



ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛЮОННО-ЯДЕРНОГО PDF С ТЯЖЕЛЫМ КВАРКОМ НА LHC

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7853514>

Дустмуродов Элдор Эшбобоевич

Ташкентский государственный университет транспорта

eldordustmurodov@mail.ru

Аннотация: Мы исследуем возможное использование прямого производства фотонов в сочетании с тяжелым кварком в столкновениях pA на Большом адронном коллайдере (LHC) для исследования глюонно-ядерной функции распределения партонов (PDF). Этот процесс чувствителен как к ядерным тяжелым кваркам, так и к функциям распределения глюонных партонов и является очень многообещающим кандидатом для определения глюонно-ядерного PDF, который до сих пор в значительной степени не проверен.

Ключевые слова: функции распределения партонов (PDF), pA – протон-ядро, КХД – квантовая хромодинамика, NLO – рядом с ведущим порядком поперечное сечение.

RESEARCH GLUON-NUCLEAR PDF WITH A HEAVY QUARK AT THE LHC

Dustmurodov Eldor Eshbobo ogli

Tashkent state university of transport

eldordustmurodov@mail.ru

Abstract. We investigate the possible use of direct photon production in combination with heavy quark in pA collisions at the Large hadron Collider (LHC) to investigate the gluon-nuclear function of the parton distribution (PDF). This process is sensitive to both nuclear heavy quarks and gluon parton distribution functions, and is a very promising candidate for determining the gluon-nuclear PDF, which is still largely untested.

Keywords: *function of the parton distribution (PDF), pA – proton-nucleus, QCD – quantum chromodynamics, NLO – next-to-leading order cross section.*

Введение. Функции распределения партона (PDF) являются важным компонентом любого предсказания, включающего сталкивающиеся адроны. PDF являются непertурбативными объектами, которые должны быть определены на основе экспериментальных данных и связать теоретические пертурбативные предсказания КХД с наблюдаемыми явлениями на адронных коллайдерах. Ввиду



их важности протонные PDF были предметом длительного и целенаправленного глобального анализа, проводимого различными группами. За последнее десятилетие глобальный анализ PDFs в ядрах – или ядерных PDFs (nPDFs) - был проведен несколькими группами: nCTEQ [1, 2], nDS [3], EPS09 [4] и HKN07 [5]. Аналогично что протонного PDF и nPDFs нужны для того, чтобы предсказать, наблюдаемых в протон-ядерных (pA) и ядро-ядерных (AA) столкновений. Однако, по сравнению с протонным случаем, функции распределения ядерных партонов гораздо менее ограничены. Данные, которые могут быть использованы в глобальном анализе, доступны для меньшего числа сложных процессов, а также охватывают меньший кинематический диапазон. Здесь мы сосредоточимся на ограничении партонных плотностей в ядрах, используя производство прямого фотона в ассоциации с тяжелой кварковой струей при столкновениях pA .

Результаты. Прямые фотоны. Одиночные прямые фотоны долгое время считались отличным зондом структуры протона из-за их точечной электромагнитной связи с кварками и из-за того, что они избегают удержания. Их изучение, естественно, может быть распространено на высокоэнергетические ядерные столкновения, где можно использовать прямые фотоны для исследования структуры ядер. Концентрация на двойном инклюзивном производстве прямого фотона с тяжелым кварком позволяет получить доступ к различным компонентам PDF. Одиночные прямые фотоны соединяются в основном с валентными кварками в Протоне или ядрах. Исследуя прямые фотоны, сопровождаемые тяжелыми кварковыми струями, можно получить доступ к глюону и тяжелым кварковым струям. Это происходит потому, что при ведущем порядке θ (α_s) прямой фотон с тяжелым кварком возникает только из процесса комптоновского рассеяния $gQ \rightarrow \gamma Q$, в отличие от одиночного фотона, и в этом случае вклад комптоновского рассеяния $gq \rightarrow \gamma q$ конкурирует с вкладом комптоновского рассеяния $gq \rightarrow \gamma q$. При ведущем порядке мы видим, что начальное состояние для прямого производства фотона с тяжелой кварковой струей зависит только от глюона PDF и тяжелого кварка PDF, где также последний часто излучательно генерируется из глюона, что приводит к еще более сильной зависимости этого процесса от глюона PDF.

