

# Исследование когерентного фоторождения векторных мезонов и димьюонного континуума в эксперименте ALICE на LHC

НИЦ КИ - ПИЯФ, ЛРЯФ  
Назар Бурмасов

# Ультрапериферические столкновения (УПС): $b > R_1 + R_2$

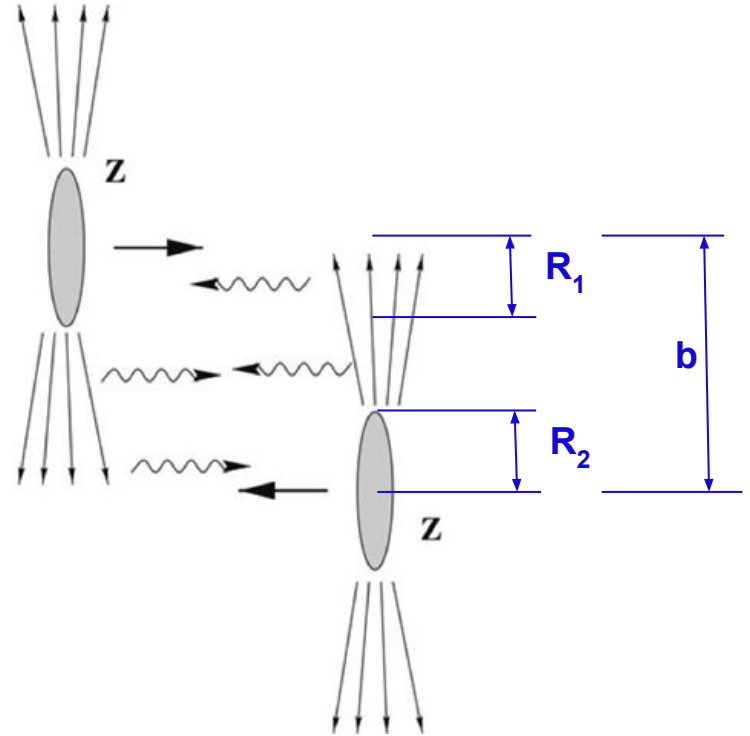
→ адронные взаимодействия подавлены

## Поток фотонов:

→ можно описать в приближении эквивалентных фотонов

→  $Q < 1/R \sim 30$  МэВ

→ пропорционален  $Z^2$



Обзоры по физике УПС:

A.J. Baltz et al, Phys. Rept. 458 (2008) 1

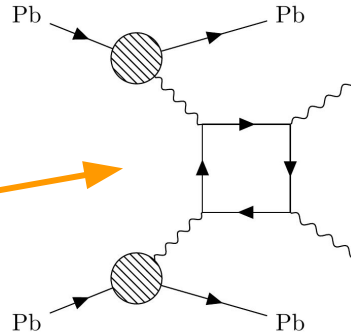
J.G. Contreras, J.D. Tapia Takaki. Int.J.Mod.Phys. A30 (2015) 1542012

S.Klein and P. Steinberg, Ann. Rev. Nuclear Part. Sci. 70 (2020) 323

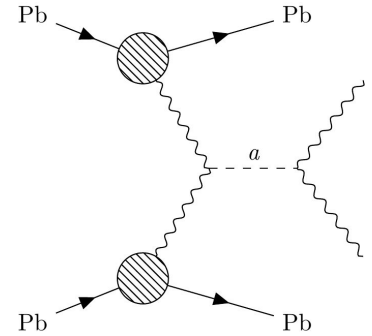
**Ультрапериферические столкновения на ЛHC можно использовать для исследования  $\gamma\gamma$ ,  $\gamma p$  и  $\gamma Pb$  взаимодействий при высоких энергиях**

# Ультрапериферические столкновения

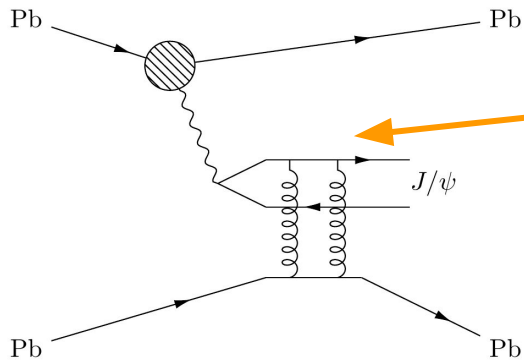
Поиск новой физики: суперсимметрия, слабо взаимодействующие частицы, новые резонансы...



Рассеяние света на свете



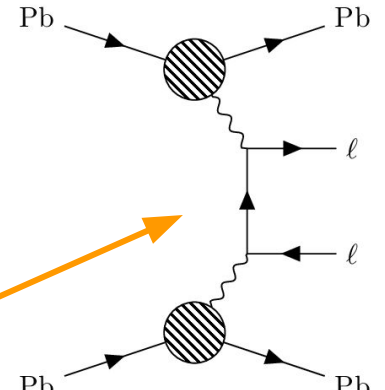
Аксиноподобные частицы



Фоторождение векторных мезонов

Исследование партонной плотности в ядрах при малых бьёркеновских  $x$

Проверка описания сильных ЭМ полей в приближении эквивалентных фотонов



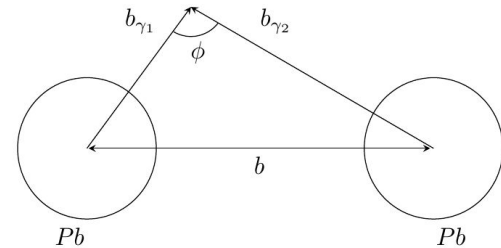
Пары лептонов

# Генератор событий Урсген

CPC 277 (2022), 108388, arXiv: 2111.11383

- Сечение в ультра-периферических столкновениях

$$\frac{d^2\sigma(AA \rightarrow AA + X)}{dY dM} = \frac{d^2N_{\gamma\gamma}}{dY dM} \sigma(\gamma\gamma \rightarrow X)$$

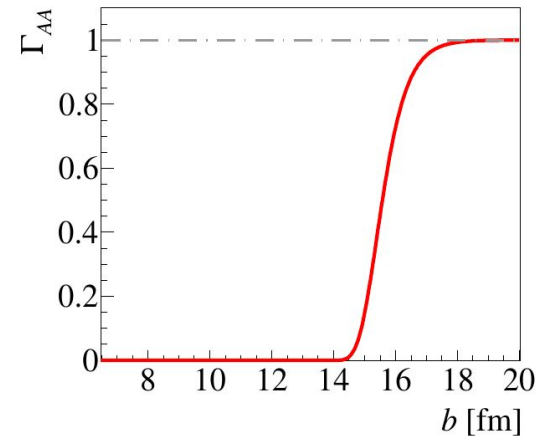


- Двухфотонная светимость

$$\frac{d^2N_{\gamma\gamma}}{dk_1 dk_2} = \iint d^2b_{\gamma_1} d^2b_{\gamma_2} \Gamma_{AA}(b) N_{\gamma A}(k_1, b_{\gamma_1}) N_{\gamma A}(k_2, b_{\gamma_2})$$

- Реалистичное моделирование вероятности отсутствия адронных взаимодействий

$$\Gamma_{AA}(b) = \exp\left(-\sigma_{NN}^{\text{tot}} \int d^2\vec{b}' T_A(|\vec{b}'|) T_A(|\vec{b} - \vec{b}'|)\right) \quad T_A(b) = \int dz \rho(b, z)$$



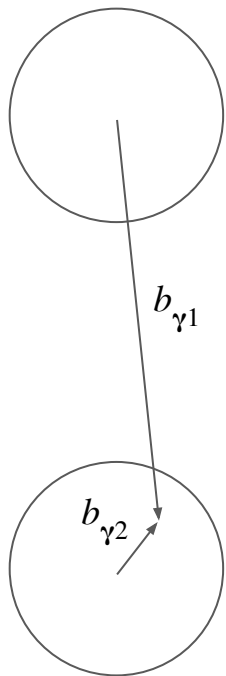
- Описание потоков фотонов

$$N_{\gamma A}(k, b_\gamma) = \frac{Z^2 \alpha k^2}{\gamma^2 \pi^2} \left[ K_0^2(x) + \frac{1}{\gamma^2} K_1^2(x) \right] \longleftrightarrow N_{\gamma A}(k, b_\gamma) = \frac{Z^2 \alpha}{\gamma \pi^2} \left| \int \frac{dk_\perp k_\perp^2}{k_\perp^2 + k^2/\gamma^2} F_{\text{ch}}(k_\perp^2 + k^2/\gamma^2) J_1(b_\gamma k_\perp) \right|^2$$

$$x = kb_\gamma/\gamma$$

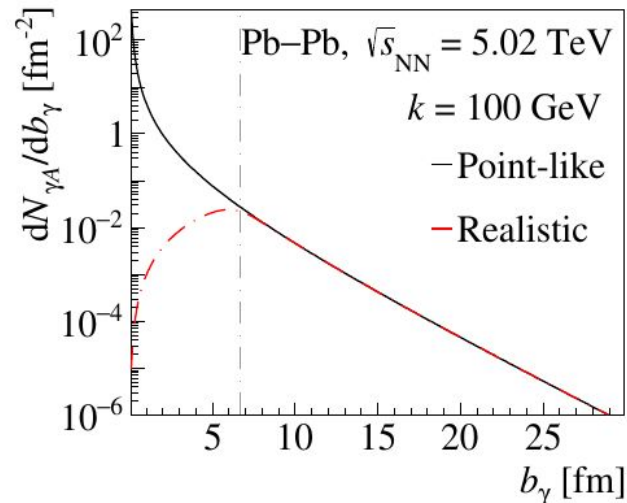
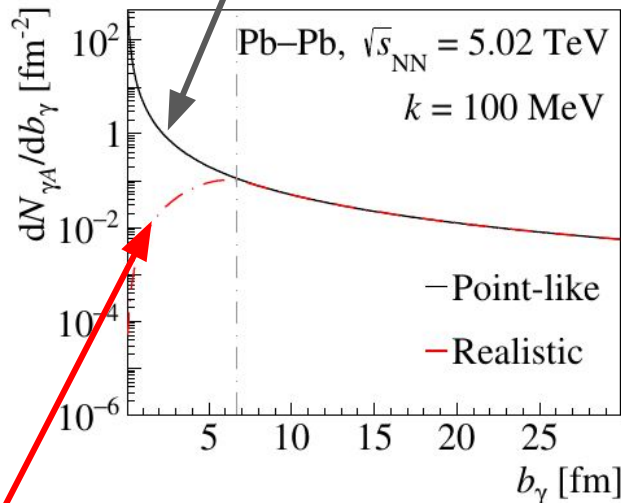
# Генератор событий Урсген

