

Результаты и проблемы в изучении процессов фоторождения чармониев в ультрапериферических столкновениях на БАК

В.А. Гузей



Петербургский Институт Ядерной Физики (ПИЯФ)
НИЦ "Курчатовский Институт", Гатчина



VG, Kryshen, Strikman, Zhalov, PLB 726 (2013) 290
VG, Zhalov, JHEP 1310 (2013) 207
VG, Strikman, Zhalov, EPJC 74 (2014) 2942
VG, Zhalov, JHEP 1402 (2014) 046
VG, Zhalov, arXiv:1404.6101, arXiv:1404.7529

**Семинар Отделения Физики Высоких Энергий, ПИЯФ
7.10.2014**

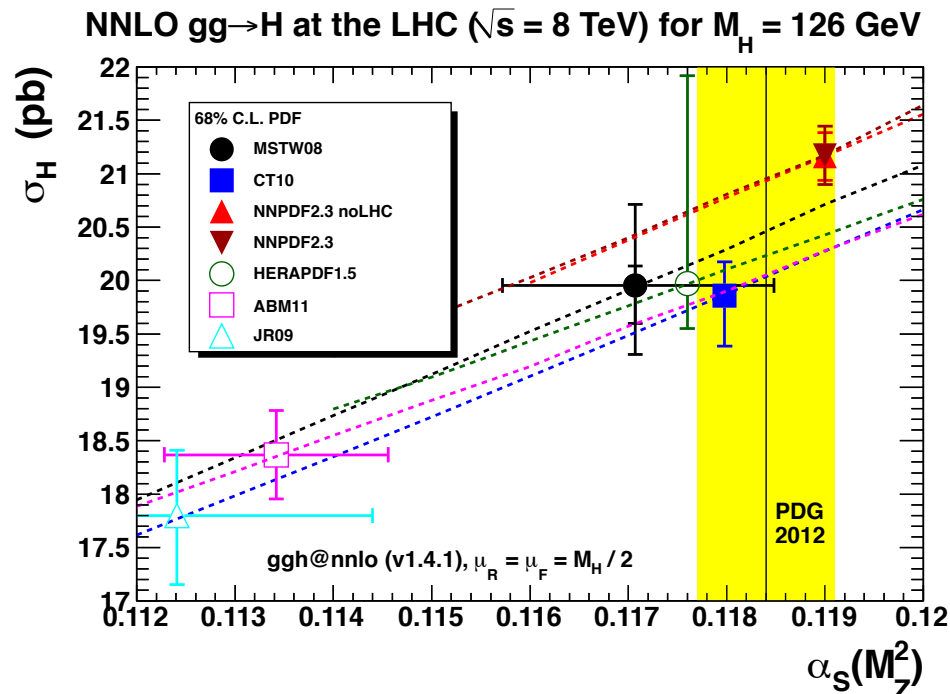
План семинара:

- Глюонные распределения в протонах и ядрах
 - зачем нужны и насколько хорошо определены
- Когерентное фоторождение J/ψ в pp , $Pb-Pb$ и $p-Pb$ УПС на БАК
 - описание в теории возмущений КХД
 - доказательство большой глюонной ядерной экранировки при $x=0.001$
- Некогерентное фоторождение J/ψ в $Pb-Pb$ УПС на БАК
 - проблема с описанием в теории возмущений КХД с большой экранировкой и гипотеза о вкладе нуклонной диссоциации
- Когерентное фоторождение $\psi(2S)$ в pp и $Pb-Pb$ УПС на БАК
 - сюрприз с небольшой ядерной экранировкой

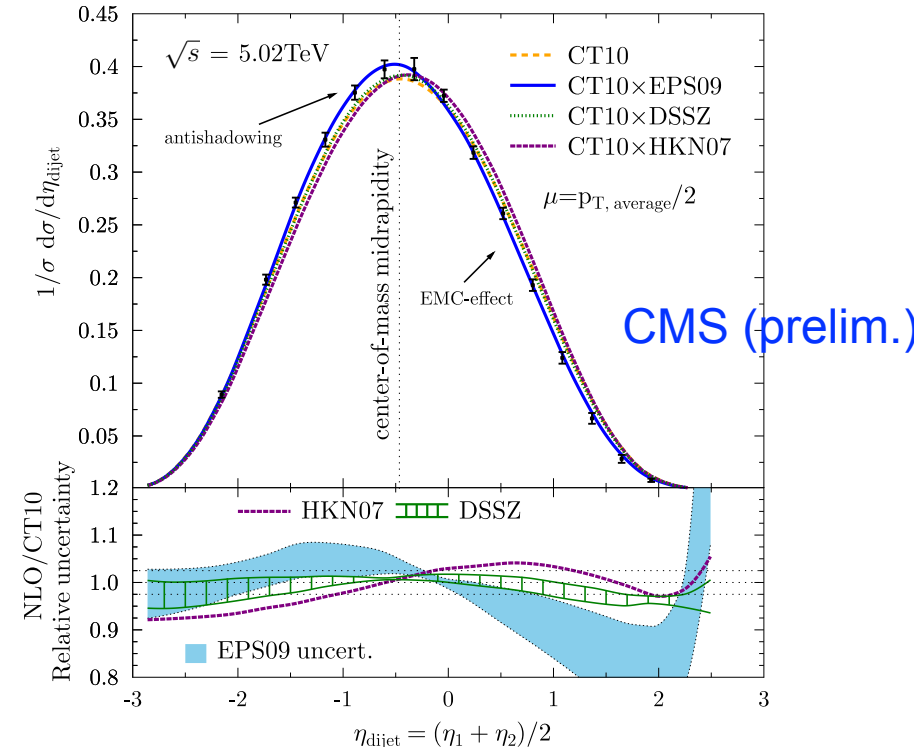
Глюонные распределения

- Глюонное распределение $g(x, \mu^2)$ = плотность вероятности найти глюон в адроне с долей импульса x на шкале разрешения μ^2 .
- Фундаментальная величина в рамках коллинеарной факторизации, описывает структуру адронов в Квантовой Хромодинамике (КХД).
- Важный элемент феноменологии КХД жестких процессов:

$pp \rightarrow H+X$

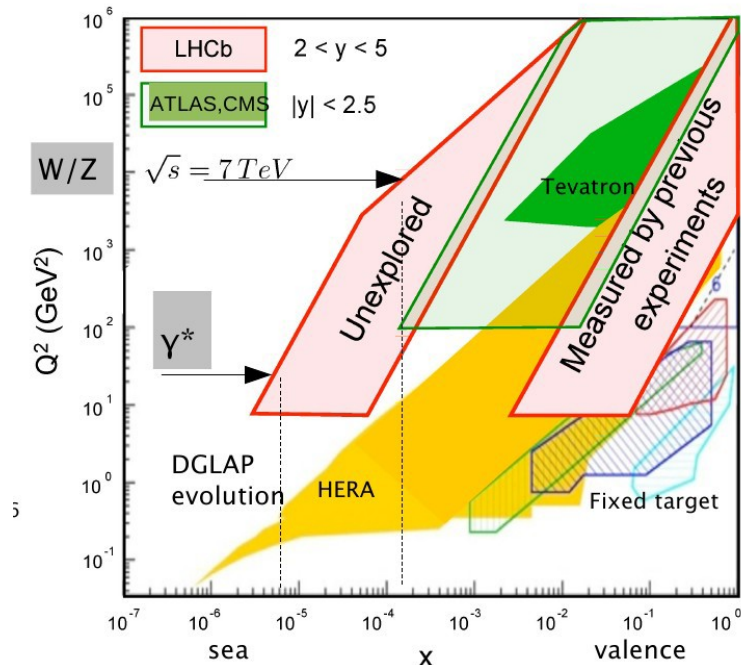
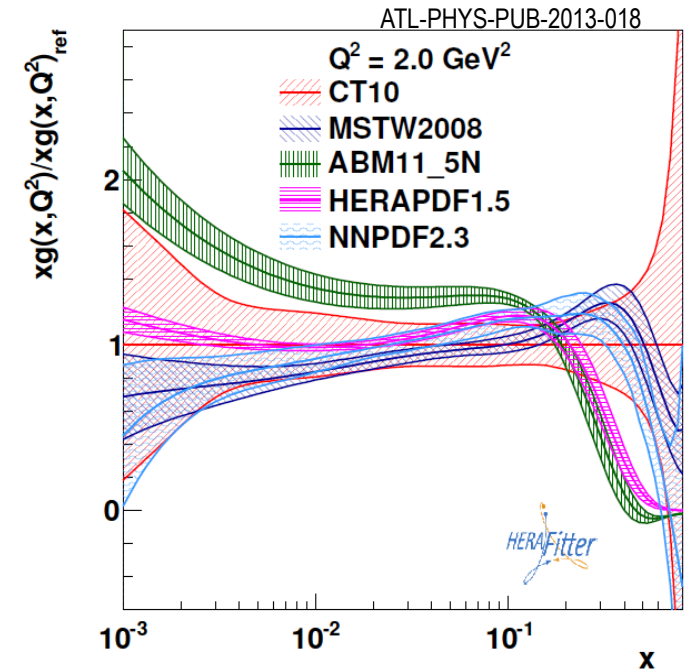


$pA \rightarrow 2jets+X$



Глюонное распределение в протоне

- Извлекается используя Глобальную Подгонку данных по глубоконеупругому лептон-нуклонному рассеянию (фикс. мишени, HERA) и рождению струй, калибровочных бозонов и лептонных пар в протон-протонных столкновениях (фикс. мишени, Фермилаб)
- Результаты различных групп отличаются больше, чем неопределенности.
- Область больших x дает значительную неопределенность для важных процессов на БАК (рождение Хиггса, $t\bar{t}$).
- В будущем данные БАК по рождению струй, прямых фотонов, калибровочных бозонов, $t\bar{t}$ позволят определить плотности партонов точнее
- В еще более отдаленном будущем - LHeC, EIC
- Прямо сейчас - фоторождение J/ψ в pp и pA УПС



Глюонное распределение в ядрах

- Как и в случае протона, $g_A(x, \mu^2)$ определяется из данных используя Глобальную Подгонку.

- Неопределенность за счет:
 - ограниченной кинематики
 - непрямому извлечению глюонов через ДГЛАП
 - разных предположениях о начальной форме
 - разного отбора данных

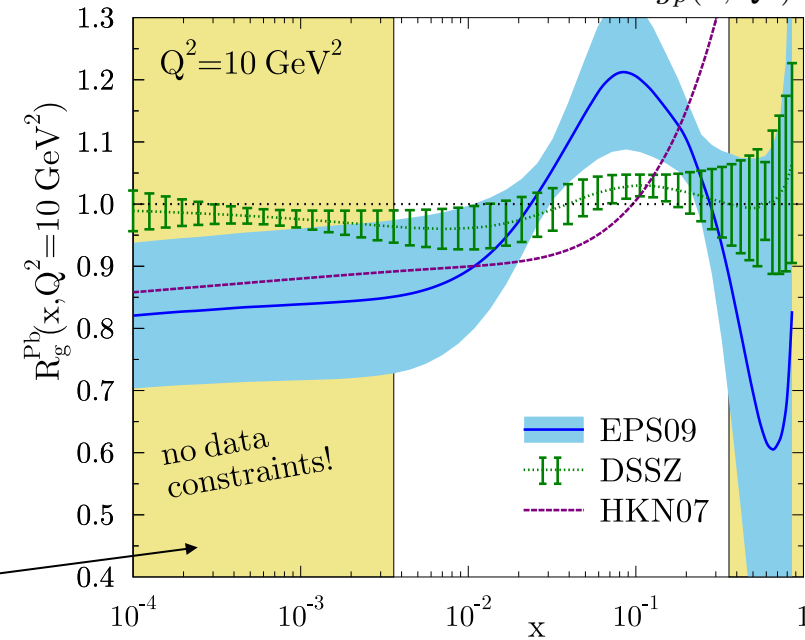
$R_g < 1$ при малых x — ядерная экранировка

- Данные БАК по рождению струй, прямых фотонов, калибровочных бозонов в $p+A$ рассеянии дают новые ограничения на $g_A(x, \mu^2)$.

