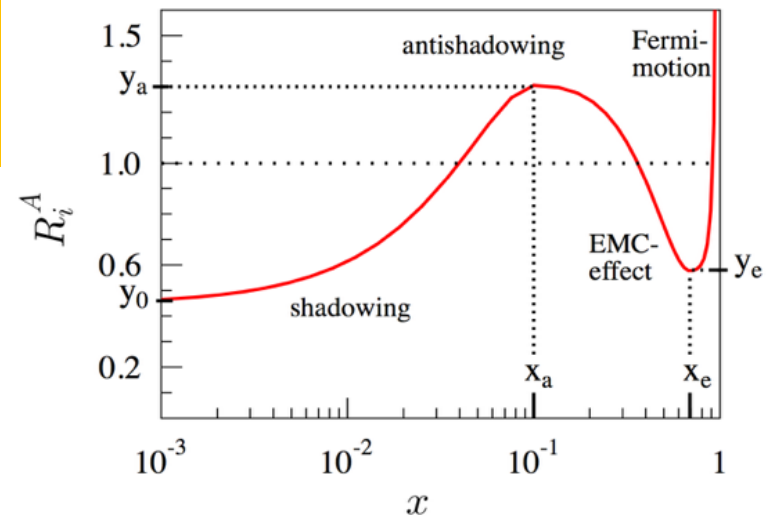


Сечение фоторождение J/ψ в ультра-периферических столкновениях чувствительно к ядерным глюонным экранировкам при малых x

Результаты рана 1:



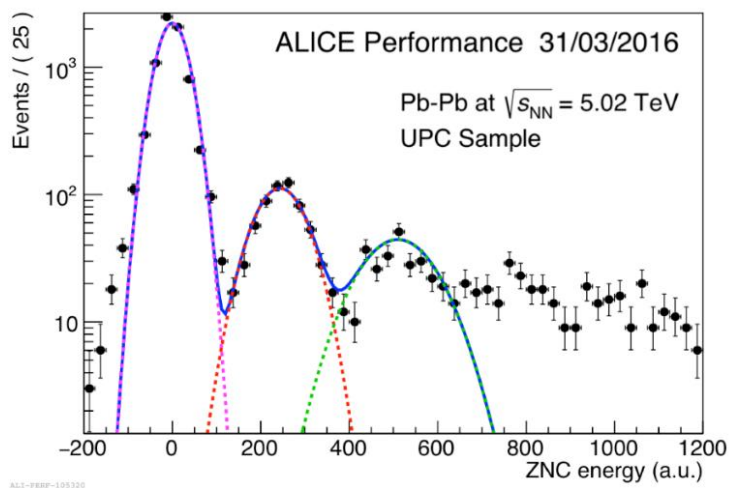
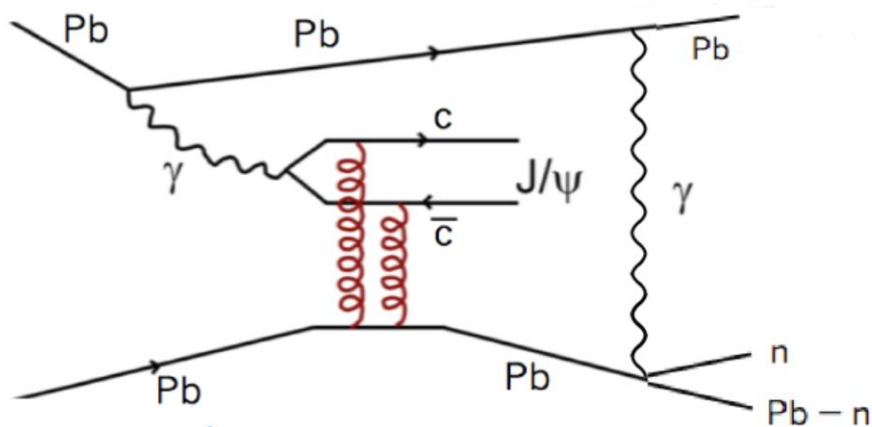
Guzei, EK, Strikman, Zhilov. PLB 726 (2013) 290



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

Фоторождение J/ψ с испусканием нейтронов

При малых прицельных параметрах велика вероятность EM-диссоциации ядер с испусканием нейтронов