CPC 277 (2022), 108388, arXiv: 2111.11383



Точечный  
источник

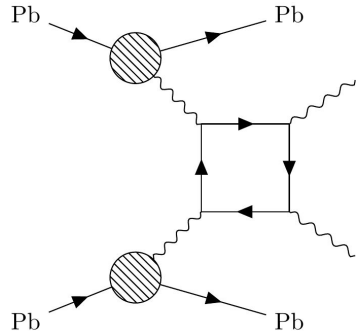
$$N_{\gamma A}(k, b_{\gamma}) = \frac{Z^2 \alpha k^2}{\gamma^2 \pi^2} \left[ K_0^2(x) + \frac{1}{\gamma^2} K_1^2(x) \right]$$



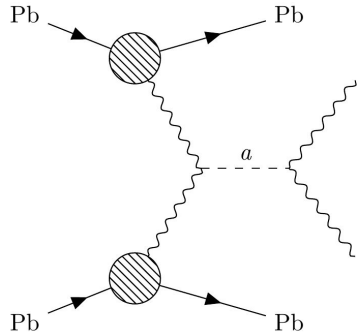
Источник с  
реалистичным  
форм-фактором

$$N_{\gamma A}(k, b_{\gamma}) = \frac{Z^2 \alpha}{\gamma \pi^2} \left| \int \frac{dk_{\perp} k_{\perp}^2}{k_{\perp}^2 + k^2/\gamma^2} F_{\text{ch}}(k_{\perp}^2 + k^2/\gamma^2) J_1(b_{\gamma} k_{\perp}) \right|^2$$

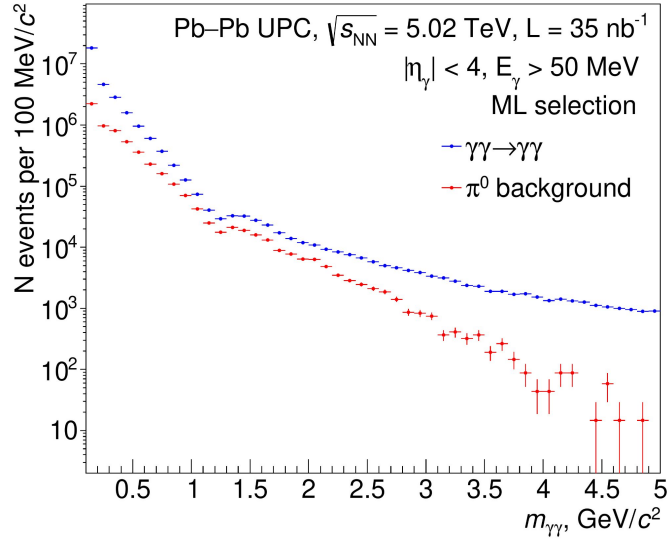
# Рассеяние света на свете и поиск ALP



Рассеяние света на свете (LbyL)



Рождение аксионоподобных частиц (ALP)



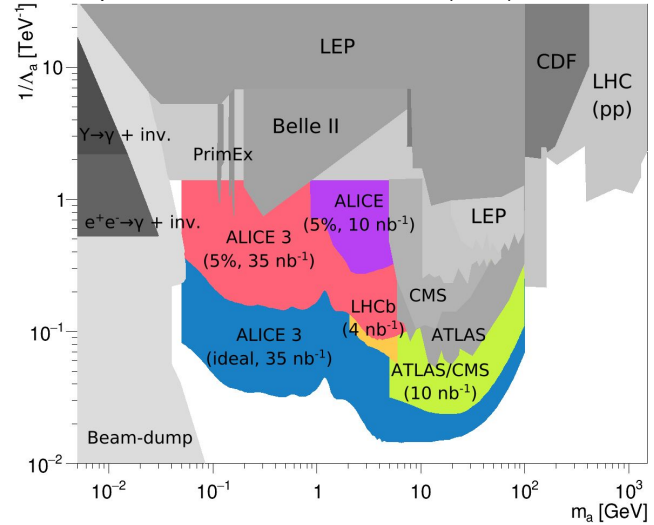
## Рассеяния света на свете:

- Измерения при  $m < 5 \text{ ГэВ}/c^2$

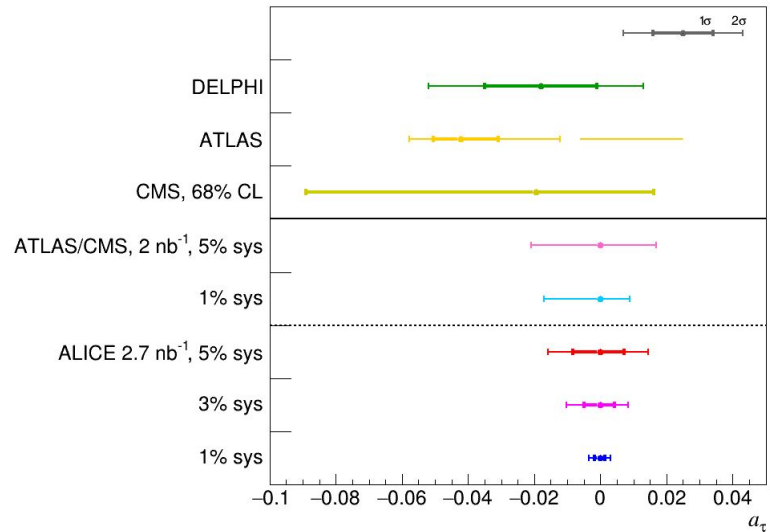
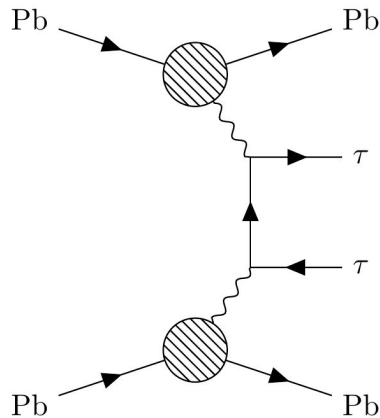
## Поиск ALP:

- Возможность покрыть область  $50 \text{ МэВ}/c^2 - 5 \text{ ГэВ}/c^2$
- Идеальный случай → калориметры?

Пределы из ATLAS, JHEP 03, 243 (2021)  
 Проекция для ATLAS/CMS из PRL 118 (2017), 171801  
 Проекция для LHCb из EPJC 81 (2021), 522



# Рождение пар тау-лептонов



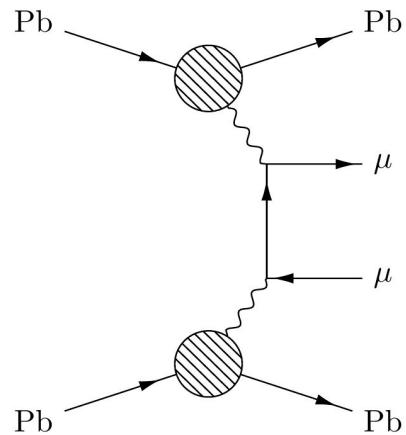
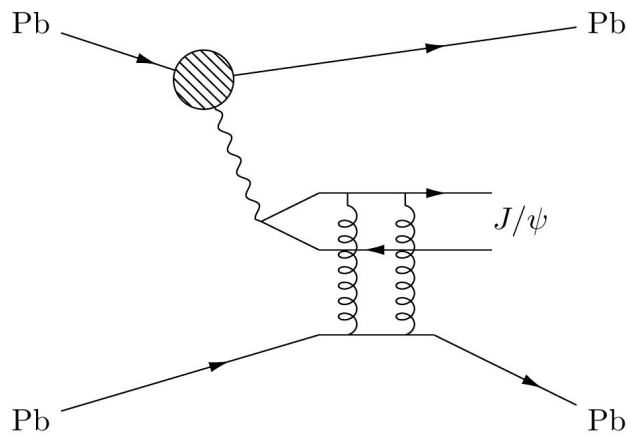
Чувствительность к рождению суперсимметричных частиц зависит от массы лептона

- $\tau$  в  $\sim 280$  раз более чувствителен к новой физике чем  $\mu$

Возможные отклонения магнитных моментов могут указывать на **составную природу лептонов**

- Пример —  $g-2$  нейтрона и протона

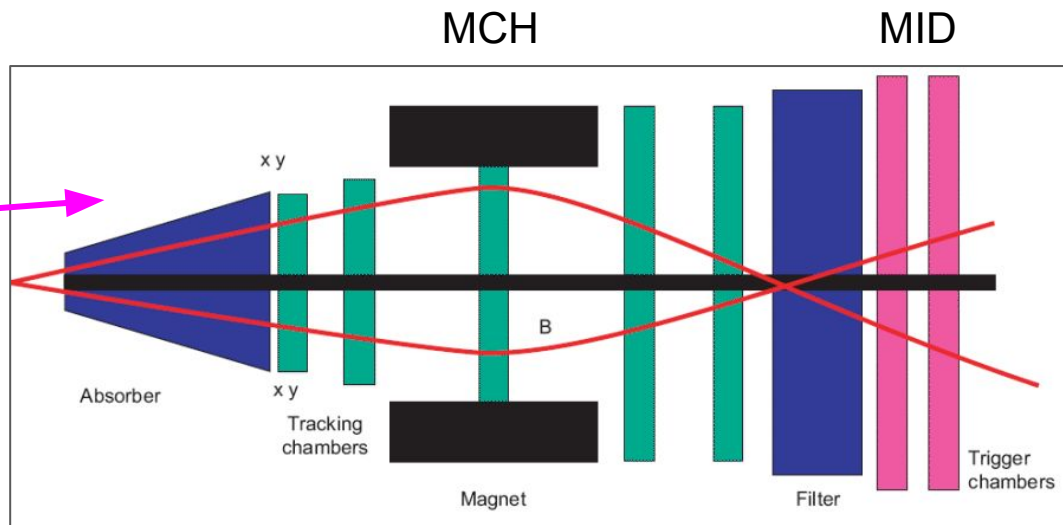
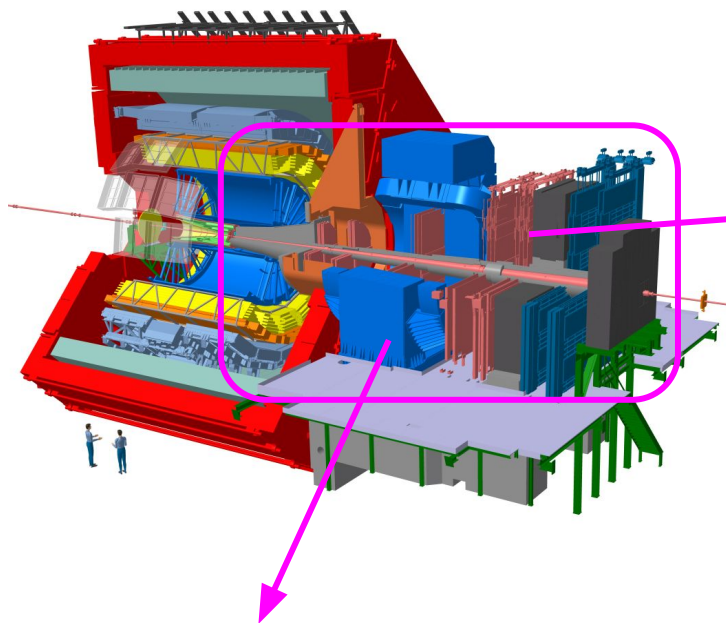
**Возможность улучшить пределы в  $\sim 2$  раза** по сравнению с результатами DELPHI