Исследование ядерного глюона PDF. Чтобы получить результаты в адронных столкновениях, партонное сечение для прямого фотона в ассоциации с тяжелым кварком должно быть свернуто с PDFs для протонов и / или ядер [6]. Для ядер мы показываем результаты, используя самые последние наборы ядерных PDF nCTEQ [1], EPS09 [4] и HKN07 [5]. Каждый набор ядерных PDF связан с набором протонных PDF, к которому он сводится в пределе $A \rightarrow 1$, где A - атомное массовое число ядра. Поэтому в расчетах мы используем различные nPDF вместе с соответствующими протонными PDF.

Ни один текущий ядерный анализ PDF не включает в себя возможность наличия собственного компонента тяжелого кварка на входном масштабе, и поэтому тяжелый кварковый PDF на более высоком уровне генерируется с использованием глюонного PDF, где глюон расщепляется на тяжелый кварк и анти-кварк. Поэтому, тяжелого кварка в PDF образом в форме глюонов PDF, а тесно (см. рис. 1) и мы сосредоточимся на обсуждении глюонного PDF более подробно.

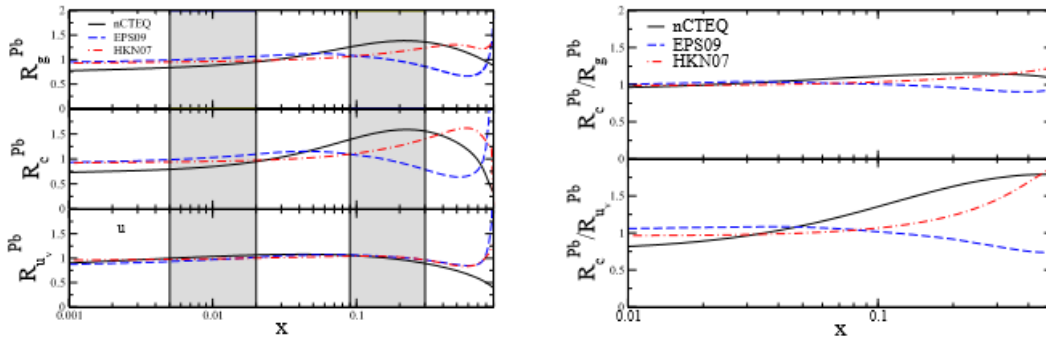
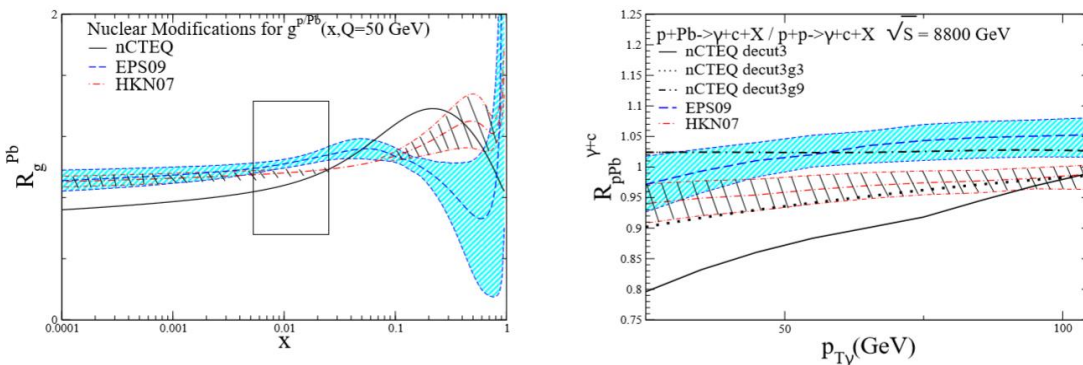