Основная цель: глюонные экранировки при $x \sim 10^{-5}$



- Два вклада в когерентное фоторождение J/ψ в UPC:

$$\sigma(y) = n(+y)\sigma_{\gamma\text{Pb}}(+y) + n(-y)\sigma_{\gamma\text{Pb}}(-y)$$

↑

low energy
photons

↑

high-x
gluons

↑

high-energy
photons

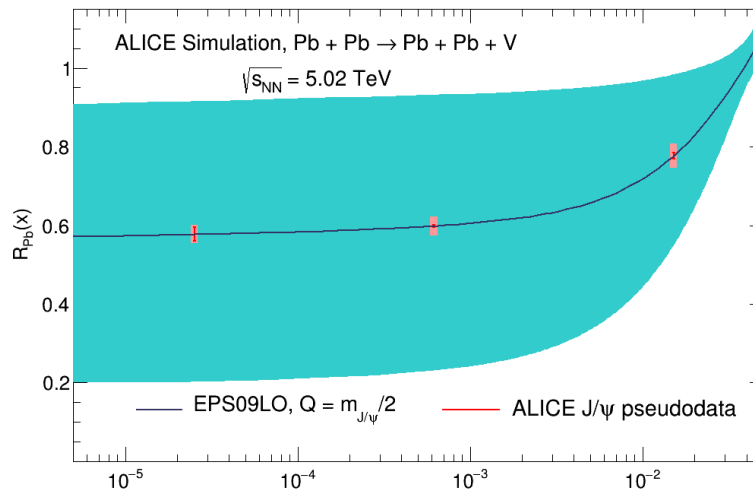
↙

low-x
gluons

- Измерение когерентного рождения J/ψ с и без испускания нейтронов позволяет выделить вклад сечений фоторождения при малых и больших x :

$$\begin{aligned} \sigma_{0\text{N}0\text{N}}(y) &= n_{0\text{N}0\text{N}}(+y)\sigma_{\gamma\text{Pb}}(+y) + n_{0\text{N}0\text{N}}(-y)\sigma_{\gamma\text{Pb}}(-y), \\ \sigma_{0\text{N}\text{X}\text{N}}(y) &= n_{0\text{N}\text{X}\text{N}}(+y)\sigma_{\gamma\text{Pb}}(+y) + n_{0\text{N}\text{X}\text{N}}(-y)\sigma_{\gamma\text{Pb}}(-y) \end{aligned}$$

- Ожидаемая точность измерения фактора ядерного подавления из данных ранна 2:



$$R_{\text{Pb}}(x) = \left(\frac{\sigma_{\gamma\text{Pb}}(x)}{\sigma_{\text{IA}}(x)} \right)^{1/2},$$

$$x = \frac{m_V}{\sqrt{s_{\text{NN}}}} \exp(-y)$$

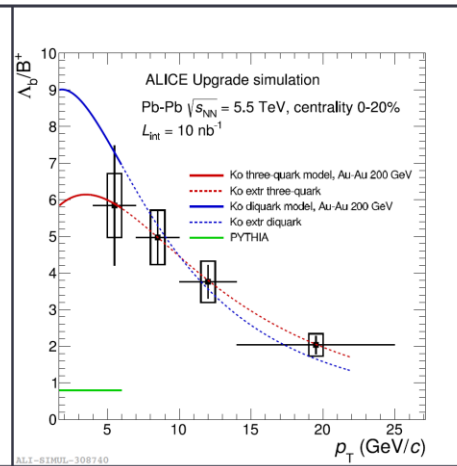
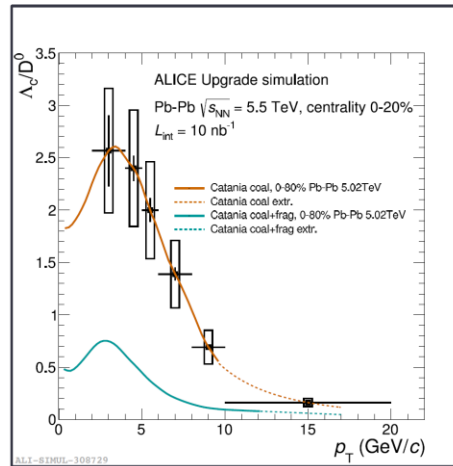
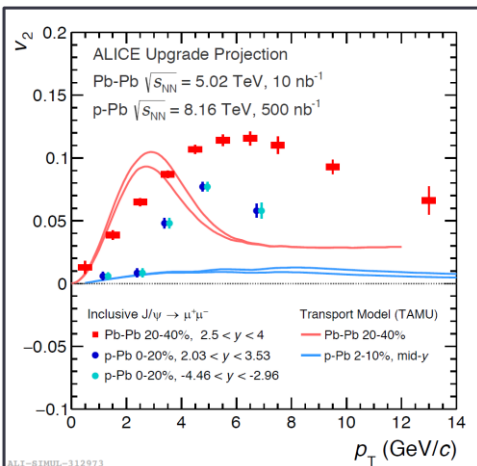
Планы на Run 3-4