Фоторождение векторных мезонов и димюонного континуума в Run 3



# Мюонный спектрометр ALICE

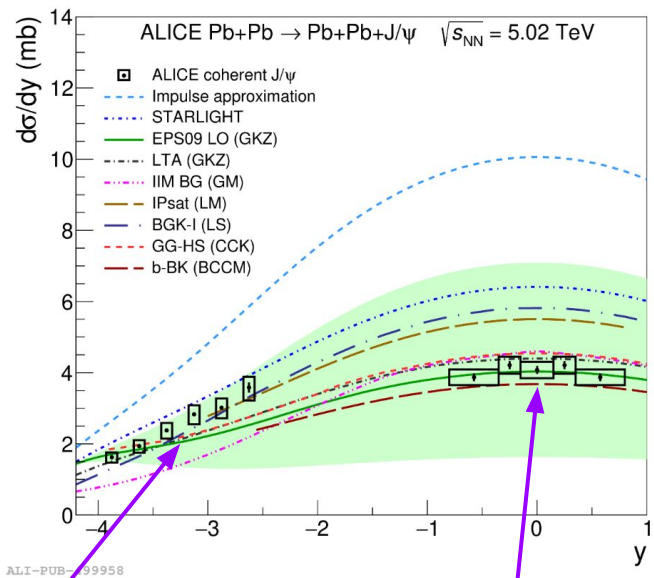


- Покрывтие по псевдобыстроте:  $-4 < \eta < -2.5$
- Абсорбер — фильтрация частиц
- Muon CHambers — трековый детектор → реконструкция импульса мюонов
- Muon IDentifer — мюонный триггер → временное разрешение  $\sim 1 \text{ BC}^*$

\*BC = 25 нс — характерное время между пучками

# Фоторождение $J/\psi$ в Run 2

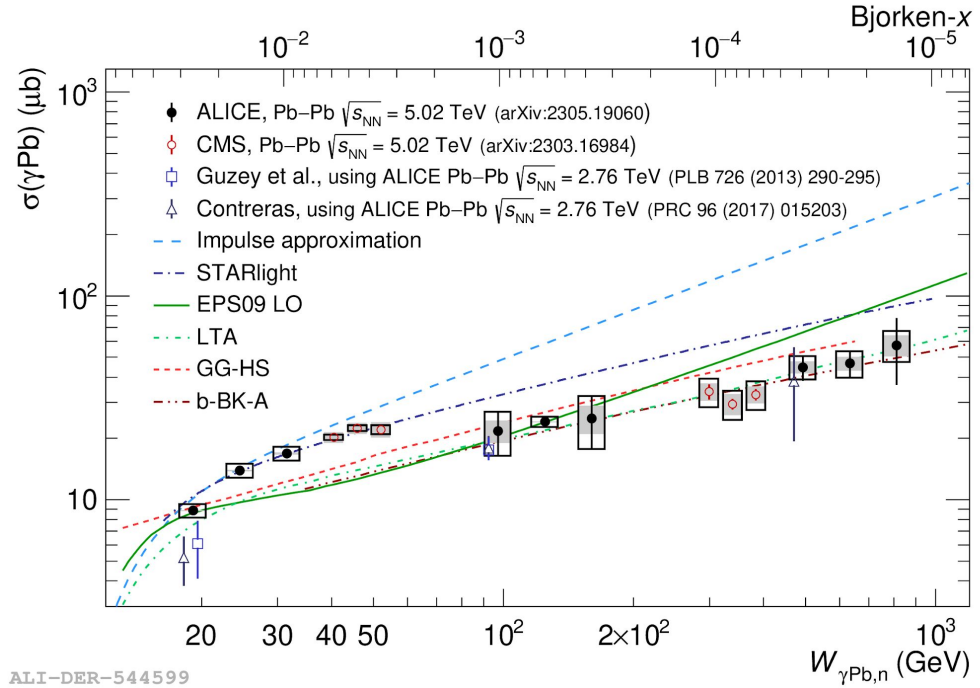
ALICE, PLB 798 (2019) 134926, PLB 817 (2021) 136280



ALI-PUB-99958

$x \sim 10^{-2}$  (~95%)  
 $x \sim 10^{-5}$  (~5%)

$x \sim 10^{-3}$



ALI-DER-544599

LO : Ryskin, Z.Phys.C 57 (1993), 89-92  
 NLO: K. Eskola et al., PRC 106 (2022), 035202

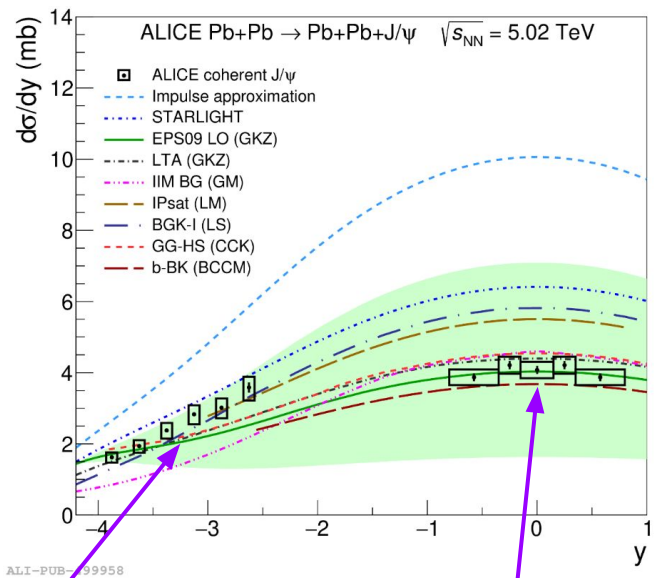
$$\frac{d\sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A}}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{M_{J/\psi}^3 \Gamma_{ee} \pi^3 \alpha_s^2(Q^2)}{48 \alpha_{em} Q^8} [xg_A(x, Q^2)]^2$$

- Измерено сечение когерентного фоторождения  $J/\psi$
- Извлечено фотоядерное сечение при рекордно малых бьёркеновских  $x$

Disentangling: Guzey, Strikman, Zhavoronkov, EPJC 74 (2014) 7, 2942  
 EPS09 LO, LTA: Guzey, Kryshen, Zhavoronkov, PRC 93 (2016) 055206

# Фоторождение $J/\psi$ в Run 2

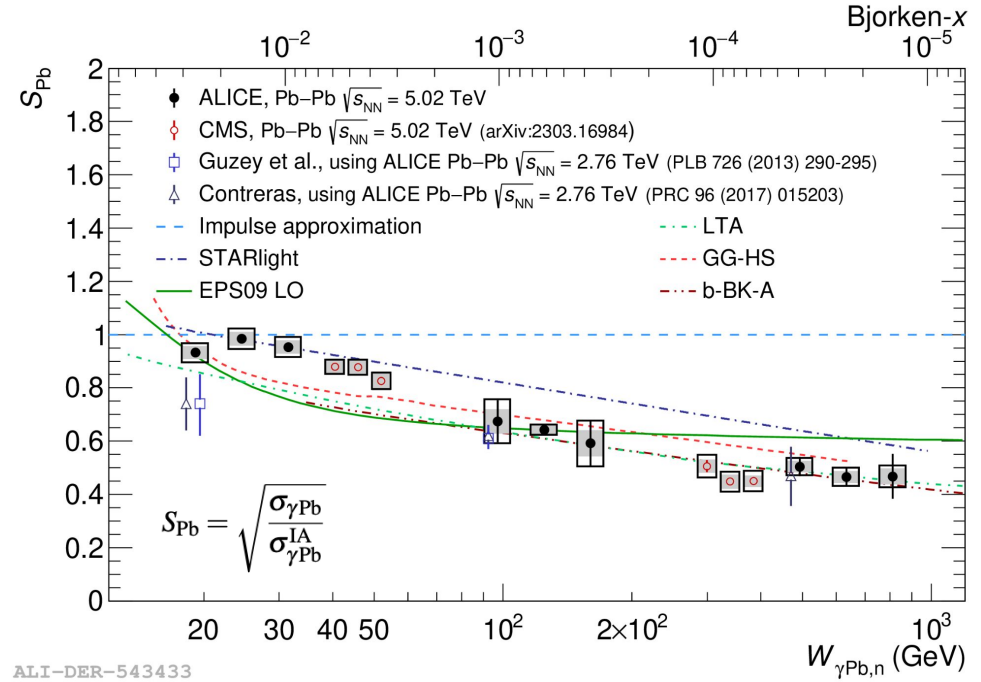
ALICE, PLB 798 (2019) 134926, PLB 817 (2021) 136280



ALI-PUB-99958

$x \sim 10^{-2}$  (~95%)  
 $x \sim 10^{-5}$  (~5%)

$x \sim 10^{-3}$



ALI-DER-543433

LO : Ryskin, Z.Phys.C 57 (1993), 89-92  
 NLO: K. Eskola et al., PRC 106 (2022), 035202