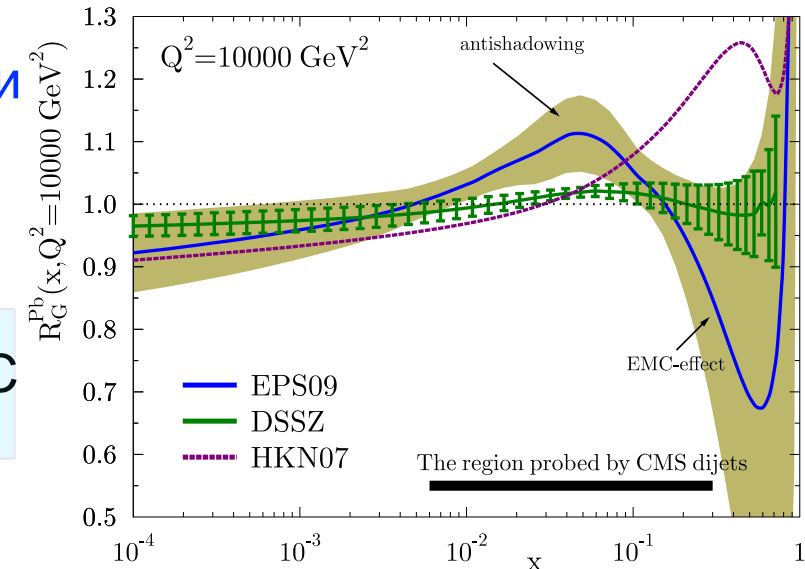
- В будущем - EIC

- Прямо сейчас - фоторождение J/ψ в AA и pA УПС

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



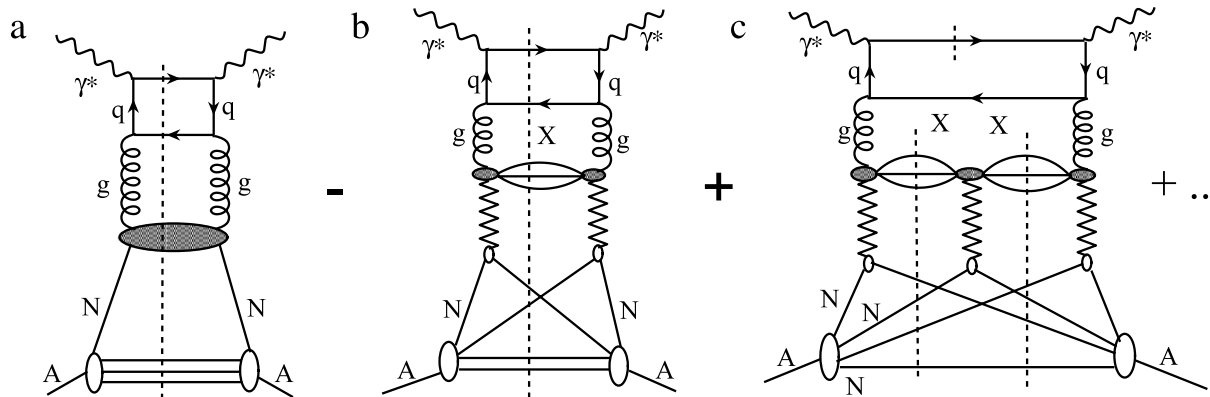
H. Paukunen, NPA 926 (2014) 24



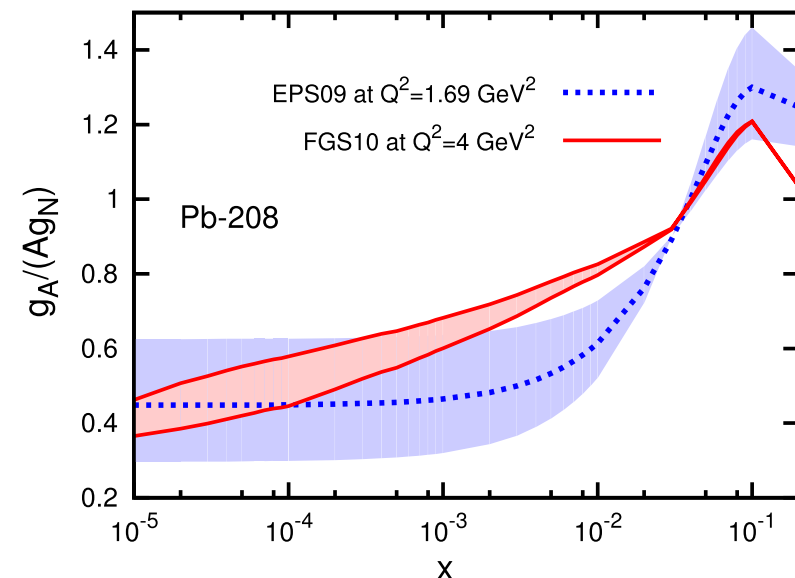
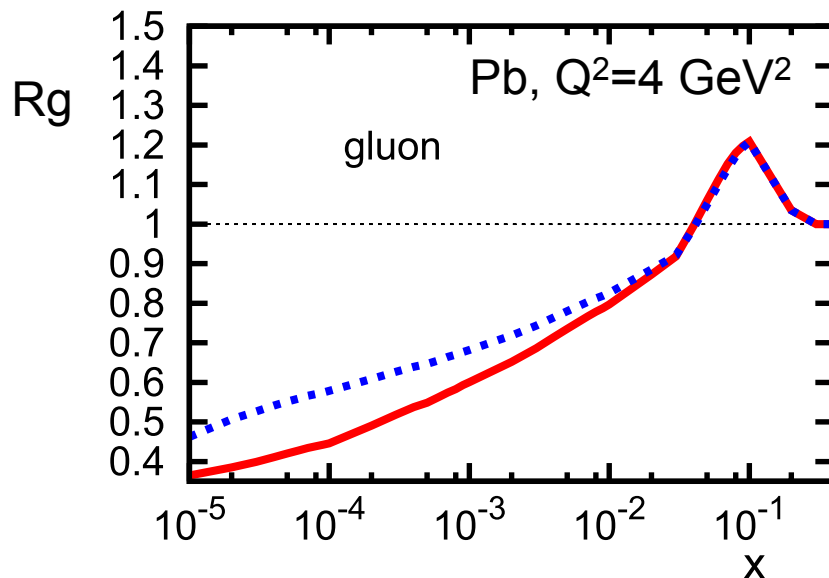
Глюонное распределение в ядрах (2)

- Альтернатива экстраполяции в область малых x — **модель экранировок лидирующего твиста**, основанная на обобщении теории Грибова-Глаубера и факторизационных теоремах КХД.

Frankfurt, VG, Strikman, Phys. Rept. 512 (2012) 255

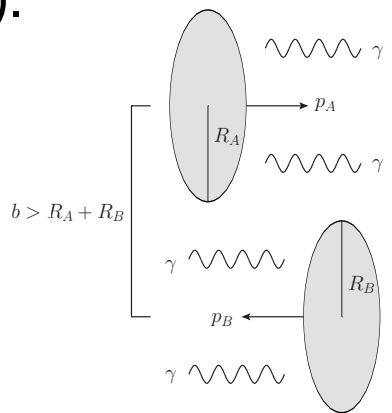


- Характерная особенность модели — **большая глюонная экранировка**.



Ультрапериферические столкновения на БАК

- В pp , pA и AA столкновениях ядра могут налетать на больших прицельных параметрах $b > R_A + R_B = 10-20 \text{ fm}$ — ультрапериферические столкновения (УПС).



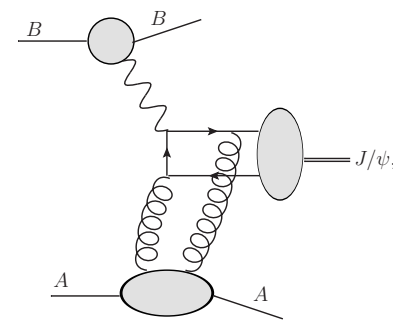
УПС события отвечают пустому детектору с двумя лептонными треками.

- В УПС сильное взаимодействие подавлено и ионы взаимодействуют посредством квази-реальных фотонов, E. Fermi (1924), C.F. von Wezsacker; E.J. Williams (1934)

$$\frac{d\sigma_{AA \rightarrow AAJ/\psi}(y)}{dy} = N_{\gamma/A}(y) \sigma_{\gamma A \rightarrow AJ/\psi}(y) + N_{\gamma/A}(-y) \sigma_{\gamma A \rightarrow AJ/\psi}(-y)$$

поток фотонов

сечение фоторождения



$$y = \ln(2\omega/M_{J/\psi}) = \ln(W_{\gamma p}^2 / (2\gamma_L m_N M_{J/\psi}))$$
 — быстрота J/ψ

УПС на БАК (2)

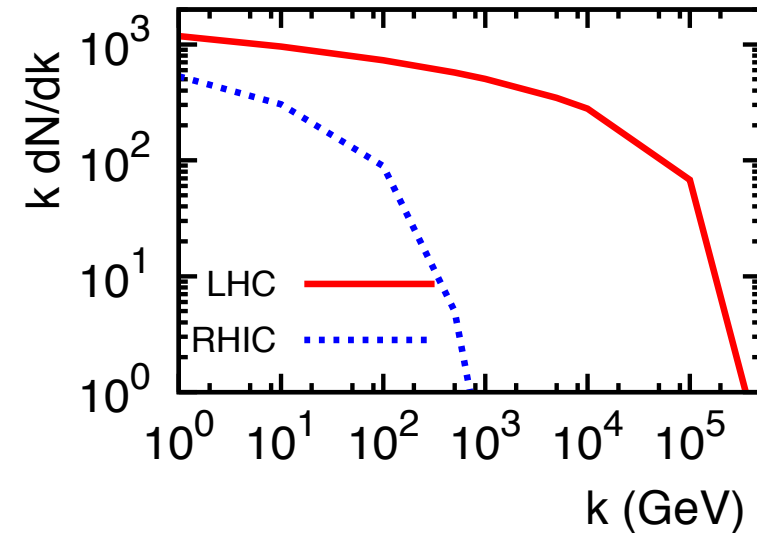
- Поток фотонов $\sim Z^2$ ($Z^2 \approx 7000$ для Pb) и соответствует огромной максимальной энергии фотонов в системе покоя ядра-мишени за счет большого γ_L :

$\gamma_L \approx 1500$ для Pb-Pb УПС при 2.76 ТэВ $\rightarrow \omega_{\max} \approx 120$ ТэВ:

$$N_{\gamma/Z}(k) = \frac{2Z^2\alpha_{\text{em}}}{\pi} \left[\zeta K_0(\zeta) K_1(\zeta) - \frac{\zeta^2}{2} (K_1^2(\zeta) - K_0^2(\zeta)) \right]$$

k =энергия фотона, $\zeta = k(2R_A/\gamma_L)$

Спектр эквивалентных фотонов в Pb-Pb УПС в системе покоя одного из ядер \rightarrow



- Учет распределения заряда в ядре и фактора подавления сильных взаимодействий ведет к неопределенности в $N_{\gamma/Z}$ при больших k , где $N_{\gamma/Z}$ мал: до 20% для pp и до нескольких раз для pA.