Run3: $\mathcal{L}^{Pb-Pb}_{integrated} = 6.0 \text{ nb}^{-1}$

Run4: $\mathcal{L}^{Pb-Pb}_{integrated} = 7.0 \text{ nb}^{-1}$

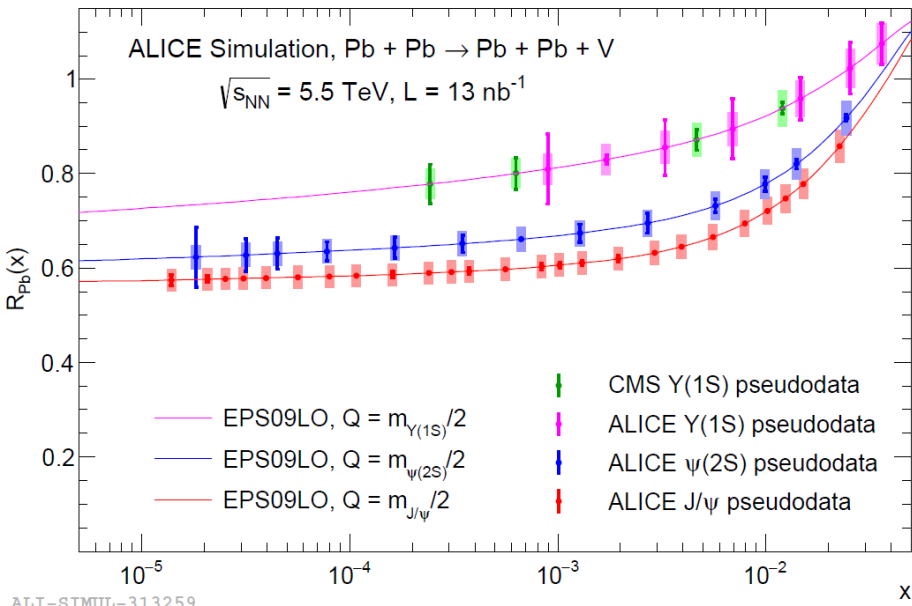
- Pb-Pb @ 5.5 TeV: 13/nb
- Reference pp @ 5.5 TeV: 6/pb
- pp @ 14 TeV: 200/pb
- p-Pb @ 8.8 TeV: 1/pb



Перспективы UPC в Рене 3-4



PbPb						
Meson	σ	All Total	Central 1 Total	Central 2 Total	Forward 1 Total 1	Forward 2 Total
$\rho \rightarrow \pi^+ \pi^-$	5.2b	68 B	5.5 B	21B	4.9 B	13 B
$\rho' \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	730 mb	9.5 B	210 M	2.5 B	190 M	1.2 B
$\phi \rightarrow K^+ K^-$	0.22b	2.9 B	82 M	490 M	15 M	330 M
$J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$	1.0 mb	14 M	1.1 M	5.7 M	600 K	1.6 M
$\psi(2S) \rightarrow \mu^+ \mu^-$	$30\mu\text{b}$	400 K	35 K	180 K	19 K	47 K
$Y(1S) \rightarrow \mu^+ \mu^-$	$2.0\mu\text{b}$	26 K	2.8 K	14 K	880	2.0 K