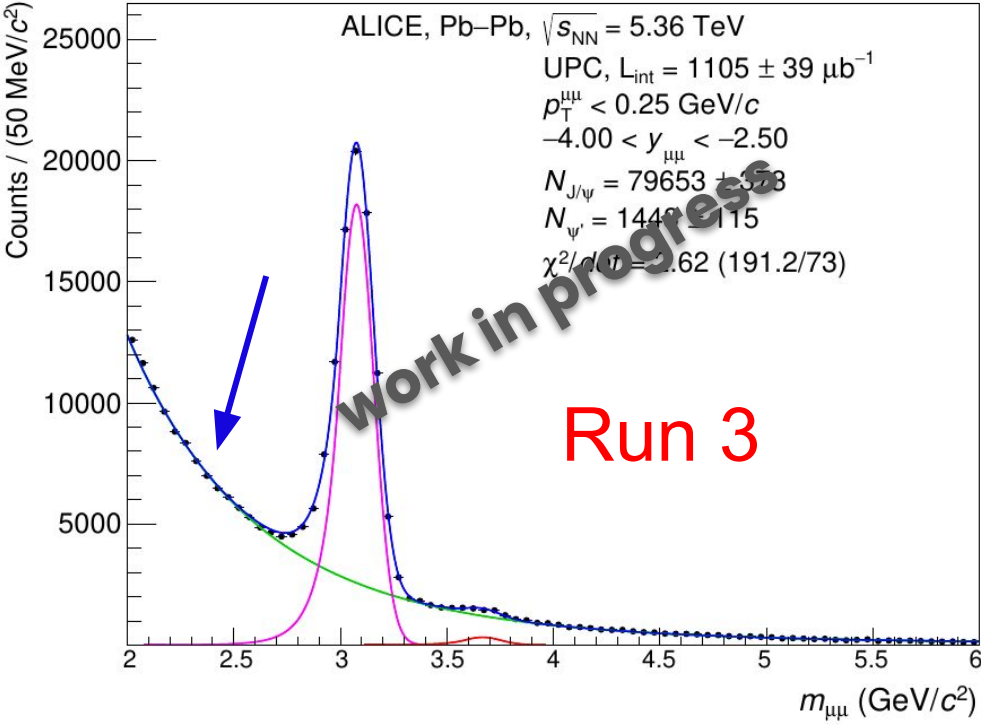
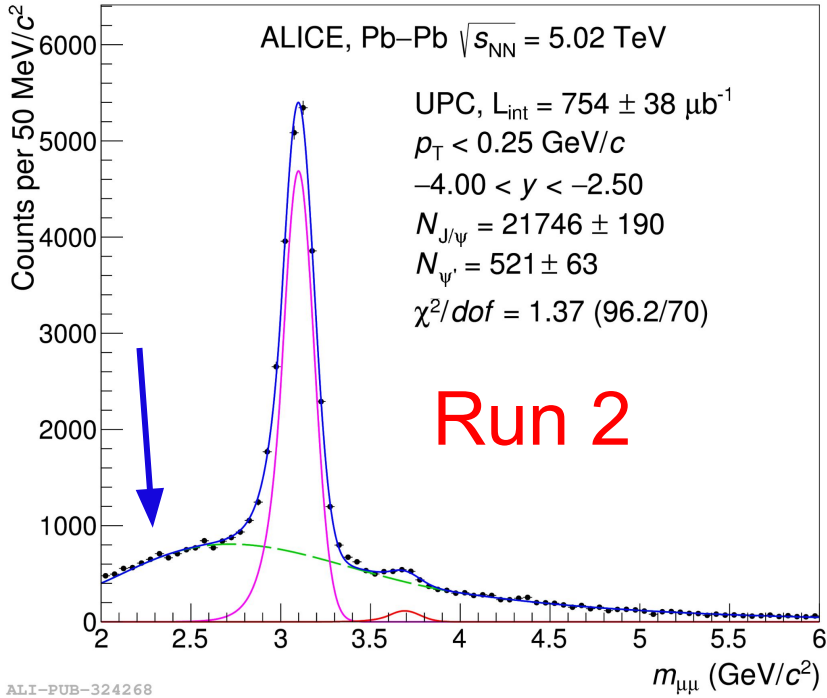
$$\frac{d\sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A}}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{M_{J/\psi}^3 \Gamma_{ee} \pi^3 \alpha_s^2(Q^2)}{48 \alpha_{em} Q^8} [xg_A(x, Q^2)]^2$$

- Измерено сечение когерентного фоторождения  $J/\psi$
- Извлечено фотоядерное сечение при рекордно малых бьёркеновских  $x$
- Извлечен фактор ядерного подавления  $S_{Pb}$

Disentangling: Guzey, Strikman, Zhavoronkov, EPJC 74 (2014) 7, 2942  
 EPS09 LO, LTA: Guzey, Kryshen, Zhavoronkov, PRC 93 (2016) 055206

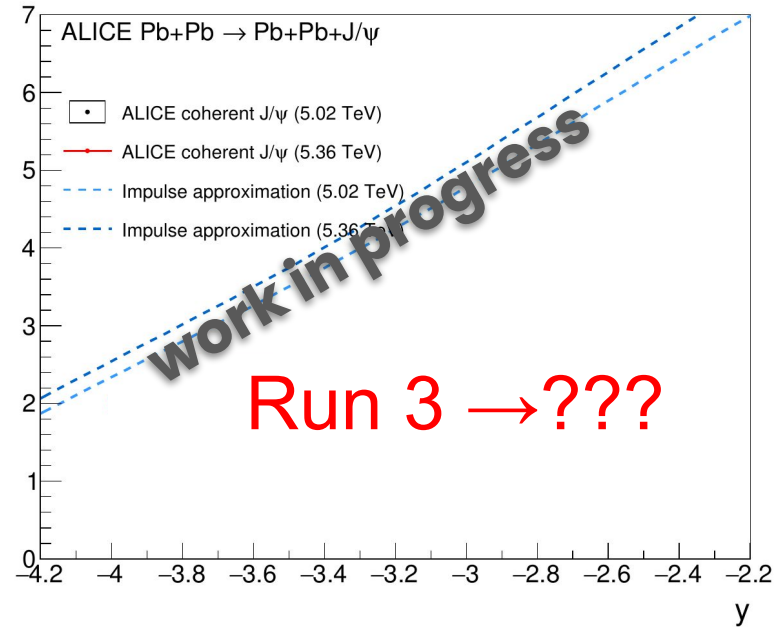
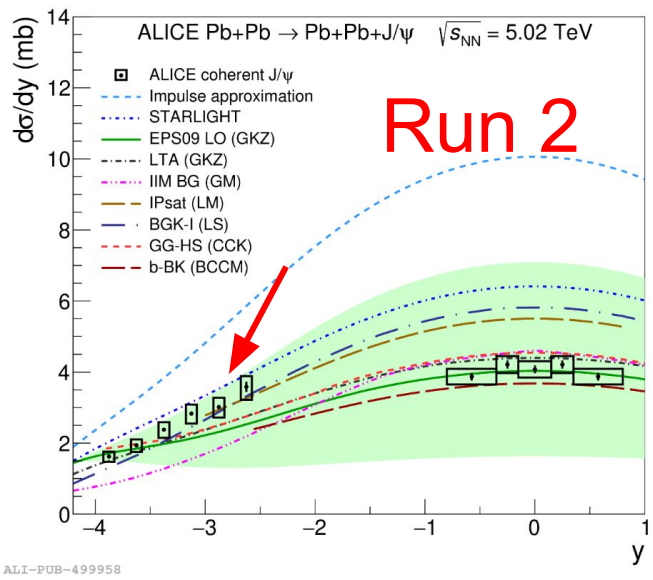
# Мотивация

ALICE, PLB 798 (2019) 134926



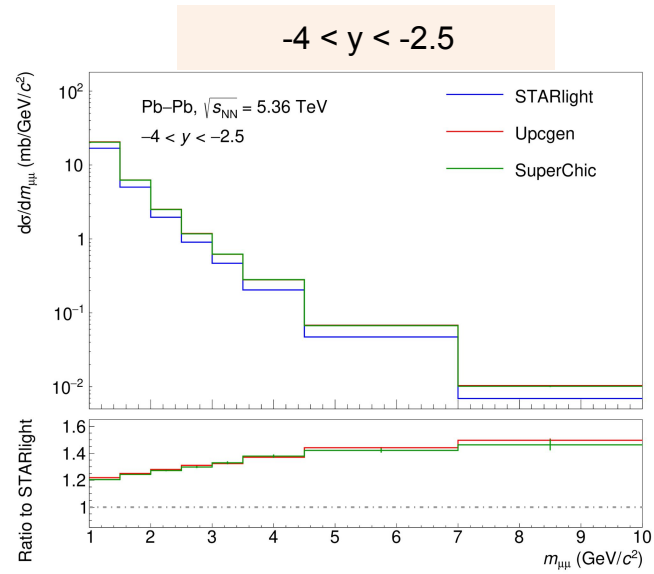
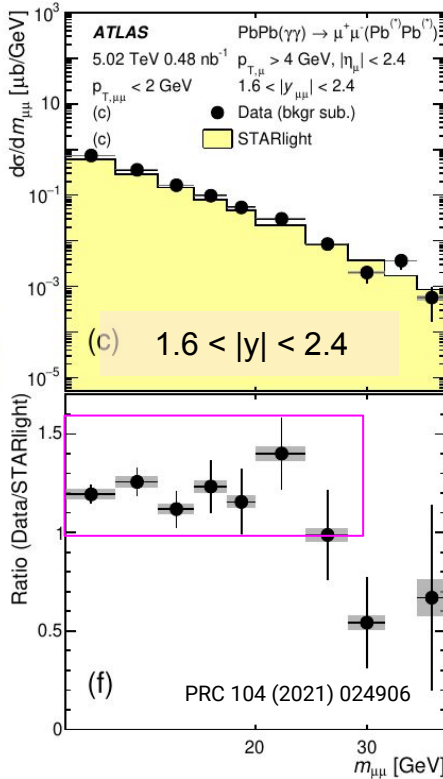
- Бестриггерный набор данных дает возможность продвинуться в область малых масс
- Нет эффектов, связанных с резким изменением эффективности в области J/psi

# Мотивация



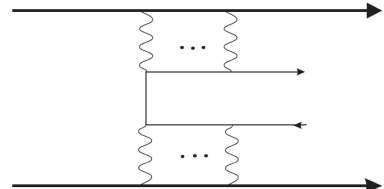
- Бестриггерный набор данных дает возможность продвинуться в область малых масс
- Нет эффектов, связанных с резким изменением эффективности в области J/ψ
- Более точное измерение сечения → проверка тренда при  $-3 < y < -2.5$

# Мотивация

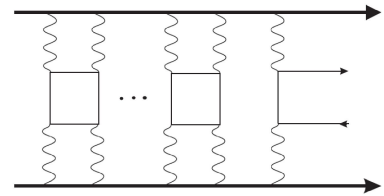


STARlight: CPC, 212 (2017) 258-268  
 Upcgen: CPC, 277 (2022) 108388  
 SuperChic: EPJC, 80 (2020) 925

PRC, 75 (2007) 034903  
 JHEP, 08 (2021) 083

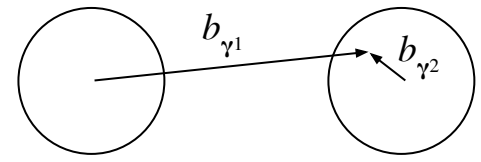


Унитарность?