Рисунок 1. Слева: коэффициенты nPDF $R_g^{Pb} = g^{p/Pb}(x, Q)/g^p(x, Q)$ (верх), $R_c^{Pb} = c^{p/Pb}(x, Q)/c^p(x, Q)$ (средние), $R_{u_v}^{Pb} = u_v^{p/Pb}(x, Q)/u_v^p(x, Q)$ (внизу) при $Q = 50$ ГэВ в пределах nCTEQ (сплошная черная линия), EPS09 (пунктирная синяя линия) и HKN07 (пунктирная красная линия). Заштрихованные области соответствуют значениям x , исследованным в RHIC ($x \sim 10^{-1}$) и LHC ($x \sim 10^{-2}$). Справа: двойные соотношения R_c^{Pb}/R_g^{Pb} и $R_c^{Pb}/R_{u_v}^{Pb}$ с использованием тех же наборов nPDF.

Общей чертой всех глобальных анализов nPDF является то, что распределение ядерных глюонов очень слабо ограничено в диапазоне- x :



$0,02 < x < 0,2$ от Q^2 - зависимости соотношений структурных функций в глубоко-неупругом рассеянии $F_2^{Sn}(x, Q^2)/F_2^C(x, Q^2)$, измеренные коллаборацией NMC. Чтобы сравнить различные наборы nPDF, мы построим график на рис. 2

Рисунок 2. Ядерные модификации $R_g^A(x, Q) = g^{p/A}(x, Q)/g^p(x, Q)$. Слева: для свинца при $Q = 50$ ГэВ. Показаны результаты по nCTEQ decut3 (сплошная черная линия), EPS09 (штриховая синяя линия) + погрешность диапазон, HKN07 (тирепунктирная, красная линия) + ошибка диапазона. Коробка иллюстрирует область x , исследуемую на баке ($\sqrt{s} = 8,8$ ТэВ). Справа: ядерного производства-это



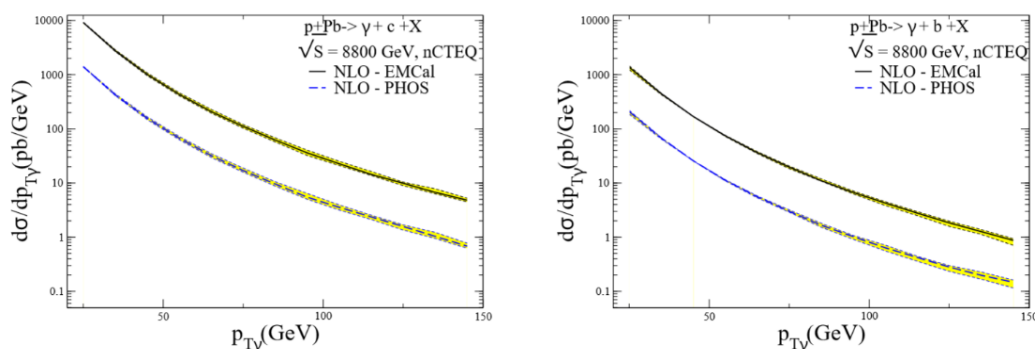
отношение $\gamma+c$ в сечении на LHC в Элис ПУЗ акценту, используя nCTEQ decut3 (сплошная черная линия), nCTEQ decut3g3 (пунктирная черная линия), nCTEQ decut3g9 (тире-точка-пунктирная черная линия), EPS09 (пунктирная синяя линия), + ошибка диапазона, HKN07 (штрих-пунктирная красная линия) + ошибка диапазона.

коэффициент распределения глюонов $R_g^A(x, Q) = g^{p/A}(x, Q)/g^p(x, Q)$ как функция x для ядра свинца при $Q = 50$ ГэВ. Выбранная жесткая шкала $Q = 50$ ГэВ типична для прямого производства фотонов на баке, и коробка выделяет область x , исследованию LHC. Тот факт, что распределение ядерных глюонов слабо ограничено, отражается большими полосами неопределенности PDF глюонного PDF HKN07 и EPS09. Кроме того, дополнительная неопределенность связана с выбором параметризации и других допущений, которые являются неотъемлемой частью любого анализа PDF. Второй источник неопределенностей приводит к тому, что полосы неопределенности HKN07 и EPS09 не перекрываются в некоторых областях, а также к тому, что глюонный PDF nCTEQ лежит вне других полос неопределенности. Кроме того, довольно узкие и перекрывающиеся полосы при малых $x < 0,02$ не отражают никаких ограничений данными, а являются теоретическими предположениями, наложенными на поведение малых x распределений глюонов.