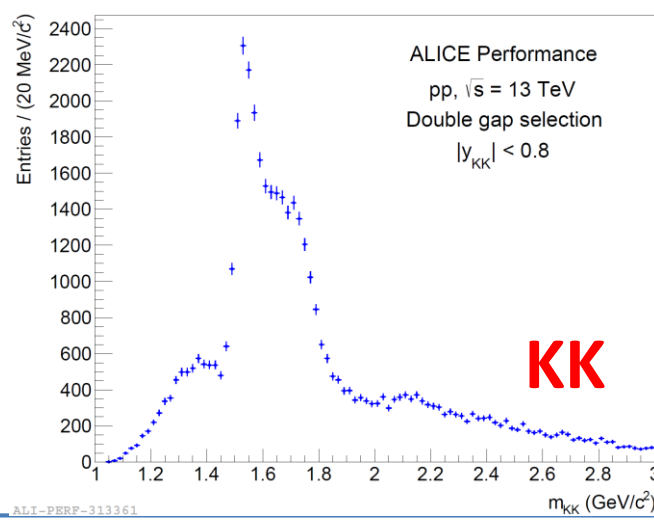
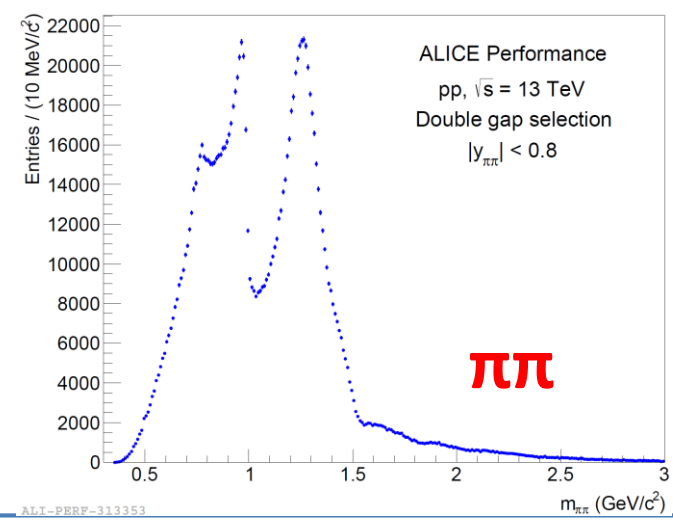
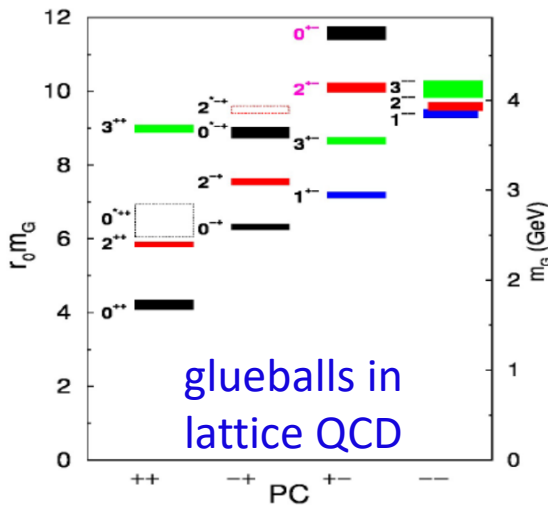
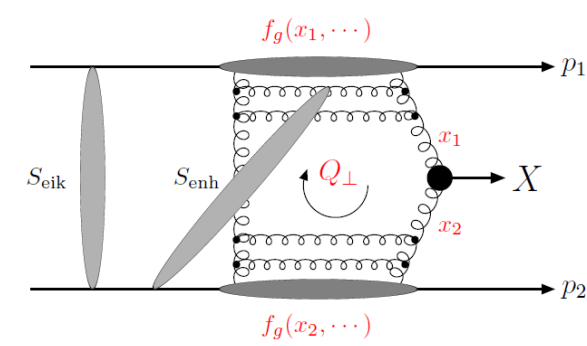
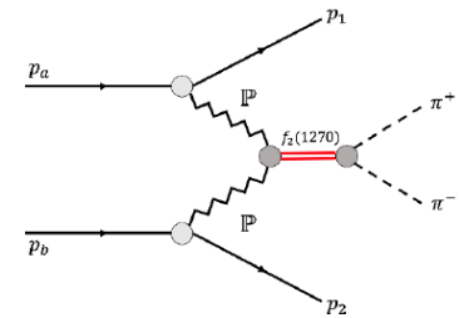


- Ожидается увеличение статистики UPC как минимум на два порядка
- Основные цели:
 - изучение x и Q^2 -зависимости глюонных экранировок
 - Изучение t -зависимости сечений когерентного рождения \Rightarrow глюонные плотности в ядрах в зависимости от прицельного параметра
- Z. Citron, ..., V. Guzey, E. Kryshen et al. *Yellow report from WG5: Future physics opportunities for high-density QCD at the LHC with heavy-ion and proton beams*. arXiv:1812.06772