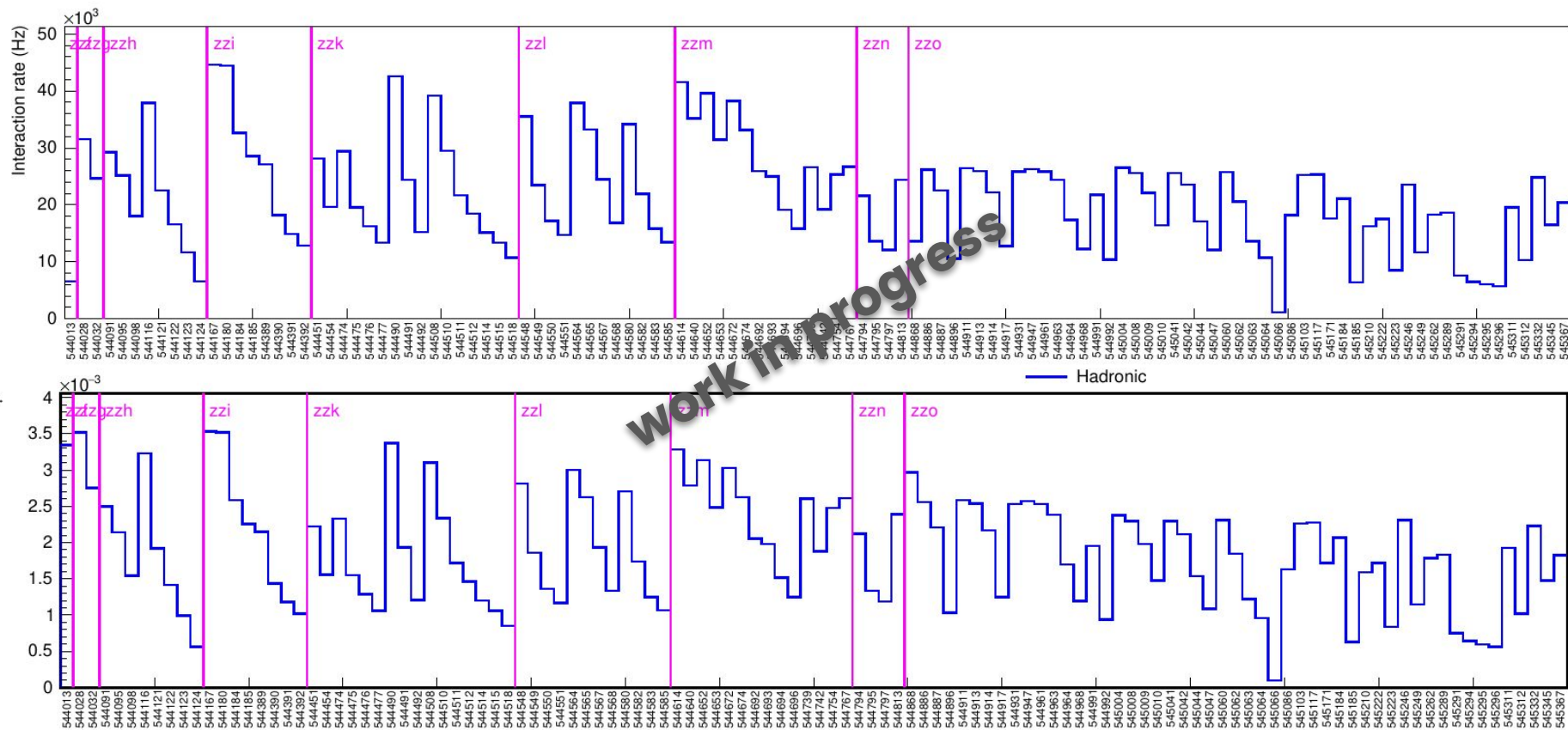
Множественные фотонные взаимодействия?

- STARlight: точечный источник, жесткий кат при  $b_\gamma = R_A$
- SuperChic, Upcgen: реалистичный форм-фактор
- Заметные отличия при больших быстротах



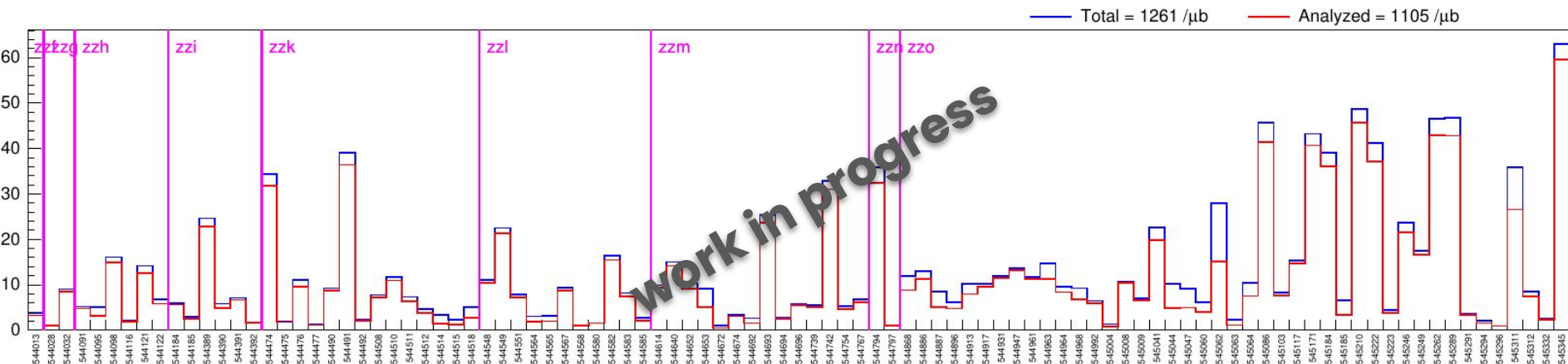
Описание потока фотонов? 14

# Анализ данных



➤ 116 ранов из октябрьского сеанса с малым пайл-апом

# Анализ данных



➤ После QC → 99 рангов с суммарной интегральной светимостью  $\sim 1.1 \text{ нбн}^{-1}$

➤ Референсное сечение для расчета светимости →  $L = \frac{N_{\text{ref}}}{\sigma_{\text{ref}}} P_{\text{ref}}$

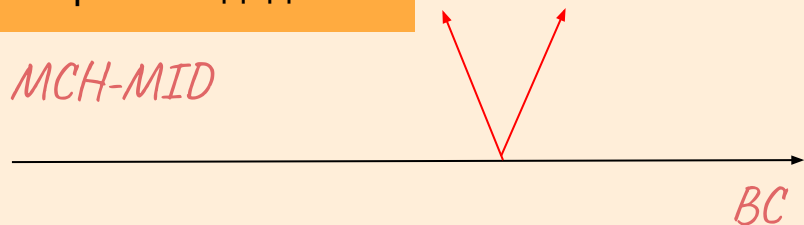
➤ Учет пайл-апа →  $P_{\text{ref}} = \frac{\mu_{\text{ref}}}{1 - \exp^{-\mu_{\text{ref}}}}$



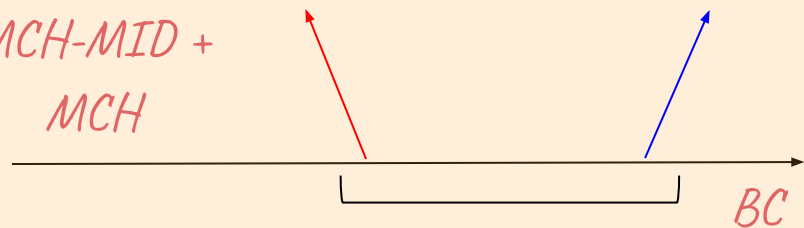
# Отбор событий

“Сборка” кандидатов

2 MCH-MID

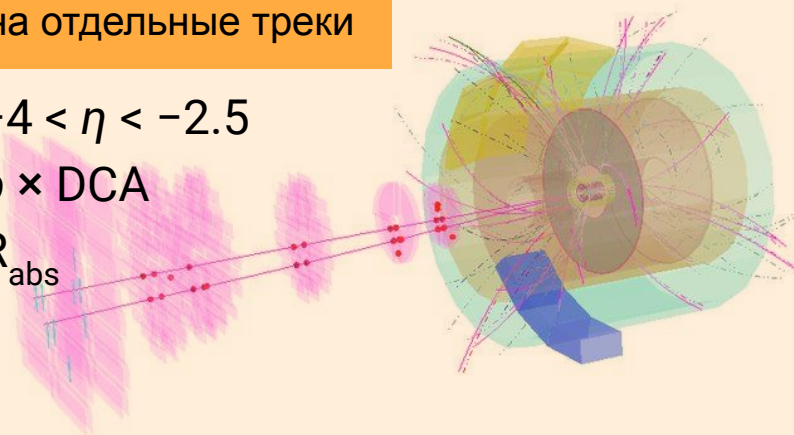


MCH-MID +  
MCH

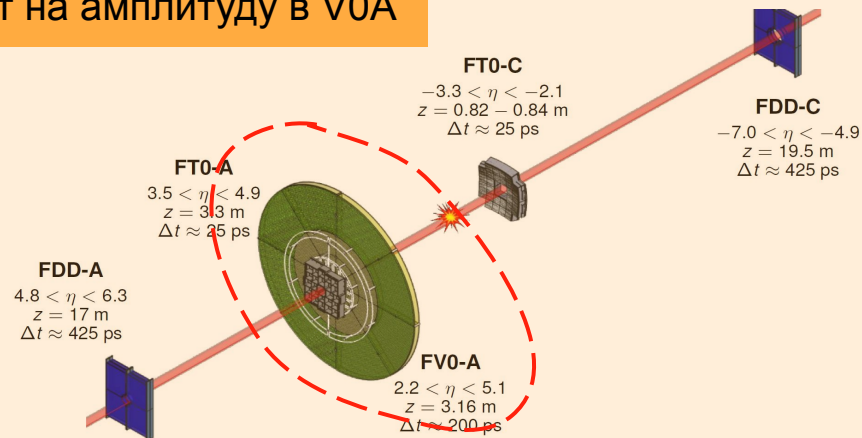


Каты на отдельные треки

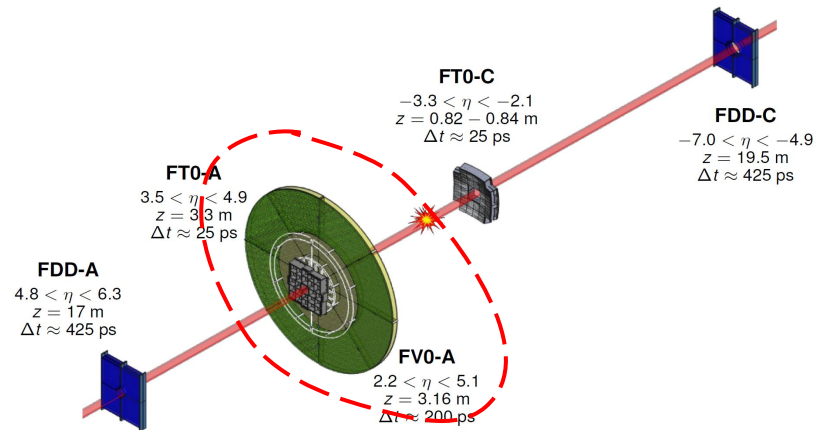
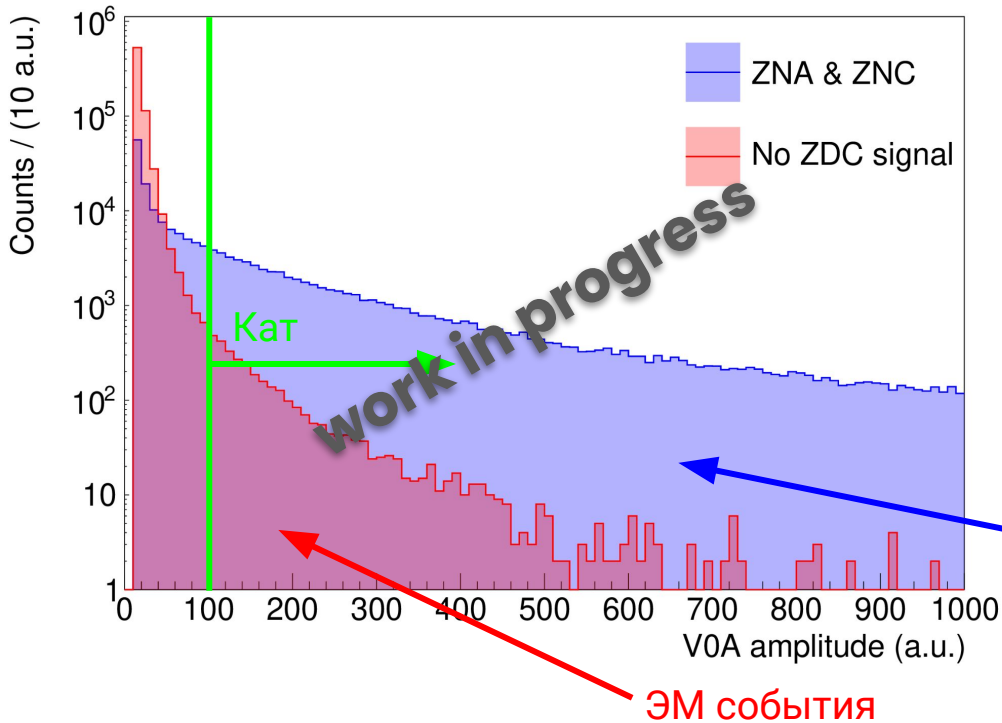
- $-4 < \eta < -2.5$
- $p \times DCA$
- $R_{abs}$