- УПС - возможность изучать фотон-протонные и фотон-ядерные взаимодействия при энергии в 10 раз больше, чем на HERA \rightarrow новые ограничения на $g_p(x, \mu^2)$ и $g_A(x, \mu^2)$.

A. Baltz *et al.*, The Physics of Ultrapерipheral Collisions at the LHC, Phys. Rept. 480 (2008) 1

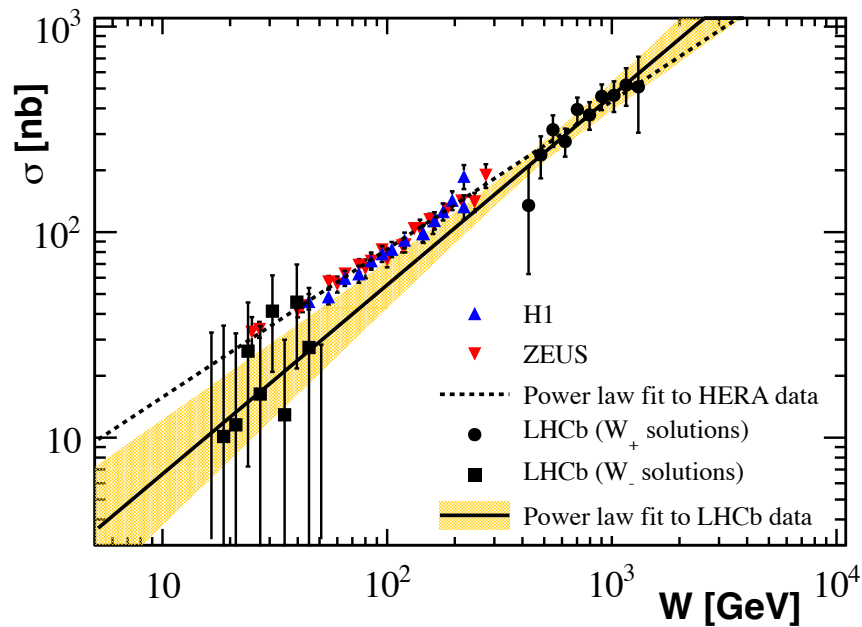
Эксклюзивное фоторождение J/ψ в pp УПС на БАК

- Коллаборация LHCb на БАК измерила эксклюзивное фоторождение J/ψ в pp УПС при 7 ТэВ и представила результат в виде $\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}(W_{\gamma p})$

$$\sigma_{\gamma p \rightarrow V p}(W_{\pm}) = \frac{1/r(y) \frac{d\sigma}{dy}{}_{pp \rightarrow pVp} - k_{\mp} \frac{dn}{dk_{\mp}} \sigma_{\gamma p \rightarrow V p}(W_{\mp})}{k_{\pm} \frac{dn}{dk_{\pm}}}$$

$r(y) \approx 0.8$ фактор подавления

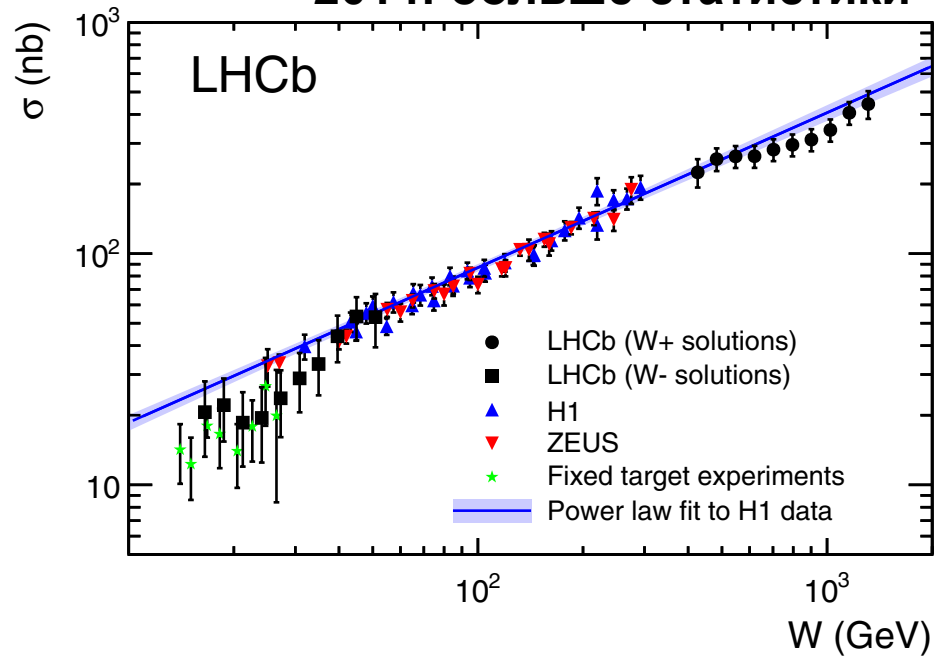
2013



R. Aaij et al., (LHCb) J. Phys. G. 40 (2013) 045001

- Согласуется с $\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi} \propto W_{\gamma p}^{\delta}$, где $\delta \approx 0.8$
- Описывается дипольными моделями и пертурбативной КХД \rightarrow нет нелинейных эффектов

2014: больше статистики



R. Aaij et al., (LHCb) J. Phys. G. 44 (2014) 055002

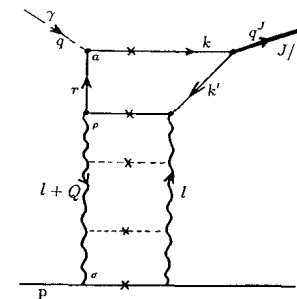
- Недостаточно степенного описания
- Описывается дипольными моделями с насыщением и NLO пертурбативной КХД

Эксклюзивное фоторождение J/ψ в pp УПС на БАК и плотность глюонов в протоне при малых x

- В лидирующем порядке теории возмущений КХД и нерелятивистском пределе для волновой функции J/ψ :

$$\frac{d\sigma_{\gamma T \rightarrow J/\psi T}(W, t=0)}{dt} = C(\mu^2) [xG_T(x, \mu^2)]^2$$

$$x = \frac{M_{J/\psi}^2}{W^2}, \quad \mu^2 = M_{J/\psi}^2/4 = 2.4 \text{ GeV}^2 \quad C(\mu^2) = M_{J/\psi}^3 \Gamma_{ee} \pi^3 \alpha_s(\mu^2) / (48 \alpha_{em} \mu^8)$$



M. Ryskin (1993)

- Данные LHCb соответствуют $6 \times 10^{-6} < x < 6 \times 10^{-5}$ и $0.004 < x < 0.04 \rightarrow$ той области малых x , где $g_p(x, \mu^2)$ не известно.

- Релятивистские поправки (в рамках k_T -формализма) и учет недиагональной кинематики и реальной части амплитуды:

$$C(\mu^2) \rightarrow (1 + \eta^2) R_g^2 F^2(\mu) C(\mu^2) \rightarrow 1.5 F^2(\mu) C(\mu^2)$$

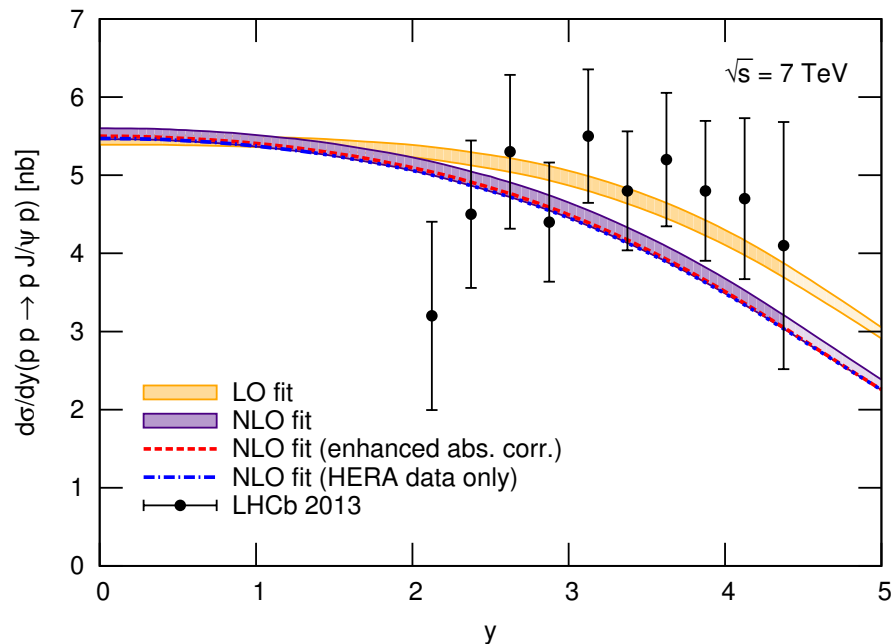
- $F^2(\mu)$ параметризует релятивистские поправки:

- $F^2(\mu) = 1$ в Ryskin, Roberts, Martin, Levin, Z. Phys. C 76 (1997) 231 из-за сокращения 2х эффект
- $F^2(\mu) \approx 0.5$ в VG, Zhalov, JHEP 1310 (2013) 207 из подгонки нормировки данных; μ - параметр
- $F^2(\mu) \approx 0.2$ в Frankfurt, Koepf, Strikman, PRD 57 (1997) 231 из-за сильных рел. эффектов

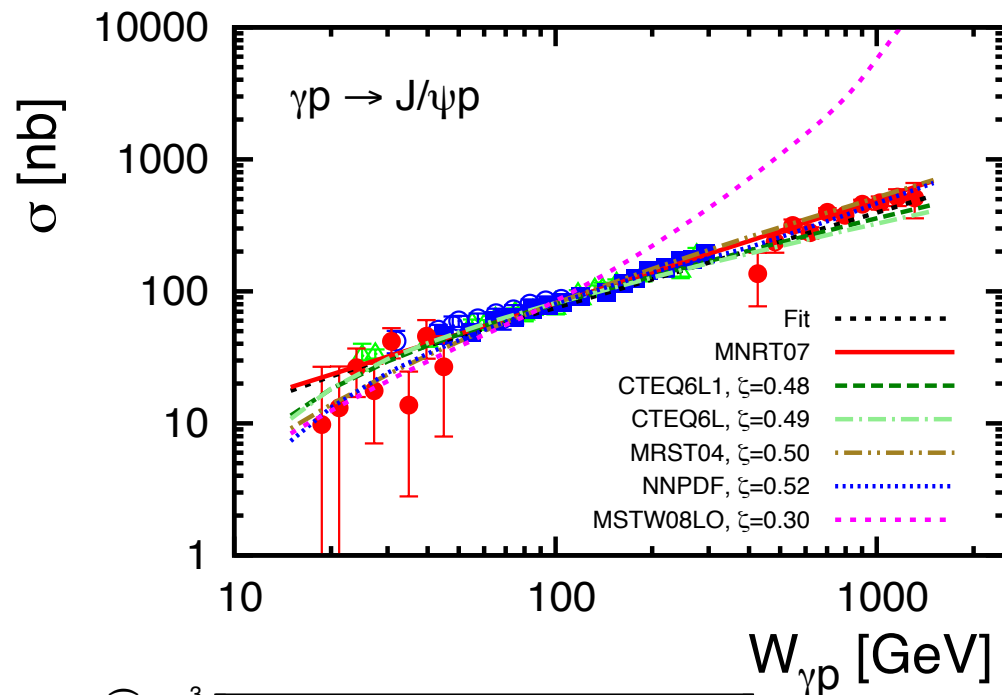
Эксклюзивное фоторождение J/ψ в pp УПС на БАК и плотность глюонов в протоне при малых x (2)