Центральная дифракция в pp



- pp2017-2018: набрано 10 /pb центральных дифракционных событий (специальный триггер на события с двумя гэпами по быстроте)
- Цели:
 - Парциально-волновой анализ $\pi\pi$, KK, pp, $2\pi 2K$, 4π событий и прецизионная спектроскопия 0^{++} и 2^{++} резонансов
 - Поиск глюболов: $f_0(1500)$, $f_0(1710)$ и т.д.
 - Определение мезон-померонных форм-факторов и эффективного спина померона
 - Изучение CEP в пертурбативном режиме при $M > 2$ ГэВ/c² (gap survival, рождение χ_c)
- Перспективы в ране 3: 200 /pb в режиме непрерывного считывания
- P. Azzi, ..., E. Kryshen et al. *Yellow report from WG1: Standard Model Physics at the HL-LHC and HE-LHC*. CERN-LPCC-2018-03

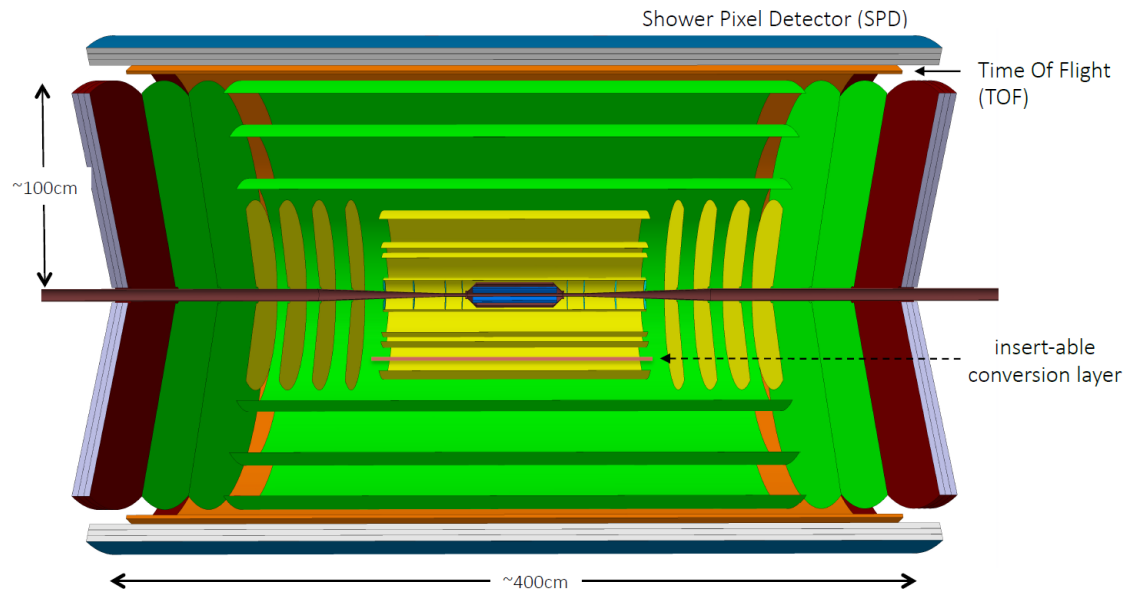


Будущие НИ эксперименты (2030e)



Разработан 10-страничный документ для EPPS Update: D. Adamova, ..., A. Khazdееv, E. Kryshen, V. Nikulin, V. Riabov, V. Samsonov et al., [A next-generation LHC heavy-ion experiment](#).

- Трекер: монолитные слои MAPS (разрешение $\sim 3\mu\text{m}$)
- Очень маленькая радиационная длина: 0.05% $X_0/\text{слой}$
- Большой аксептанс $|\eta| < 4$
- TOF (20 ps), shower-pixel detector, конвертер
- Светимости в 20-50 раз больше по сравнению с Run3-4
- Основные цели:
 - Фотонные и дилептонные спектры при ультра-малых поперечных импульсах
 - Детальные исследования очарованных и экзотических барионов: $\chi(3872)$, Ξ_{cc} и т.д.