Кат на амплитуду в VOA

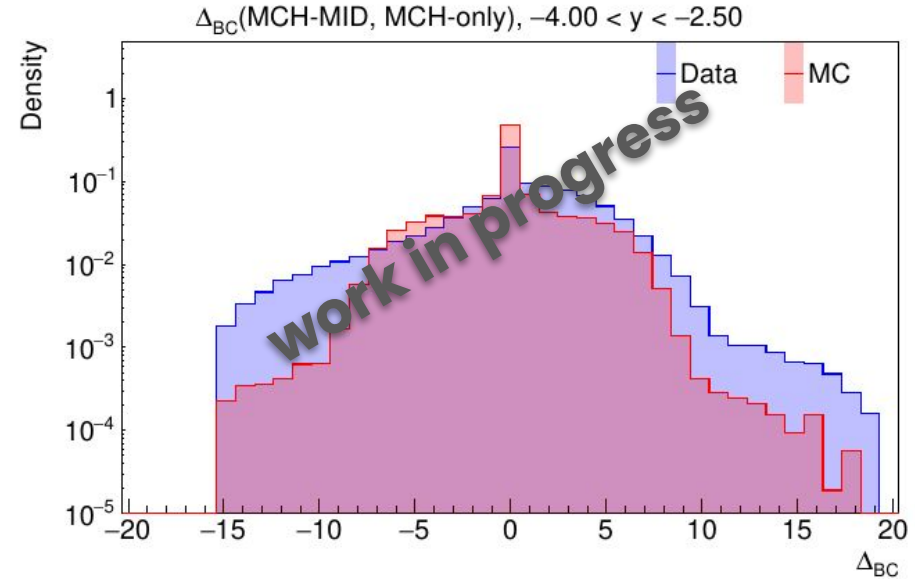
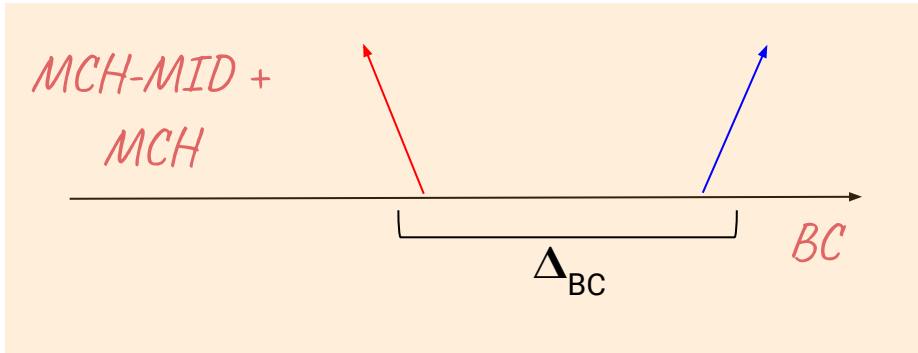


# Вето на адронные события в V0A



- Кат A(V0A) < 100 эффективно подавляет адронные столкновения
- Эффективность вето (вероятность оставить УПС событие) > 99%

# Мэтчинг MCH-MID и MCH треков



- Характерное временное окно для считывания в MCH  $\sim 40$  BC
- Оптимальное окно для мэтчинга  $\Delta_{BC} \sim 8$  BC

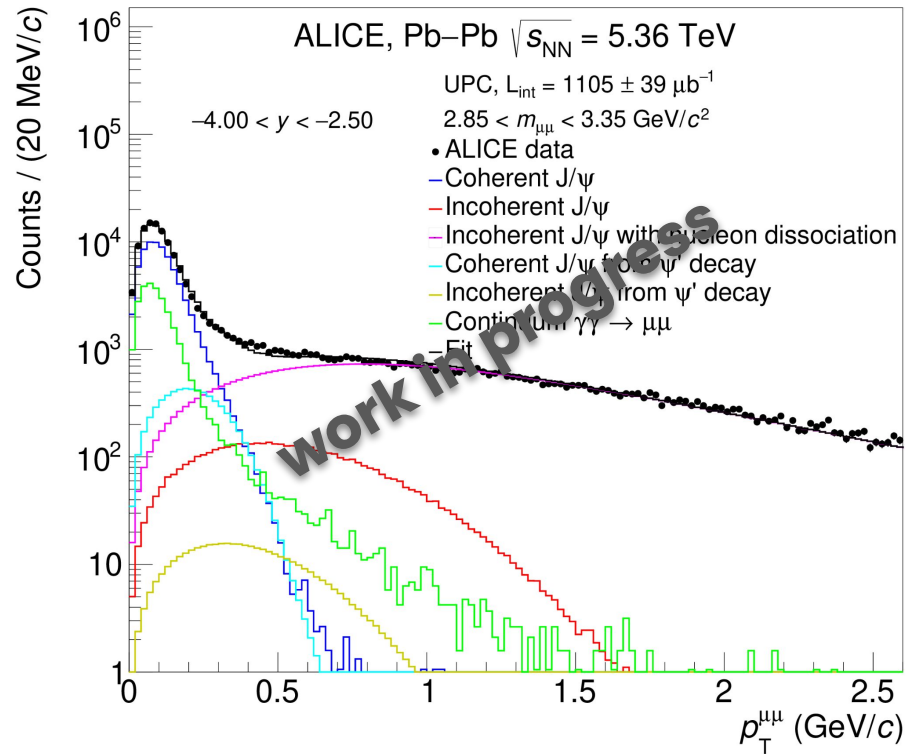
# Выход когерентного J/ψ

Доля J/ψ из распадов ψ(2S)

Доля некогерентных J/ψ

| rapidity bin        | $N_{J/\psi}$    | $\epsilon$          | $f_D$ | $f_I$ |
|---------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|
| $-4.00 < y < -2.50$ | $72385 \pm 357$ | $0.2372 \pm 0.0004$ | 0.021 | 0.051 |
| $-4.00 < y < -3.50$ | $13963 \pm 150$ | $0.1779 \pm 0.0008$ | 0.015 | 0.052 |
| $-3.50 < y < -3.00$ | $41226 \pm 271$ | $0.4022 \pm 0.0009$ | 0.024 | 0.051 |
| $-3.00 < y < -2.50$ | $17216 \pm 177$ | $0.1410 \pm 0.0006$ | 0.019 | 0.042 |
| $-4.00 < y < -3.75$ | $2921 \pm 68$   | $0.0830 \pm 0.0008$ | 0.016 | 0.051 |
| $-3.75 < y < -3.50$ | $11039 \pm 135$ | $0.2589 \pm 0.0012$ | 0.015 | 0.052 |
| $-3.50 < y < -3.25$ | $20101 \pm 188$ | $0.4191 \pm 0.0013$ | 0.022 | 0.055 |
| $-3.25 < y < -3.00$ | $21098 \pm 195$ | $0.3874 \pm 0.0012$ | 0.027 | 0.047 |
| $-3.00 < y < -2.75$ | $13480 \pm 154$ | $0.2282 \pm 0.0010$ | 0.017 | 0.044 |
| $-2.75 < y < -2.50$ | $3742 \pm 85$   | $0.0619 \pm 0.0005$ | 0.024 | 0.041 |

- STARlight: фиты для J/ψ и ψ(2S)
- Urszen: фит димюонного континуума
- Параметризация H1:  
описание некогерентного J/ψ с диссоциацией



$$\frac{dN}{dp_T} \sim p_T \left( 1 + \frac{b_{pd}}{n_{pd}} p_T^2 \right)^{-n_{pd}}$$

# Сечение когерентного J/ψ



| rapidity bin        | $N_{J/\psi}$    | $\epsilon$          | $f_D$ | $f_I$ | $d\sigma/dy$ (mb)  |
|---------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|--|
| $-4.00 < y < -2.50$ | $72385 \pm 357$ | $0.2372 \pm 0.0004$ | 0.021 | 0.051 | $2.88 \pm 0.015$ (stat.) <sup>+0.12</sup> <sub>-0.11</sub> (syst.)   |
| $-4.00 < y < -3.50$ | $13963 \pm 150$ | $0.1779 \pm 0.0008$ | 0.015 | 0.052 | $2.23 \pm 0.026$ (stat.) <sup>+0.089</sup> <sub>-0.082</sub> (syst.) |
| $-3.50 < y < -3.00$ | $41226 \pm 271$ | $0.4022 \pm 0.0009$ | 0.024 | 0.051 | $2.89 \pm 0.02$ (stat.) <sup>+0.12</sup> <sub>-0.11</sub> (syst.)    |
| $-3.00 < y < -2.50$ | $17216 \pm 177$ | $0.1410 \pm 0.0006$ | 0.019 | 0.042 | $3.5 \pm 0.038$ (stat.) <sup>+0.15</sup> <sub>-0.13</sub> (syst.)    |
| $-4.00 < y < -3.75$ | $2921 \pm 68$   | $0.0830 \pm 0.0008$ | 0.016 | 0.051 | $2.0 \pm 0.051$ (stat.) <sup>+0.084</sup> <sub>-0.077</sub> (syst.)  |
| $-3.75 < y < -3.50$ | $11039 \pm 135$ | $0.2589 \pm 0.0012$ | 0.015 | 0.052 | $2.43 \pm 0.032$ (stat.) <sup>+0.098</sup> <sub>-0.089</sub> (syst.) |
| $-3.50 < y < -3.25$ | $20101 \pm 188$ | $0.4191 \pm 0.0013$ | 0.022 | 0.055 | $2.7 \pm 0.027$ (stat.) <sup>+0.11</sup> <sub>-0.1</sub> (syst.)     |
| $-3.25 < y < -3.00$ | $21098 \pm 195$ | $0.3874 \pm 0.0012$ | 0.027 | 0.047 | $3.08 \pm 0.03$ (stat.) <sup>+0.13</sup> <sub>-0.12</sub> (syst.)    |
| $-3.00 < y < -2.75$ | $13480 \pm 154$ | $0.2282 \pm 0.0010$ | 0.017 | 0.044 | $3.38 \pm 0.041$ (stat.) <sup>+0.14</sup> <sub>-0.13</sub> (syst.)   |
| $-2.75 < y < -2.50$ | $3742 \pm 85$   | $0.0619 \pm 0.0005$ | 0.024 | 0.041 | $3.44 \pm 0.083$ (stat.) <sup>+0.16</sup> <sub>-0.13</sub> (syst.)   |