- Пертурбативная КХД описывает данные LHC (2013) :

Jones, Martin, Ryskin, Teubner, JHEP 11 (2013) 084

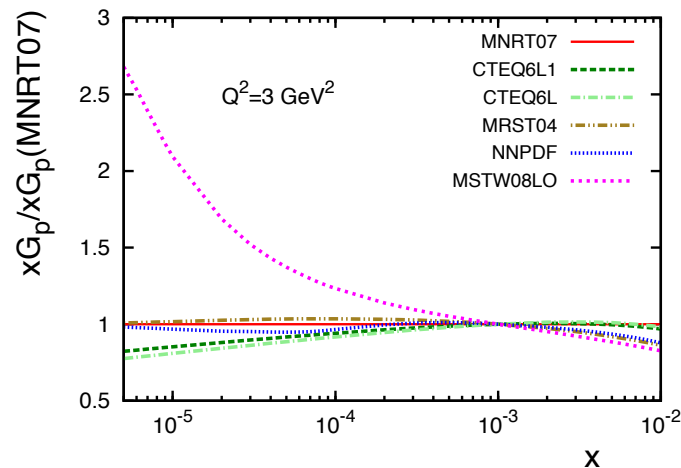


VG, Zhilov JHEP 1310 (2013) 207



- Новые ограничения на поведение $g_p(x, \mu^2)$ при $6 \times 10^{-6} < x < 0.01$:

В лидирующем порядке — $g_p(x, \mu^2) \propto 1/x^{0.2}$



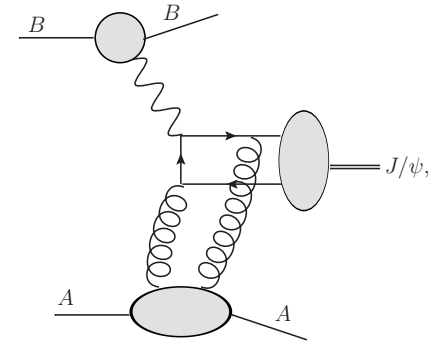
Эксклюзивное фоторождение J/ψ в Pb-Pb УПС на БАК

- Коллаборация ALICE на БАК измерила эксклюзивное фоторождение J/ψ в Pb-Pb УПС при 2.76 ТэВ:

Abelev et al. [ALICE], PLB718 (2013) 1273; Abbas et al. [ALICE], EPJ C 73 (2013) 2617

$$d\sigma^{\text{coh}}(y \approx -3)/dy = 1 \pm 0.18_{-0.26}^{+0.24} \text{ mb}$$

$$d\sigma^{\text{coh}}(y \approx 0)/dy = 2.38_{-0.24}^{+0.34} \text{ mb}$$



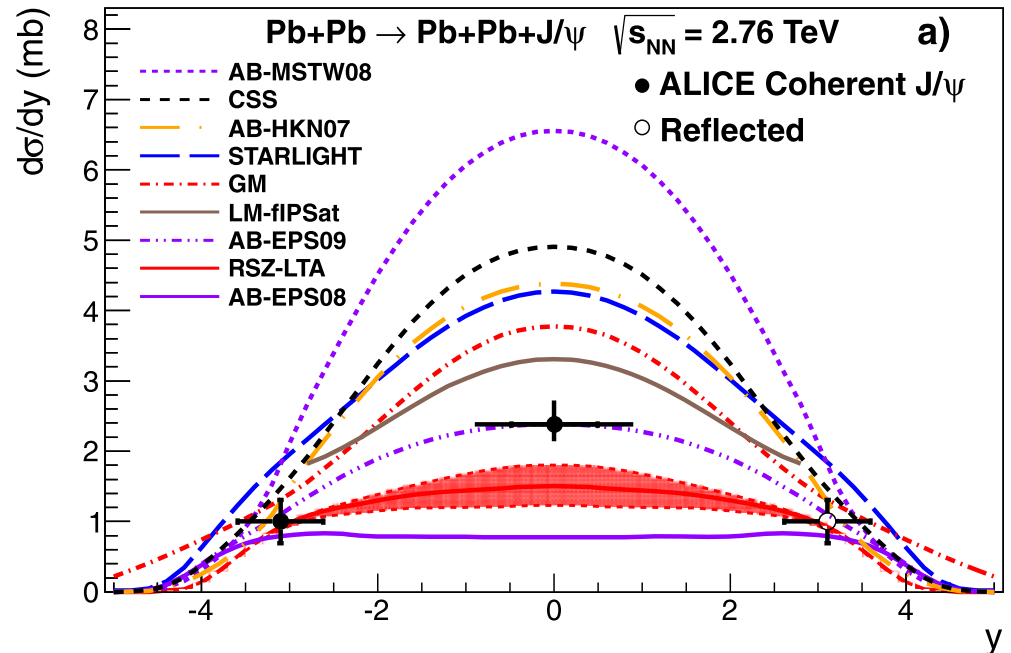
- Данные согласуются с моделями, содержащими **глюонные ядерные экранировки**:

$$y = -3 \rightarrow x = 0.02$$

$$y = 0 \rightarrow x = 0.001 \text{ в } g_A(x, Q^2)$$

$$x = \frac{M_{J/\psi}}{\sqrt{s}} e^{-y}$$

экранировка



Фактор ядерного подавления

- Используя экспериментальные значения $d\sigma_{PbPb \rightarrow PbPb J/\psi}/dy$, вычисленный $N_{\gamma/A}(y)$ и

$$\frac{d\sigma_{AA \rightarrow AA J/\psi}(y)}{dy} = N_{\gamma/A}(y)\sigma_{\gamma A \rightarrow A J/\psi}(y) + N_{\gamma/A}(-y)\sigma_{\gamma A \rightarrow A J/\psi}(-y)$$



$$\sigma_{\gamma Pb \rightarrow J/\psi Pb}(W_{\gamma p} = 92.4 \text{ GeV}) = 17.6_{-2.0}^{+2.7} \mu\text{b},$$

$$\sigma_{\gamma Pb \rightarrow J/\psi Pb}(W_{\gamma p} = 19.6 \text{ GeV}) = 6.1_{-2.0}^{+1.8} \mu\text{b}$$

- Удобно определить фактор ядерного подавления S : $S(W_{\gamma p}) \equiv \left[\frac{\sigma_{\gamma Pb \rightarrow J/\psi Pb}^{\text{exp}}(W_{\gamma p})}{\sigma_{\gamma Pb \rightarrow J/\psi Pb}^{\text{IA}}(W_{\gamma p})} \right]^{1/2}$

- Знаменатель: сечение в импульсном приближении:

$$\sigma_{\gamma Pb \rightarrow J/\psi Pb}^{\text{IA}}(W_{\gamma p}) = \frac{d\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}(W_{\gamma p}, t=0)}{dt} \Phi_A(t_{\min})$$

Из HERA and LHCb

По ядерному форм-фактору: $\Phi_A(t_{\min}) = \int_{-\infty}^{t_{\min}} dt |F_A(t)|^2$

- Модельно-независимое определение S :

$$S(W_{\gamma p} = 92.4 \text{ GeV}) = 0.61_{-0.04}^{+0.05}$$

$$S(W_{\gamma p} = 19.6 \text{ GeV}) = 0.74_{-0.12}^{+0.11}$$

VG, Kryshen, Strikman, Zhalov, PLB726 (2013) 270

Интерпретация в теории возмущений КХД

- В лидирующем порядке теории возмущений КХД:

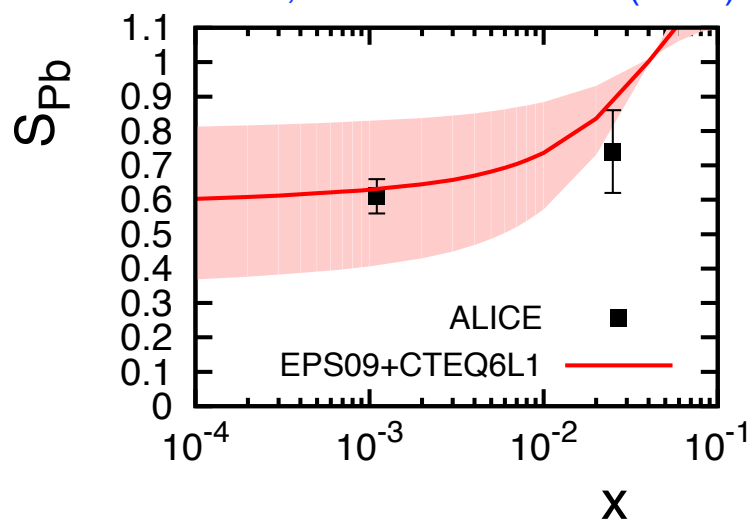
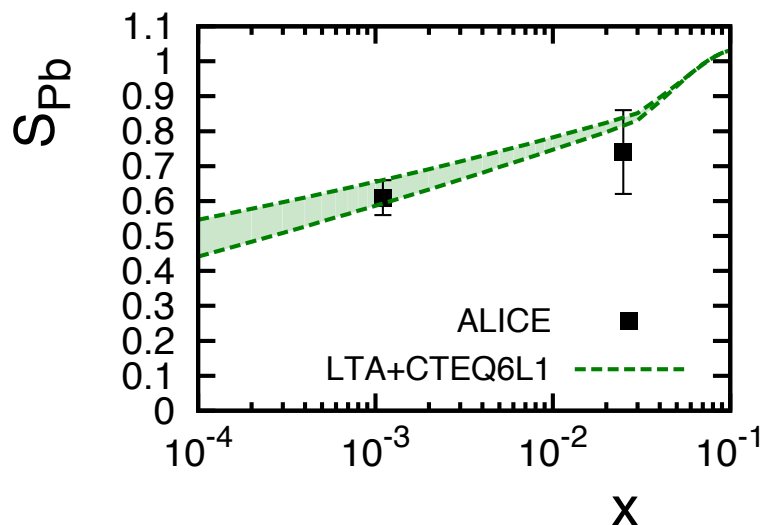
$$\sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A}(W_{\gamma p}) = \frac{(1 + \eta_A^2) R_{g,A}^2}{(1 + \eta^2) R_g^2} \frac{d\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}(W_{\gamma p}, t = 0)}{dt} \left[\frac{G_A(x, \mu^2)}{AG_N(x, \mu^2)} \right]^2 \Phi_A(t_{\min})$$



$$S(W_{\gamma p}) = \kappa_{A/N} \frac{G_A(x, \mu^2)}{AG_N(x, \mu^2)} = \kappa_{A/N} R_g(x, \mu^2) \quad x = M_{J/\psi}^2 / W_{\gamma p}^2$$

- Фактор подавления хорошо описывается, предполагая большие глюонные ядерные экранировки:

VG, Kryshen, Strikman, Zhalov, PLB726 (2013) 270
 VG, Zhalov JHEP 1310 (2013) 207



- Первое прямое доказательство больших глюонных экранировок при $x=0.001$.