Ultra-thin chip (<50 μm): flexible with good stability

Доклады по ALICE



- V. Riabov for the ALICE collaboration. [Overview of ALICE results on light flavor hadron production. IV international conference on particle physics and astrophysics \(ICPPA-2018\)](#), 22-26 Oct 2018, Moscow, Russia
- E. Kryshen for the ALICE, ATLAS, LHCb and CMS collaborations. [QCD at forward rapidity, in ultra-peripheral collisions, and multi-parton interactions](#). LHCP, Bologna, Italy, 5 June 2018.
Proceedings: PoS (LHCP2018) 108
- E. Kryshen for the ALICE collaboration. [Overview of ALICE results on ultra-peripheral collisions](#). XXIV International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems "Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics", Dubna, Russia, 20 September 2018
- E. Kryshen for the ALICE collaboration. [Central Exclusive Production at the HL/HE-LHC with ALICE](#). HL/HE-LHC WG1 Meeting - QCD physics. 2 March 2018.
- >30 докладов на внутренних совещаниях

Публикации



- 39 коллаборационных публикаций, включая:
 - ALICE Collaboration. *Production of the $\rho^0(770)$ meson in pp and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*. arXiv:1805.04365
 - ALICE Collaboration. *Energy dependence of exclusive J/ψ photoproduction off protons in ultra-peripheral p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV*. arXiv:1809.03235
- Z. Citron, ..., V. Guzey, E. Kryshen et al. *Yellow report from WG5: Future physics opportunities for high-density QCD at the LHC with heavy-ion and proton beams*. arXiv:1812.06772
- P. Azzi, ..., E. Kryshen et al. *Yellow report from WG1: Standard Model Physics at the HL-LHC and HE-LHC*. CERN-LPCC-2018-03
- D. Adamova, ..., A. Khanzadeev, E. Kryshen, V. Nikulin, V. Riabov, V. Samsonov et al., *A next-generation LHC heavy-ion experiment*.
- Е. Крышень. *Эксперимент ALICE*. Гатчинская правда, 17.07.2018
https://gtn-pravda.ru/static/2018/07/52_17_07_18.pdf
- В. Никулин. *Модернизация установки ALICE*. Гатчинская правда, 17.07.2018
https://gtn-pravda.ru/static/2018/07/52_17_07_18.pdf

Доклады:

- A U.S.-based Electron-Ion Collider, Plenary talk, IV International Conference on Particle Physics and Astrophysics (ICPPA-2018), Oct 22-26, 2018, MEPhI, Moscow
- Nuclear shadowing in exclusive processes, INT Program INT-18-3 “Probing Nucleons and Nuclei in High Energy Collisions”, Oct 1 - Nov 16, 2018 (remote talk)
- Dijet photoproduction in UPCs at the LHC and nuclear PDFs at small x , Conference “Hadron structure and QCD: from low to high energies (HSQCD-2018)”, NRC KI - PNPI, Gatchina, Russia, Aug 6 - 10, 2018
- Vector meson production on nuclei and nuclear shadowing, Workshop “Next-generation GPD studies with exclusive meson production at EIC”, CFNS, Stony Brook University, June 4-6, 2018 (remote talk)
- Can we use UPC production to constrain gluon density in nuclear PDFs? Workshop “Low- x gluon structure of nuclei and signals of saturation at LHC”, CERN, Geneva, March 27, 2018 (remote talk)
- Nuclear shadowing in tagged DIS at small x , Workshop “Polarized light ion physics with EIC”, Ghent University, Belgium, Feb 5-9, 2018
- Nuclear PDFs at small x and exclusive J/ψ photoproduction in UPCs at the LHC, XLIX Arbeitstreffen Kernphysik 2018, Schleching, Germany, Feb 15-22, 2018

Публикации:

- V. Guzey, E. Kryshen, M. Zhalov, Photoproduction of light vector mesons in Xe-Xe ultraperipheral collisions at the LHC and the nuclear density of Xe-129, Phys. Lett. B 782 (2018) 251
- M. Goharipour, H. Khanpour, V. Guzey, First global next-to-leading order determination of diffractive parton distributions and their uncertainties within the xFitter framework, Eur. Phys. J C78 (2018) 309
- H. Khanpour, M. Goharipour, V. Guzey, Effects of next-to-leading order DGLAP evolution on generalized parton distributions of the proton and deeply virtual Compton scattering at high energy, Eur. Phys. J. C78 (2018), 7

Заключение

- Цели по набору данных в ране 2 выполнены
- ПИЯФ принимает активное участие в работе коллаборации ALICE:
 - Ремонт трековых камер, апгрейд мюонного плеча
 - Активное участие в двух физических группах