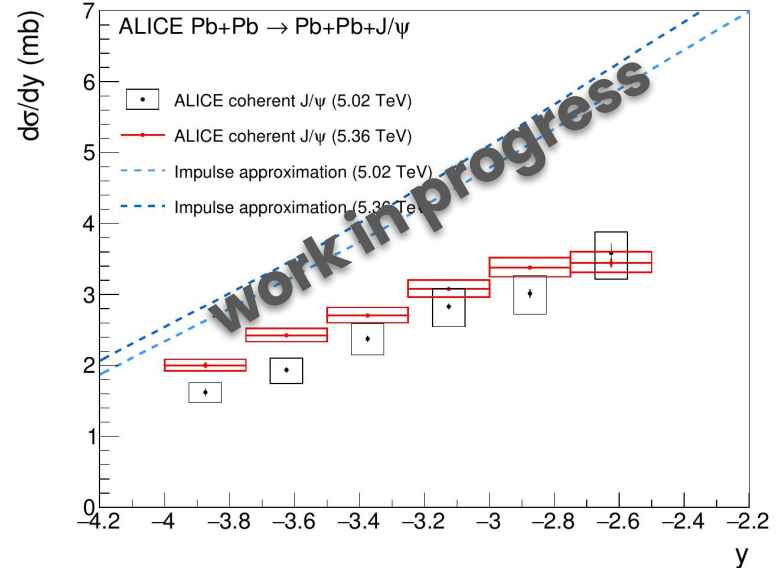
# Сечение когерентного J/ψ

$$\frac{d\sigma_{J/\psi}^{\text{coh}}}{dy} = \frac{N(J/\psi)}{(1 + f_I + f_D)\epsilon_{\text{reco}}\epsilon_{\text{veto}}\text{BR}(J/\psi \rightarrow \mu\mu)L_{\text{int}}\Delta y}$$



- Новое измерение при 5.36 ТэВ: 2.88 мбн
- ↕ ~13% (~10% из импульсного приближения)
- Предыдущее измерение при 5.02 ТэВ: 2.55 мбн

ALICE, PLB 798 (2019) 134926



# Систематические погрешности

\* приведены в процентах

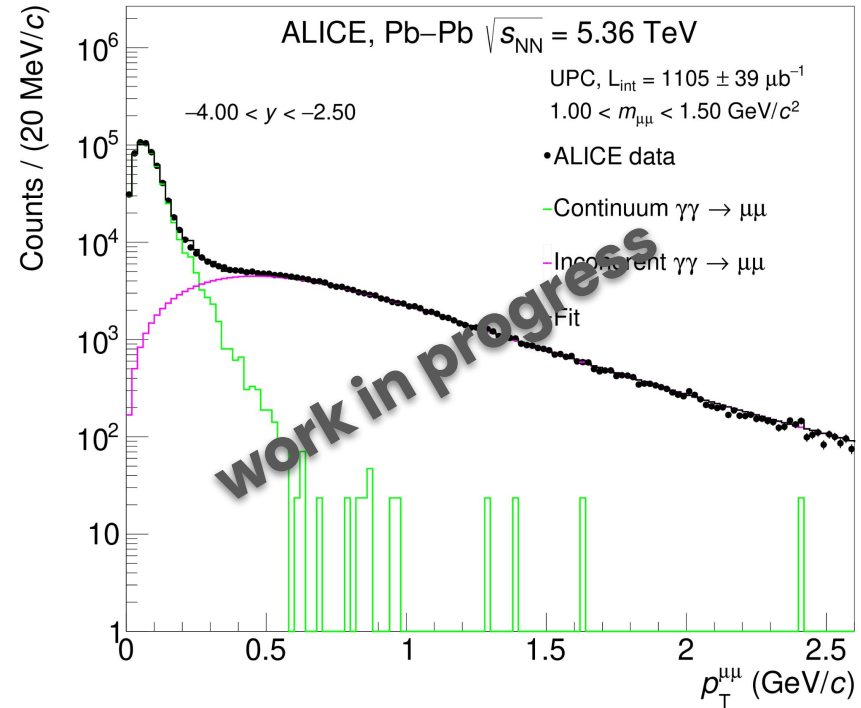
|                | MCH-MID<br>matching | BC<br>window   | Veto           | $p_T$ cut       | Mass<br>interval | $p \times$ DCA<br>cut | $p_T$ shape    | Luminosity   | Branching    | Total        |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| (-4.00, -2.50) | +0.95<br>-0.0       | +0.62<br>-0.43 | +1.2<br>-0.72  | +0.59<br>-0.12  | +0.0014<br>-0.61 | +0.0<br>-0.3          | +1.1<br>-0.57  | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.1<br>-3.7 |
| (-4.00, -3.50) | +0.074<br>-0.0      | +1.1<br>-0.76  | +0.91<br>-0.47 | +0.85<br>-0.24  | +0.0<br>-0.37    | +0.018<br>-0.12       | +0.63<br>-0.26 | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.0<br>-3.7 |
| (-3.50, -3.00) | +1.0<br>-0.0        | +0.49<br>-0.36 | +1.3<br>-0.81  | +0.49<br>-0.12  | +0.0043<br>-0.64 | +0.047<br>-0.35       | +0.97<br>-0.54 | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.1<br>-3.8 |
| (-3.00, -2.50) | +1.5<br>-0.0        | +0.39<br>-0.18 | +1.2<br>-0.7   | +0.86<br>-0.023 | +0.027<br>-0.77  | +0.01<br>-0.2         | +0.84<br>-0.75 | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.2<br>-3.8 |
| (-4.00, -3.75) | +0.0<br>-1.0        | +1.5<br>-0.95  | +0.78<br>-0.4  | +1.4<br>-0.068  | +0.065<br>-0.3   | +0.029<br>-0.1        | +0.57<br>-0.18 | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.2<br>-3.8 |
| (-3.75, -3.50) | +0.54<br>-0.0       | +1.0<br>-0.71  | +0.94<br>-0.51 | +1.1<br>-0.1    | +0.0<br>-0.37    | +0.019<br>-0.12       | +0.65<br>-0.28 | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.1<br>-3.7 |
| (-3.50, -3.25) | +1.6<br>-0.0        | +0.51<br>-0.37 | +1.1<br>-0.8   | +0.31<br>-0.38  | +0.0018<br>-0.68 | +0.051<br>-0.31       | +0.9<br>-0.46  | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.2<br>-3.8 |
| (-3.25, -3.00) | +0.55<br>-0.0       | +0.53<br>-0.33 | +1.4<br>-0.81  | +0.74<br>-0.14  | +0.0<br>-0.61    | +0.03<br>-0.39        | +1.0<br>-0.62  | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.1<br>-3.8 |
| (-3.00, -2.75) | +1.3<br>-0.0        | +0.31<br>-0.29 | +1.2<br>-0.68  | +0.59<br>-0.18  | +0.036<br>-0.67  | +0.0063<br>-0.31      | +1.1<br>-0.87  | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.2<br>-3.8 |
| (-2.75, -2.50) | +2.1<br>-0.0        | +0.71<br>-0.16 | +1.2<br>-0.74  | +1.2<br>-0.32   | +0.0<br>-1.2     | +0.18<br>-0.25        | +0.92<br>-0.57 | +3.5<br>-3.5 | +0.5<br>-0.5 | +4.6<br>-3.9 |

# Выход когерентного $\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu$

Доля некогерентных  $\mu\mu$  + фон

| mass range (GeV)   | $N_{\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu}$ | $\varepsilon$        | $f_I$ |
|--------------------|---------------------------------------|----------------------|-------|
| $1.00 < m < 1.50$  | $595324 \pm 772$                      | $0.0489 \pm 0.0002$  | 0.045 |
| $1.50 < m < 2.00$  | $217342 \pm 466$                      | $0.0585 \pm 0.0004$  | 0.023 |
| $2.00 < m < 2.50$  | $89607 \pm 299$                       | $0.0562 \pm 0.0001$  | 0.025 |
| $2.50 < m < 3.50$  | $62384 \pm 250$                       | $0.0580 \pm 0.0001$  | 0.021 |
| $3.50 < m < 4.50$  | $17318 \pm 132$                       | $0.0517 \pm 0.0001$  | 0.021 |
| $4.50 < m < 10.00$ | $10832 \pm 104$                       | $0.0423 \pm 0.00003$ | 0.017 |

- Ursigen: фит димьюонного континуума
- Параметризация H1:  
описание некогерентного рождения + фона



$$\frac{dN}{dp_T} \sim p_T \left( 1 + \frac{b_{pd}}{n_{pd}} p_T^2 \right)^{-n_{pd}}$$



# Сечение когерентного $\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu$

$$\frac{d\sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu}^{\text{coh}}}{dm_{\mu\mu}} = \frac{N(\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu)}{(1 + f_I) \epsilon_{\text{reco}} \epsilon_{\text{veto}} L_{\text{int}} \Delta m}$$