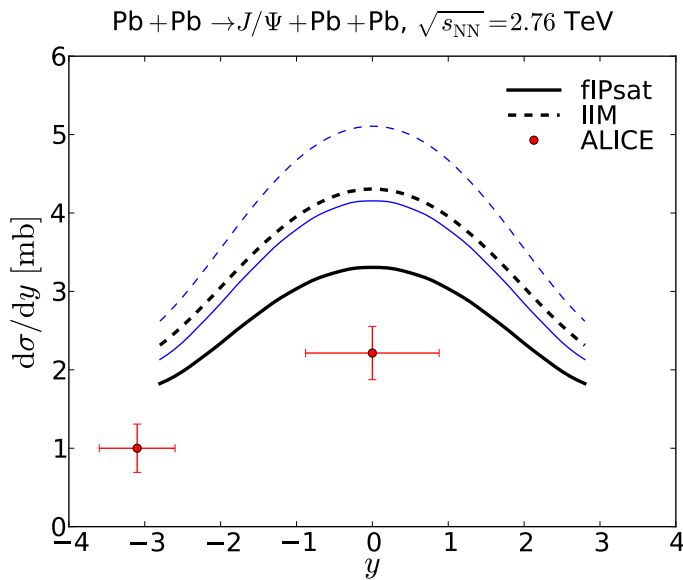
Описание в рамках дипольной модели

- В **дипольной модели**, рассеяние проходит в 3 этапа: фотон переходит в пару кварк-антикварк, эта пара (диполь) упруго перерассеивается на нуклонах ядра и потом образует векторный мезон:

$$\sigma_{\text{coh}}^{\gamma A} = \int d^2b |\langle \Psi^V | 1 - \exp \left[-\frac{1}{2} R_G \sigma_{\text{dip}} T_A(b) \right] | \Psi^\gamma \rangle|^2$$

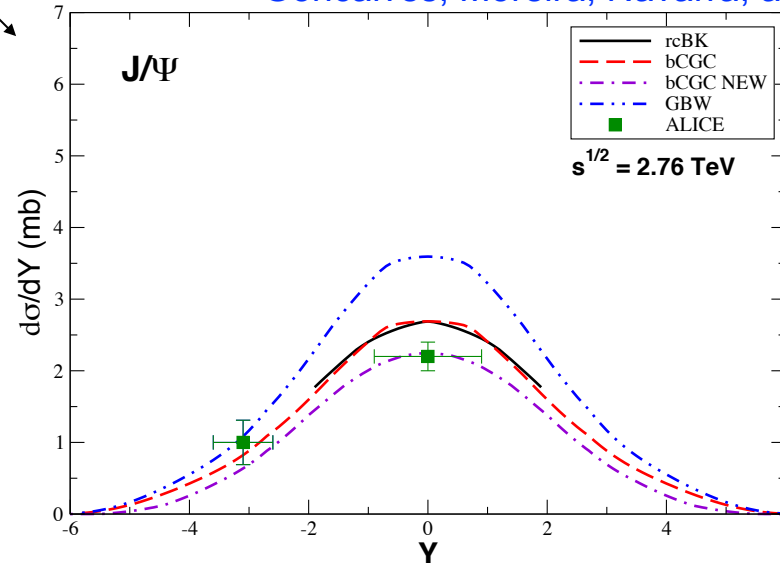
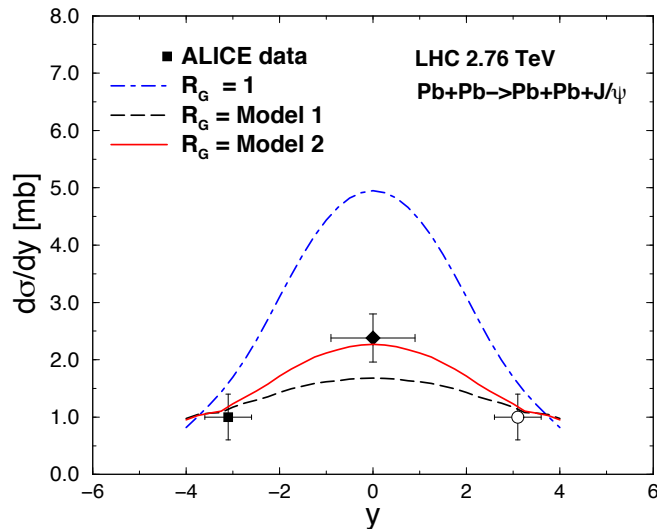
- Большая масса J/ψ отбирает диполи небольшого поперечного размера $\rightarrow \sigma_{\text{dip}}$ мало \rightarrow ядерное подавление мало и не согласуется с данными.

- Для получения необходимого эффекта, "руками" вводится фактор глюонной экранировки $R_G < 1$ или подбираются параметры модели.



Ducati, Griep, Machado, PRC 88 (2013) 014910
Goncalves, Moreira, Navarra, arXiv:1405.6977

Lappi, Mäntysaari, arXiv:1406.2877 (DIS 2014)



Эксклюзивное фоторождение J/ψ в p-Pb УПС на БАК

- Коллаборация ALICE измерила эксклюзивное фоторождение J/ψ в p-Pb УПС при 5 ТэВ и представила результат в виде $\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}(W_{\gamma p})$

$$\frac{\sigma_{pPb \rightarrow pPb J/\psi}(y)}{dy} = N_{\gamma/Pb}(y) \sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}(y) + N_{\gamma/p}(-y) \sigma_{\gamma Pb \rightarrow J/\psi Pb}(-y)$$

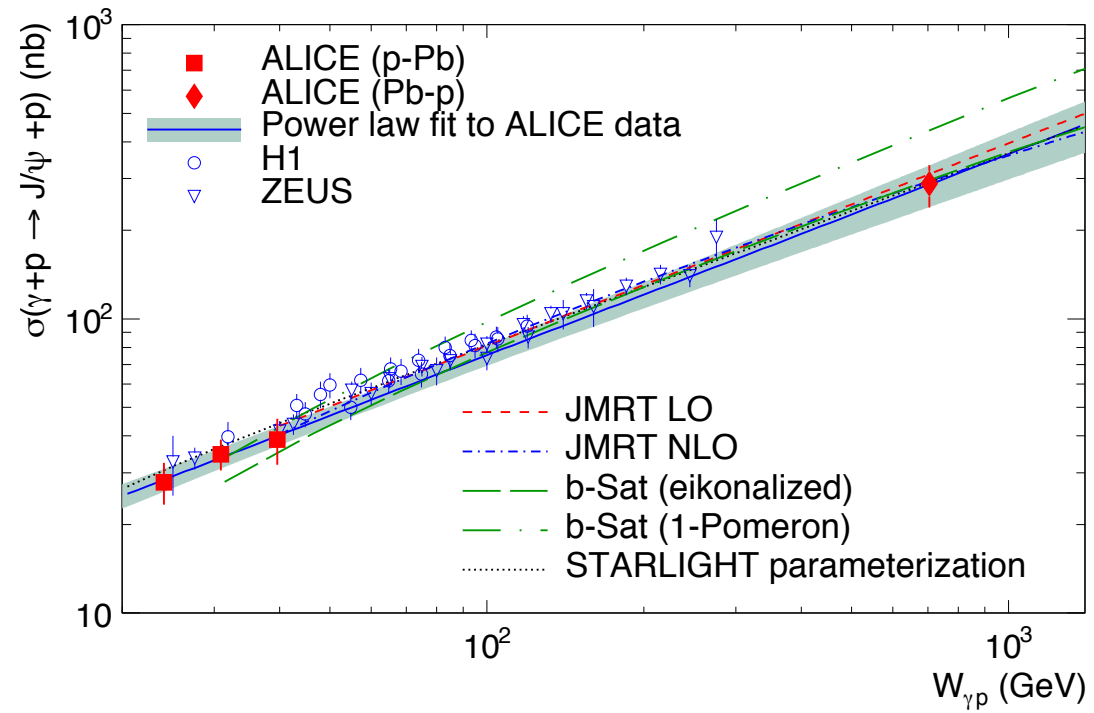
B. Abelev et al., (ALICE) arXiv:1406.7819

- Поток фотонов от протона мал, но не пренебрежим при малых p_T .

- Описывается дипольными моделями и пертурбативной КХД.

- $\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi} \propto W_{\gamma p}^{\delta}$, $\delta = 0.68 \pm 0.06$, что согласуется с HERA

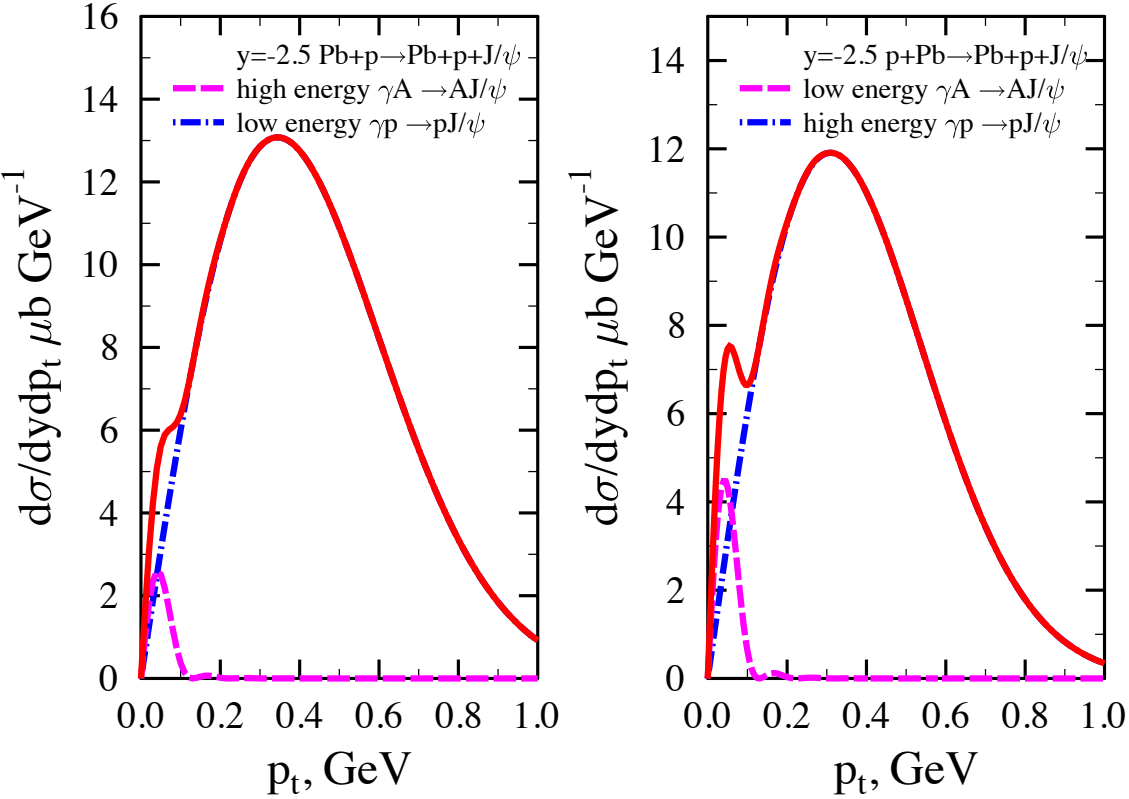
- Ограничения на $g_p(x, \mu^2)$ до $x=2 \times 10^{-5}$



Эксклюзивное фоторождение J/ψ в p-Pb УПС на БАК (2)

- Исследуя зависимость от поперечного импульса J/ψ, p_T , можно разделить γp и γA вклады: когерентный ядерный пик наблюдается при $p_T < 150 \text{ MeV}/c$ и $|y| > 2.5$.