Соотношение ядерного производства $R_{pPb}^{\gamma+c} = \frac{1}{208} \frac{d\sigma/dp_{T\gamma}(pPb \rightarrow \gamma+c+X)}{d\sigma/dp_{T\gamma}(pp \rightarrow \gamma+c+X)}$ в диапазоне кинематических проявляться в эксперименте Alice на LHC показана на рис. 2 (справа) через несколько ядерных формате PDF EPS09 (пунктирная синяя линия), HKN07 (штрих-пунктирная красная линия) и ряд nCTEQ подходит decut3 (сплошная черная линия), decut3g3 (пунктирная черная линия) и decut3g9 (тире-точка-пунктирная черная линия), которые отличаются предположениями о малых x поведение глюонного PDF. Для первых двух случаев полосы представляют неопределенности nPDF. Примечательно, что предсказания EPS09, HKN и nCTEQ практически не пересекаются, поэтому соответствующее измерение этого процесса позволит провести различие между наборами nPDF.

В эксперименте ALICE фотоны могут быть идентифицированы в электромагнитном калориметре EMCal или в спектрометре PHOS с несколько более ограниченным допуском.

Рисунок 3. Дифференциальное сечение NLO для образования $\gamma+c$ (слева) и $\gamma+b$





(справа) в столкновениях p - Pb при энергии центра масс $\sqrt{s} = 8,8$ ТэВ в приемниках PHOS (нижняя полоса) и EMCal (верхняя полоса).

На рис.3 приведены результаты расчетов, выполненных для столкновений p - Pb при номинальной энергии бака $\sqrt{s} = 8,8$ ТэВ с использованием разрезов и приемов как EMCal, так и PHOS детекторов. Дифференциальное поперечное сечение NLO строится как функция поперечного импульса фотона в канале $\gamma + c$ ($\gamma + b$) на рис. 3 слева (справа) для обоих PHOS (нижняя полоса) и EMCal (верхняя полоса); пунктирные кривые указывают на теоретическую неопределенность масштаба. Общее интегральное поперечное сечение электромагнитного калориметра EMCal составляет 119000 pb для процесса $\gamma + c$ и 22700 pb для процесса $\gamma + b$.

Заключение. Мы представили подробное феноменологическое исследование прямого производства фотонов в ассоциации с тяжелой кварковой струей при столкновениях pA на ЛНС, на следующем к ведущему порядку в КХД. Доминирующий вклад в этот процесс вносит $gQ \rightarrow \gamma Q[+g]$ подпроцесс. Это обеспечивает чувствительный механизм ограничения распределения тяжелых кварков и глюонов в ядрах, точное знание которого необходимо для предсказания скорости жестких процессов в столкновениях тяжелых ионов, где ожидается образование кварк-глюонной плазмы.

ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Schainben, et al., Phys. Rev. D80, 09404 (2010), 0908.2359
2. K. Kovarki, et al., Phys.Rev.Lett. 109, 122317 (2012), 1014.058
3. D. de Florian, and R. Sassotte, Phys. Rev. D96, 074588 (2014), hep/031127
4. K. J. Eskola, H. Paukunin, and C. A. Salgado, JHEP 04, 065 (2010)
5. Э.Э Дуstmуродов, ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКОМ СТОЛКНОВЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР НА ЛНС (С ПОМОЩЬЮ GEANT4), Science and Education, tom1 (9) с.59-65 (2020)
6. Э.Э Дуstmуродов, РОЖДЕНИЕ БЫСТРЫХ π^0 -МЕЗОНОВ В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 4, 5 А ГэВ/с С РАСЧЁТАМИ ПО МОДЕЛИ FRITIOF, Science and Education, tom1 (4) с.11-15 (2020)
7. Б.С Юлдашев, Э.Э Дуstmуродов, ПОНИМАНИЕ БОЗОНА ХИГГСА С ПОМОЩЬЮ LheC, Science and Education, tom1 (4) с.16-21 (2020)