WG5: Revised schedule proposal (2 longer runs in 2022 and 2028)

Year	Systems, time, L_{int}	Total per Run (3, 4, 5)
2021	Pb-Pb, 3 weeks, 2.3/nb pp 5.5, 1week, 3/pb @ ALICE, 350/pb ATLAS, CMS	Pb-Pb, 6.2/nb pp 5.5, "half L_{int} target"
2022 (extended from 4 to 6 weeks)	p-O + O-O 7 TeV, 1 week, few 100/ μ b (after EYETS?) Pb-Pb, 5 weeks, 3.9/nb	p-Pb, 0.6/pb ATLAS,CMS, 0.3/pb ALICE, 0.25/pb LHCb pp 8.8, "half L_{int} target"
2023	pp 8.8 TeV, few days p-Pb 8.8 TeV, 3.x weeks	O-O p-O
LS3	ATLAS/CMS upgrades, ALICE: ITS3? FoCal?	
2027	Pb-Pb, 3 weeks, 2.3/nb pp 5.5, 1week, 3/pb @ ALICE, 350/pb ATLAS, CMS	Pb-Pb, 6.8/nb pp 5.5, "half L_{int} target"
2028 (extended from 4 to 6 weeks)	Pb-Pb, 2 weeks, 1.5/nb p-Pb 8.8 TeV, 3.x weeks pp 8.8 TeV, few days	p-Pb, 0.6/pb ATLAS,CMS, 0.3/pb ALICE, 0.25/pb LHCb pp 8.8 "half L_{int} target"
2029	Pb-Pb, 4 weeks, 3/nb	
LS4	LHCb upgrade? ALICE faster?	
2031	"LightA-LightA", 3 weeks, 6.3 TeV, pp, 1 week	"LightA-LightA": e.g.
2032	"LightA-LightA", 4 weeks	Ar-Ar (A=40), L_{NN} equiv 6-18 x Pb-Pb 13/nb
2033	"LightA-LightA", 4 weeks	Kr-Kr (A=78), L_{NN} equiv 1.5-5 x Pb-Pb 13/nb

0⁺⁺ и 2⁺⁺ резонансы в PDG



Name	M(MeV)	Γ (MeV)	$I^G J^{PC}$	$\pi\pi$	$K\bar{K}$	Other modes
$f_0(500)/\sigma$	400-550	400-700	0 ⁺ 0 ⁺⁺	~100	-	-
$f_0(980)$	990±20	10-100	0 ⁺ 0 ⁺⁺	dominant	seen	$\gamma\gamma$ seen
$f_2(1270)$	1275.5±0.8	186.7 ^{+2.2} _{-2.5} 3	0 ⁺ 2 ⁺⁺	84.2 ^{+2.9} _{-0.9}	4.6 ^{+0.5} _{-0.4}	4 π ~ 10%
$f_0(1370)$	1200-1500	200-500	0 ⁺ 0 ⁺⁺	seen	seen	$\rho\rho$ dominant
$f_0(1500)$	1504±6	109±7	0 ⁺ 0 ⁺⁺	34.9±2.3	8.6±1.0	4 π 49.5±3.3
$f'_2(1525)$	1525±5	73 ⁺⁶ ₋₅	0 ⁺ 2 ⁺⁺	0.8±0.2	88.7±2.2	$\eta\eta$ 10.4±2.2
$f_0(1710)$	1723 ⁺⁶ ₋₅	139±8	0 ⁺ 0 ⁺⁺	seen	seen	$\eta\eta$ seen
$f_2(1950)$	1944±12	472±18	0 ⁺ 2 ⁺⁺	seen	seen	$\eta\eta$ seen
$f_2(2010)$	2011 ⁺⁶⁰ ₋₈₀	202±60	0 ⁺ 2 ⁺⁺	-	seen	$\phi\phi$ seen
$f_4(2050)$	2018±11	237±18	0 ⁺ 4 ⁺⁺	17%	~0.7%	$\eta\eta$ 0.2%
$f_2(2300)$	2297±28	149±40	0 ⁺ 2 ⁺⁺	-	seen	$\phi\phi$ seen
$f_2(2340)$	2345 ⁺⁵⁰ ₋₄₀	322 ⁺⁷⁰ ₋₆₀	0 ⁺ 2 ⁺⁺	-	-	$\phi\phi, \eta\eta$ seen