VG, Zhilov, JHEP 1402 (2014) 046

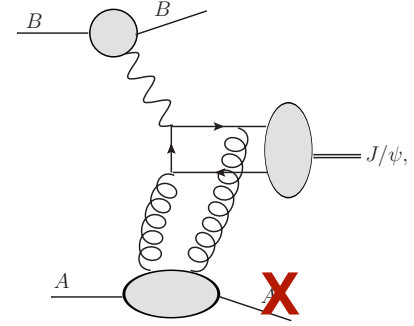


→ возможность получить ограничения на $g_A(x, \mu^2)$ при $x \approx 10^{-5}$.

Некогерентное фоторождение J/ψ в Pb-Pb УПС на БАК

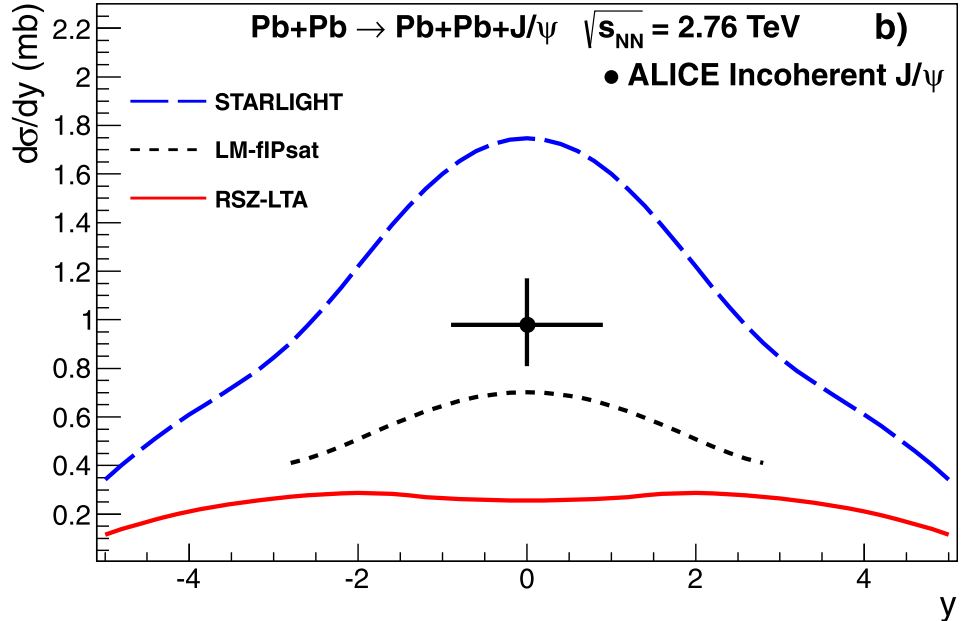
- Коллаборация ALICE также измерила некогерентное (квазиупругое) фоторождение J/ψ в Pb-Pb УПС при 2.76 ТэВ, *Abbas et al. [ALICE], EPJC 73 (2013) 2617*

$$d\sigma^{\text{incoh}}(y \approx 0)/dy = 0.98_{-0.17}^{+0.19} \text{ mb}$$



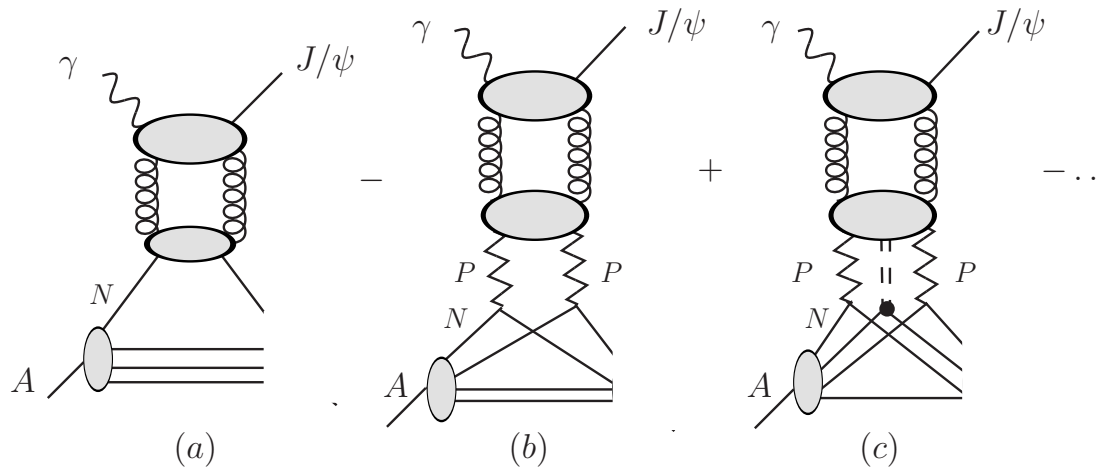
- Когерентное и квазиупругое рассеяние разделяют по поперечному импульсу J/ψ, p_T: p_T < 200-300 MeV/c (<p_T>=50 MeV/c) для когерентного и p_T > 200-300 MeV/c (<p_T>=500 MeV/c) для некогерентного.
- Вывод на момент публикации: модели не описывают данные.

экранировка



Некогерентное фоторожд. J/ψ в Pb-Pb УПС на БАК (2)

- Лидирующий порядок теории возмущений КХД и модель ядерных экранировок лидирующего твиста → фактор ядерного подавления для некогерентного случая:



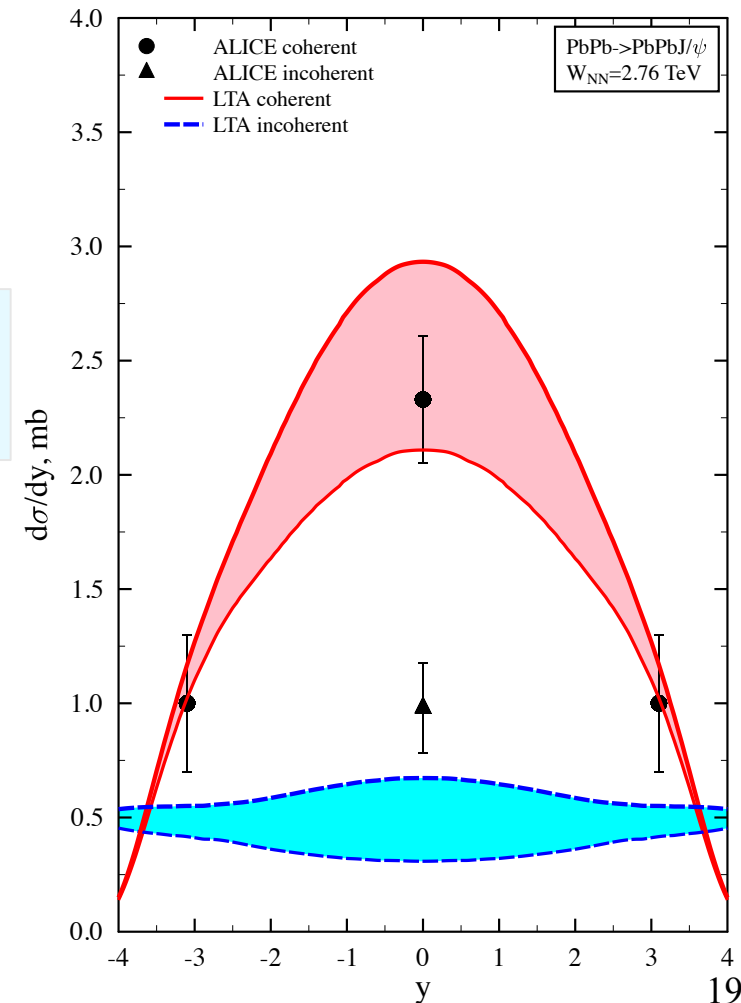
VG, Strikman, Zhavoronkov, EPJC 74 (2014) 2942

$$S_{\text{incoh}}(W_{\gamma p}) \equiv \frac{d\sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A'}^{\text{pQCD}}(W_{\gamma p})/dt}{A d\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}^{\text{pQCD}}(W_{\gamma p})/dt} = \frac{1}{A} \int d^2\vec{b} T_A(b) \left[1 - \frac{\sigma_2}{\sigma_3} + \frac{\sigma_2}{\sigma_3} e^{-\sigma_3/2T_A(b)} \right]^2$$



$$\frac{d\sigma_{AA \rightarrow AA' J/\psi}(y)}{dy} = N_{\gamma/A}(y) \sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A'}(y) + N_{\gamma/A}(-y) \sigma_{\gamma A \rightarrow J/\psi A'}(-y)$$

- Как и в случае более ранней оценки (RSZ-LTA '12), ядерное подавление переоценено на фактор **1.5 ÷ 2.**



Некогерентное фоторожд. J/ψ в Pb-Pb УПС на БАК (3)

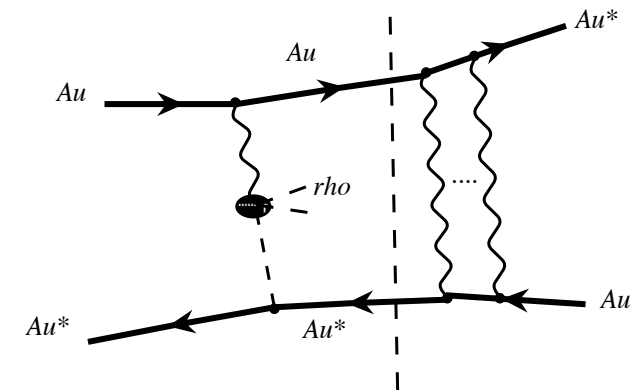
2 процесса, которые не учтены в теоретическом вычислении, которые возможно смогут улучшить описание данных, т.к. дают **неупругое конечное состояние**:

- Дифракционная диссоциация нуклона $\gamma + N \rightarrow J/\psi + Y$. Этот вклад:

- не мал $(d\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi Y}/dt)/(d\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}/dt) \approx 0.15$ at $t \approx 0$
 $\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi Y}/\sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p} \approx 0.8$ for the t -integrated cross sections } HERA