Некогерентные  $\mu\mu$  + фон

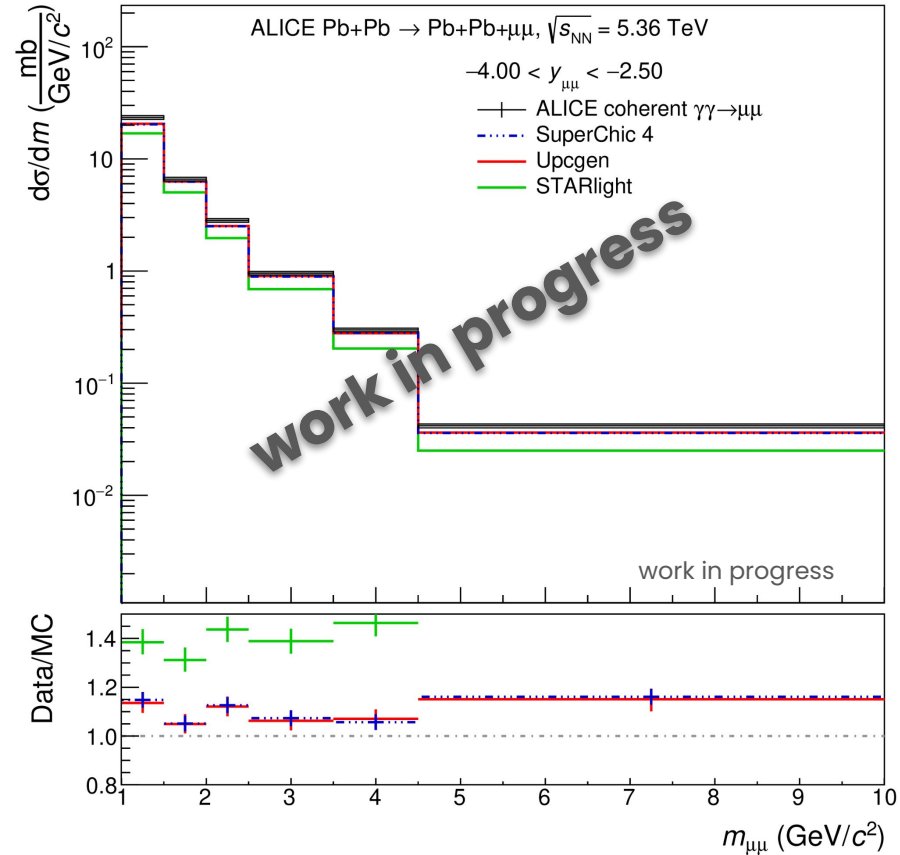
Эффективность  
реконструкции и вето

Интегральная  
светимость

# Сечение когерентного $\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu$

$$-4 < y < -2.5$$

| mass range (GeV)   | $d\sigma/dm$ (mb/GeV)                                      |
|--------------------|--|
| $1.00 < m < 1.50$  | $21.13 \pm 0.11$ (stat.) $^{+0.76}_{-1.4}$ (syst.)         |
| $1.50 < m < 2.00$  | $6.58 \pm 0.04$ (stat.) $^{+0.25}_{-0.45}$ (syst.)         |
| $2.00 < m < 2.50$  | $2.82 \pm 0.01$ (stat.) $^{+0.1}_{-0.21}$ (syst.)          |
| $2.50 < m < 3.50$  | $0.955 \pm 0.004$ (stat.) $^{+0.036}_{-0.07}$ (syst.)      |
| $3.50 < m < 4.50$  | $0.297 \pm 0.002$ (stat.) $^{+0.011}_{-0.02}$ (syst.)      |
| $4.50 < m < 10.00$ | $0.0415 \pm 0.0004$ (stat.) $^{+0.0016}_{-0.0035}$ (syst.) |

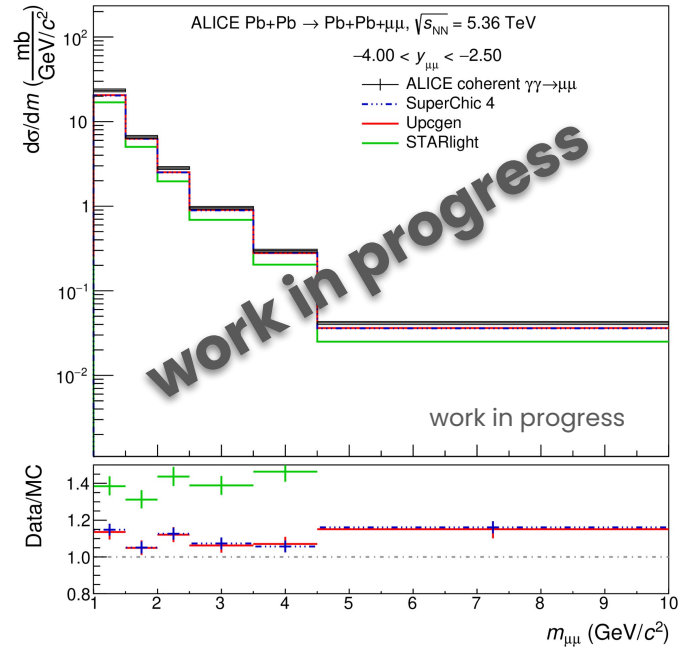
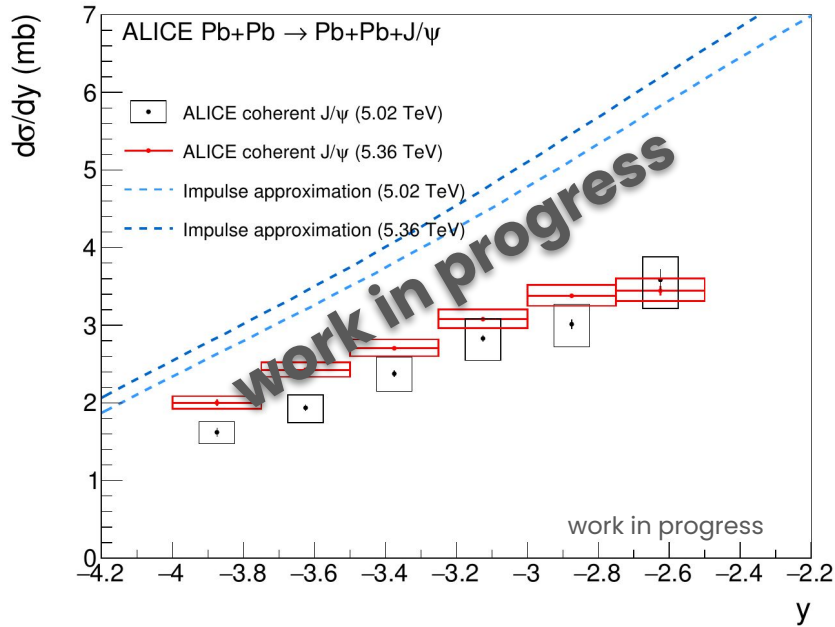


# Систематические погрешности

\* приведены в процентах

| Mass range ( $\text{GeV}/c^2$ ) | MCH-MID<br>matching | BC<br>window   | Veto           | $p_T$ cut          | $p \times \text{DCA}$<br>cut | Luminosity   | Total        |
|---------------------------------|---------------------|----------------|----------------|--------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| (1.00, 1.50)                    | +1.0<br>--0.0       | +1.1<br>-0.54  | +0.48<br>-0.3  | +0.17<br>-0.12     | +0.31<br>-0.16               | +3.5<br>-3.5 | +3.9<br>-3.6 |
| (1.50, 2.00)                    | +1.0<br>--0.0       | +1.0<br>-0.82  | +0.52<br>-0.36 | +0.78<br>-0.23     | +0.24<br>-0.14               | +3.5<br>-3.5 | +3.9<br>-3.6 |
| (2.00, 2.50)                    | +0.0<br>-0.062      | +0.86<br>-0.59 | +0.58<br>-0.39 | +0.051<br>-0.00068 | +0.0<br>-0.12                | +3.5<br>-3.5 | +3.6<br>-3.6 |
| (2.50, 3.50)                    | +0.0<br>-0.29       | +0.73<br>-0.47 | +0.61<br>-0.38 | +0.51<br>-0.86     | +0.0<br>-0.16                | +3.5<br>-3.5 | +3.7<br>-3.7 |
| (3.50, 4.50)                    | +0.0<br>-0.46       | +0.55<br>-0.64 | +0.66<br>-0.38 | +0.2<br>-0.89      | +0.014<br>-0.37              | +3.5<br>-3.5 | +3.6<br>-3.7 |
| (4.50, 10.00)                   | +0.0<br>-0.57       | +0.41<br>-0.39 | +0.86<br>-0.39 | +0.62<br>-2.0      | +0.21<br>-1.3                | +3.5<br>-3.5 | +3.7<br>-4.3 |

# Заключение и планы



- Run 3 дает возможность расширить и углубить предыдущие измерения векторных мезонов и впервые провести измерение димюонного континуума в мюонном спектрометре

# Доклады

- Ядро-2020, Санкт-Петербург, “Central Diffraction and Ultra-Peripheral Collisions in ALICE in Run 3 and 4”
- Ядро-2021, Санкт-Петербург, “Feasibility studies of tau-lepton anomalous magnetic moment measurements with ultra-peripheral collisions at the LHC”
- Ядро-2022, МГУ, Россия, “Searches for new physics with ultra-peripheral collisions at the LHC”
- PhysicA.SPb, 2022, Санкт-Петербург, Россия, “Prospects of light-by-light scattering measurements and axion-like particle searches at the LHC”
- International Conference on New Frontiers in Physics, 2022, Крит, Греция, Perspectives of tau  $g-2$  measurements with ALICE
- Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц, 2023, МГУ, Россия, Results and prospects of two-photon interaction studies with the ALICE experiment at the LHC
- Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, 2024, Дубна, Россия, Исследование фотон-фотонных и фотон-ядерных взаимодействий в ультрапериферических столкновениях ядер на коллайдере LHC
- 42nd International Conference on High Energy Physics, 2024, Прага, Чехия, Quarkonia photoproduction and dilepton production in UPCs with ALICE

# Публикации и препринты

- N. Burmasov, Central Diffraction and Ultra-Peripheral Collisions in ALICE in Run 3 and 4, Phys.Part.Nucl. 53 (2022) 2, 297-302
- N. Burmasov, E. Kryshen, P. Bühler, R. Lavička, Feasibility Studies of Tau-Lepton Anomalous Magnetic Moment Measurements in Ultraperipheral Collisions at the LHC, Phys.Part.Nucl. 54 (2023) 4, 590-594
- P. Bühler, N. Burmasov, R. Lavička, E. Kryshen, EPJ Web Conf. 262 (2022), 01021
- N. Burmasov, E. Kryshen, P. Bühler, R. Lavička, Feasibility of tau g-2 measurements in ultra-peripheral collisions of heavy ions, arXiv: 2203.00990
- D. d'Enterria, ..., N. Burmasov, E. Kryshen, ... et al., “Opportunities for new physics searches with heavy ions at colliders”, J.Phys.G 50 (2023) 5, 050501, arXiv: 2203.05939 [Q1, 30 цитирований без самоцитат]
- ALICE 3 Letter of Intent, CERN CDS: LHCC-I-038
- N. Burmasov, E. Kryshen, P. Bühler, R. Lavička, Comput.Phys.Commun. 277 (2022), 108388, arXiv: 2111.11383 [Q1, 7 цитирований без самоцитат]
- N. Burmasov, Search for New Physics in Ultraperipheral Collisions at the Large Hadron Collider, Phys.Atom.Nucl. 85 (2022) 6, 942-950
- N. Burmasov, Prospects of light-by-light scattering measurements and axion-like particle searches at the LHC, St.Petersburg Polytech.Univ.J.Phys.Math. 16 (2023) 1.2, 308-314