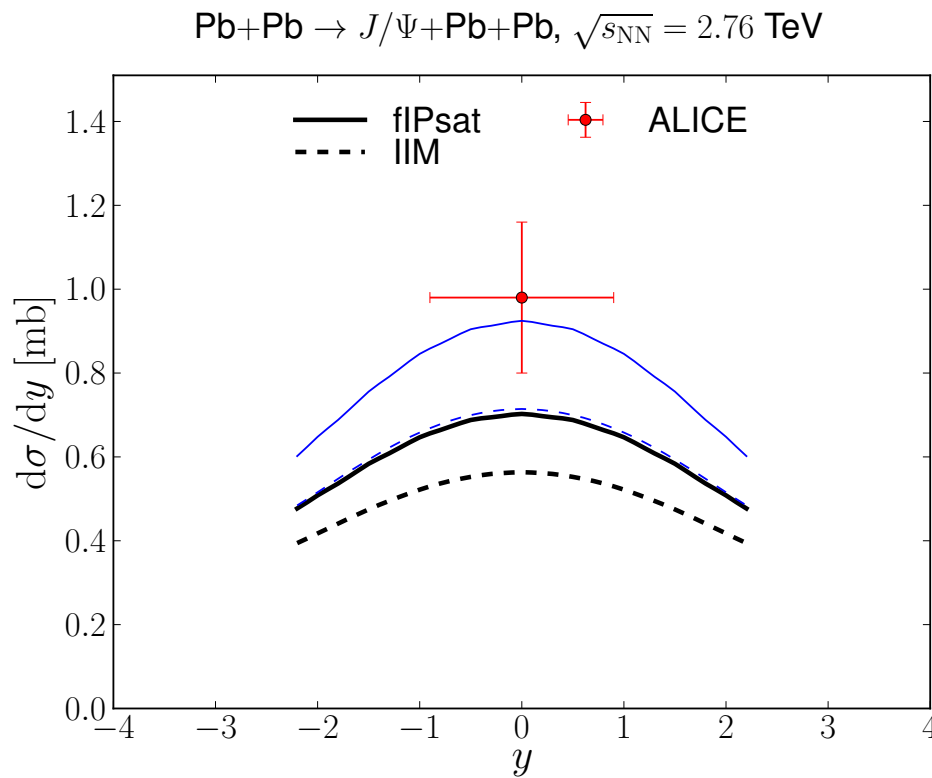
- имеет другую зависимость от $t=-p_T^2$, чем вклады процессов $\gamma + N \rightarrow J/\psi + N$ и $\gamma + A \rightarrow J/\psi + A \rightarrow$ можно использовать для выделения из данных

- Излучение дополнительных фотонов, ведущее к развалу ядра и излучению нейтронов, регистрируемых в калориметрах нулевого угла.



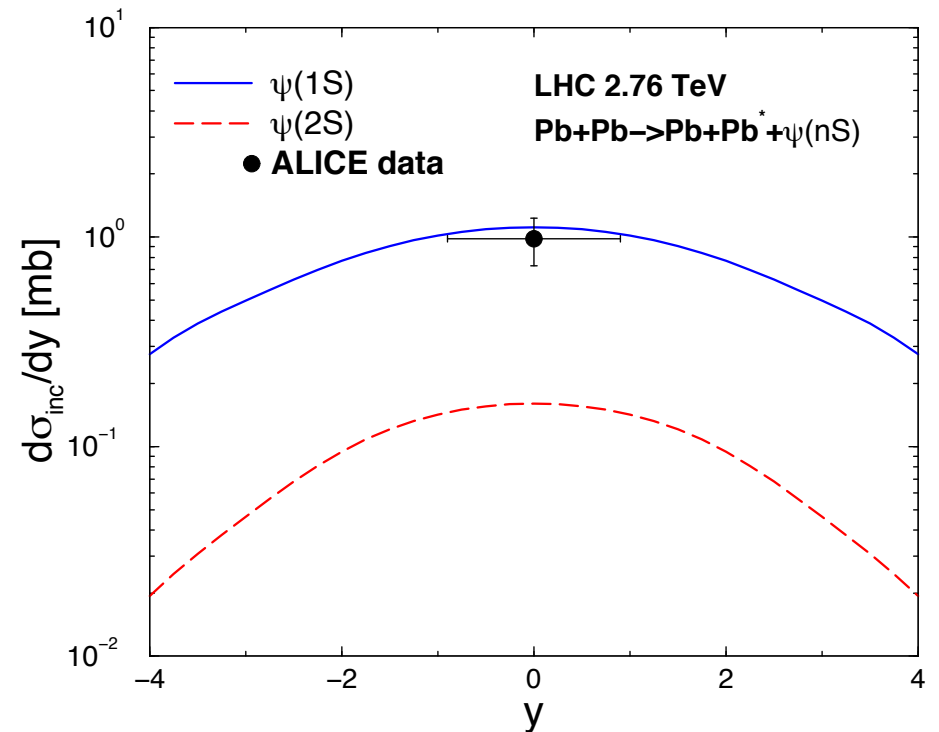
Некогерентное фоторожд. J/ψ в Pb-Pb УПС на БАК (4)

- В рамках **дипольной модели** описание некогерентных данных немного лучше, но сильно **модельно-зависимо**.



Lappi, Mäntysaari, arXiv:1406.2877 (DIS 2014)

- 2 варианта дипольного сечения и волновой функции J/ψ



Ducati, Griep, Machado, PRC 88 (2013) 014910

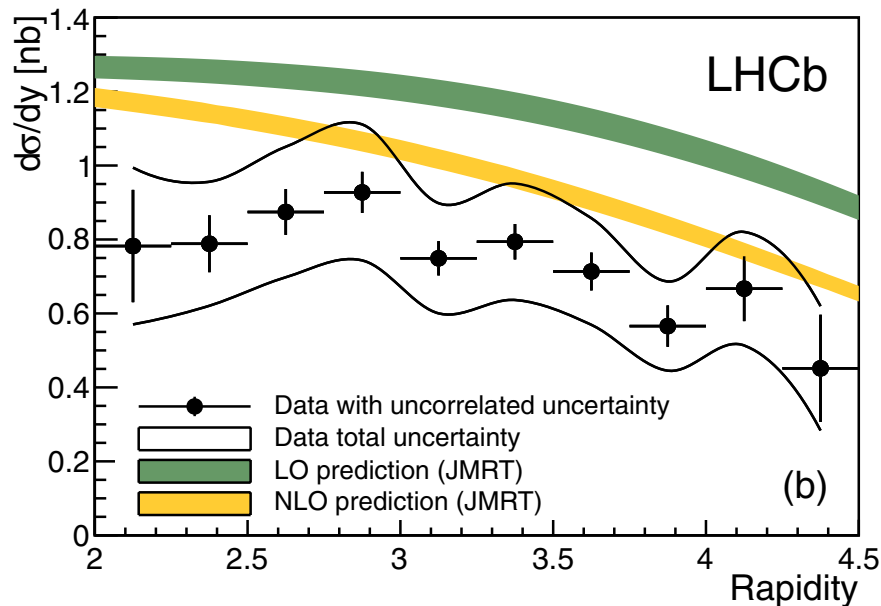
- выключенная глюонная экранировка $R_G=1$

Эксклюзивное фоторождение $\psi(2S)$ в pp УПС на БАК

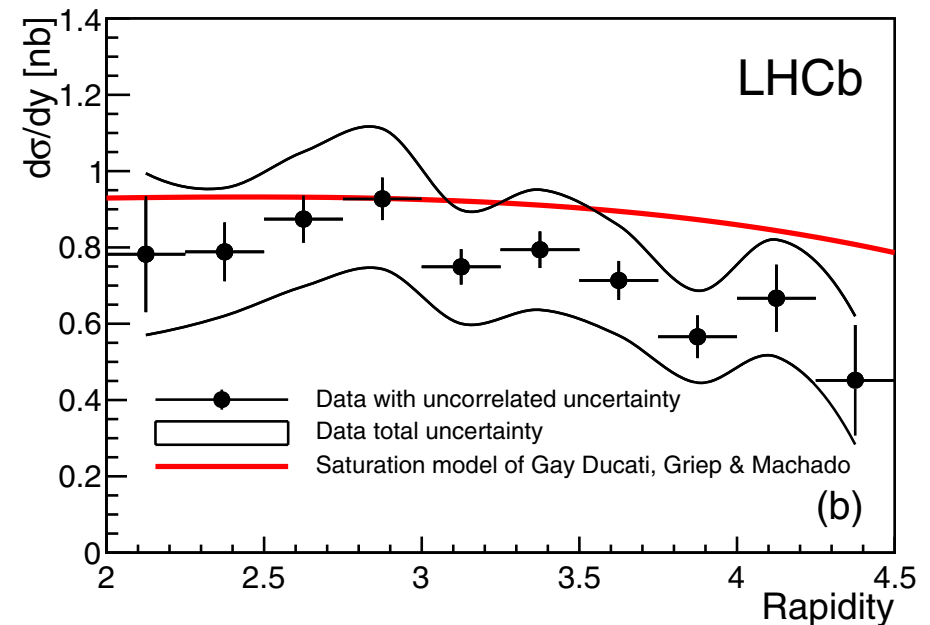
- Коллаборация LHCb также измерила фоторождение первого радиального возбуждения чармония $\psi(2S)$ в pp УПС при 7 ТэВ.

R. Aaij et al., (LHCb) J. Phys. G. 44 (2014) 055002

- Как и в случае J/ψ , данные описываются теорией возмущений КХД (NLO) и дипольными моделями, включающими эффект насыщения.



Jones, Martin, Ryskin, Teubner, J. Phys. G (2014) 055009



Ducati, Griep, Machado, PRD 88 (2013) 017504

Эксклюзивное фоторождение $\psi(2S)$ в pp УПС на БАК и плотность глюонов в протоне при малых x

- Сечение фоторождения чармония через глюонную плотность:

$$\frac{d\sigma_{\gamma p \rightarrow \psi(2S)p}}{dt}(W_{\gamma p}, t=0) = C(\mu^2) [\alpha_s(\mu^2) x G_p(x, \mu^2)]^2$$

$$x = \frac{M_{\psi(2S)}^2}{W_{\gamma p}^2}$$

- Подбираем значения μ^2 и $C(\mu^2)$ из подгонки данных HERA по фоторождению $\psi(2S)$ при более низких энергиях, чем в LHCb:

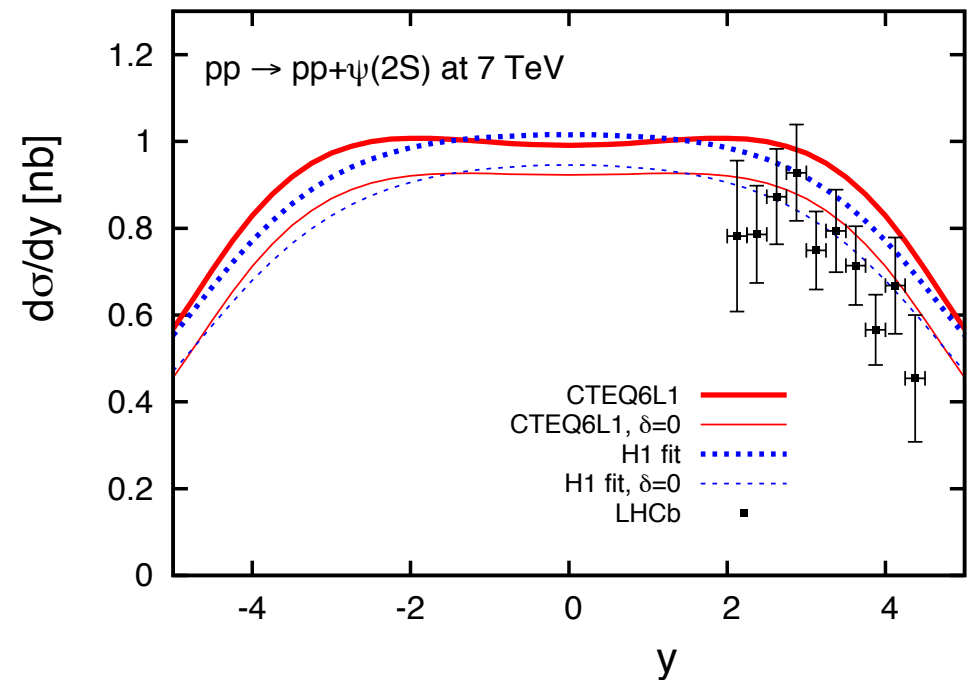
$$\mu^2 \approx 4 \text{ GeV}^2, \quad \sigma_{\gamma p \rightarrow \psi(2S)p}(W_0) = 0.166 \sigma_{\gamma p \rightarrow J/\psi p}(W_0) \text{ at } W_0 = 100 \text{ GeV}$$

VG, Zhalov, arXiv:1405.7929

- Предсказания для LHCb:

Результаты с:

- глюонной плотностью CTEQ6L1
- подгонкой H1
- учетом перехода $p \rightarrow \Delta$ в потоке фотонов,
Baur, Hencken, Trautmann, J. Phys. G 24 (1998) 1657



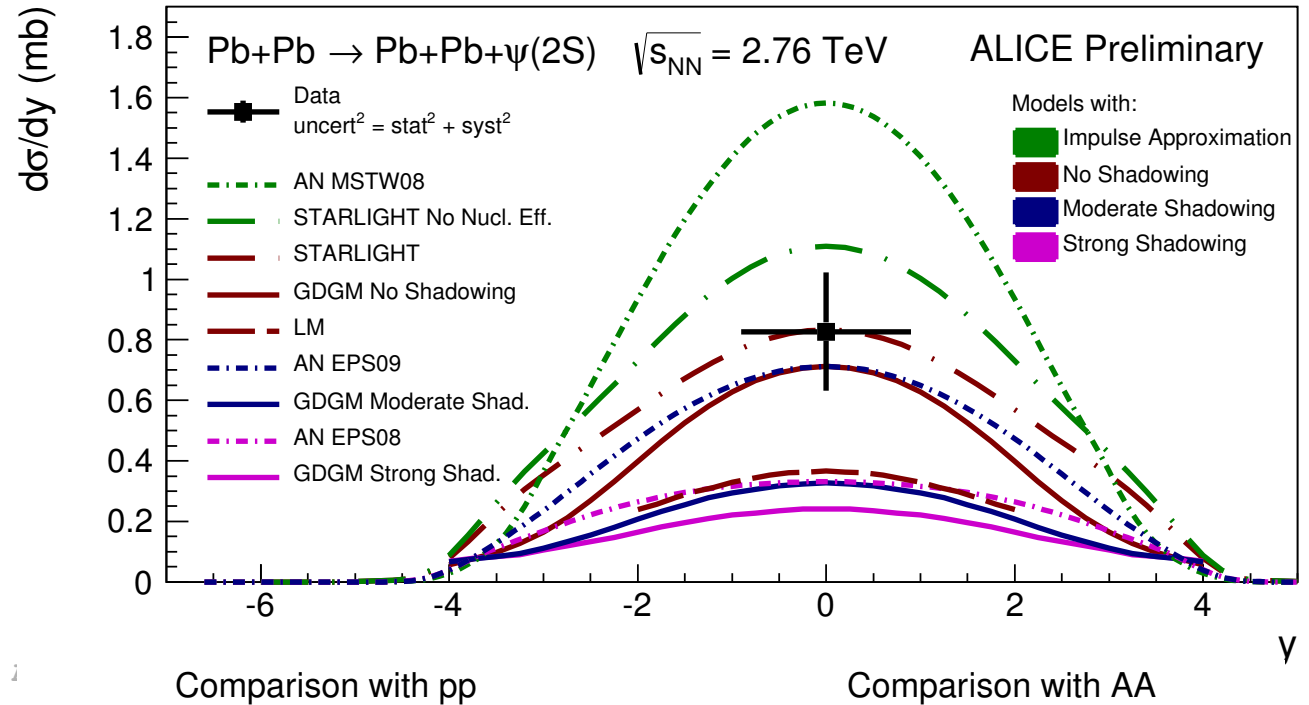
Эксклюзивное фоторождение $\psi(2S)$ в Pb-Pb УПС на БАК

- Коллаборация ALICE измерила когерентное фоторождение $\psi(2S)$ в Pb-Pb УПС при 2.76 ТэВ (не опубликовано)

Данные согласуются с маленькой экранировкой.

экранировка

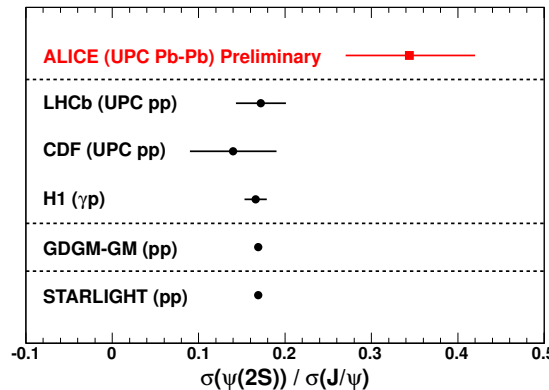
ALI-PREL-68033



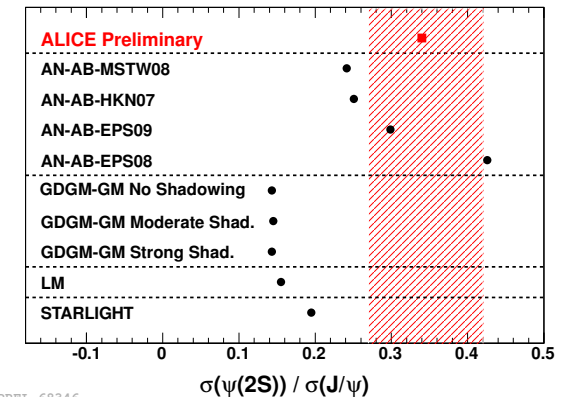
Отношение

$$R = \frac{\sigma(\psi(2S))}{\sigma(J/\psi)} = 0.34 \pm 0.08$$

значительно больше, чем в pp и многих теор. оценок



LI-PREL-68350



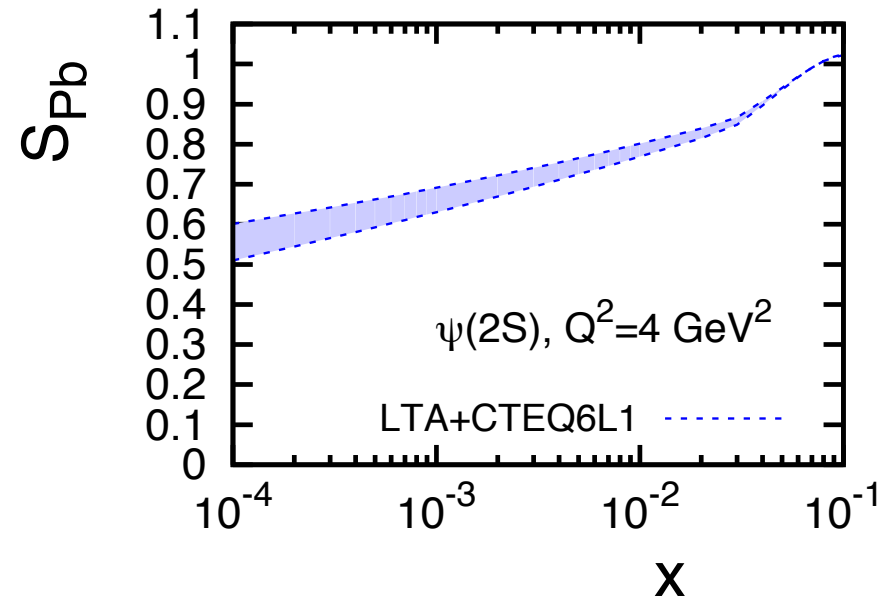
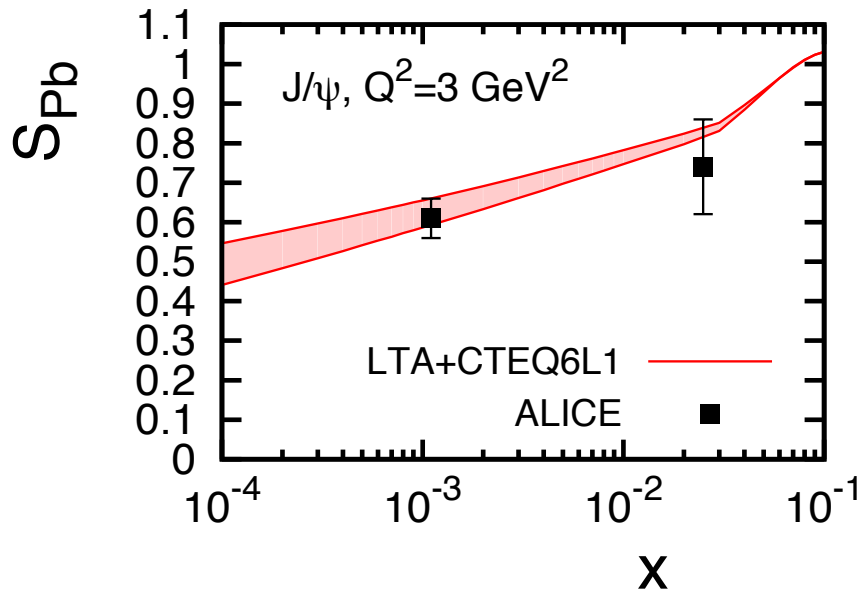
ALI-PREL-68346

Эксклюзивное фоторождение $\psi(2S)$ в Pb-Pb УПС на БАК (2)

- Т.к. $M_{\psi(2S)} \approx M_{J/\psi}$ в рамках теории возмущений КХД и экранировок лидирующего твиста ожидается, что **фактор ядерного подавления близок для $\psi(2S)$ и J/ψ** .
- Повторяя вывод фактора ядерного подавления, получаем:

$$S(W_{\gamma p}) = \left[\frac{\sigma_{\gamma A \rightarrow \psi(2S)A}}{\sigma_{\gamma A \rightarrow \psi(2S)A}^{\text{IA}}} \right]^{1/2} = \left[\frac{C_A(\mu^2)}{C_p(\mu^2)} \right]^{1/2} \frac{g_A(x, \mu^2)}{Ag_p(x, \mu^2)}$$

VG, Zhavoronkov, arXiv:1404.6101



Противоречит данным ALICE, указывающим на маленькую экранировку и большое R.

Заключение

- Партонные плотности содержат фундаментальную информацию о структуре адронов в КХД и необходимы для описания жестких реакций в КХД.
- Плотность глюонов в протоне и ядрах при малых x известна с большой неопределенностью.
- Теоретический анализ в рамках КХД данных коллабораций LHCb и ALICE по фоторождению чармониев в pp , $Pb-Pb$ и $p-Pb$ УПС дает новые ограничения на $g_p(x, \mu^2)$ до $x = 6 \times 10^{-6}$ и на $g_A(x, \mu^2)$ до $x = 0.001$.
- Получено первое прямое доказательство большой глюонной экранировки при $x=0.001$, согласующейся с моделью экранировок лидирующего твиста и параметризацией EPS09.
- Существуют трудности в описании данных ALICE по некогерентному фоторождению J/ψ и когерентному фоторождению $\psi(2S)$ в $Pb-Pb$ УПС.
- Новый цикл измерений УПС на БАК в 2015 при энергии протонного пучка ≈ 7 ТэВ.