

# ОТЧЕТ О ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ИВЦ НГУ

## 1 Аннотация

Было изучено сечение дифракционного рождения 2 струй  $ep \rightarrow ep + 2jets$  с учетом ограничений фазового объема детектора ZEUS на установке HERA. Пренебрегая передачей импульса в  $t$ -канале в борновском импакт факторе и импакт факторе конфигурации “глюонный диполь”, мы вычислили соответствующие им вклады в сечение дифференциальное по  $\beta = Q^2/(Q^2 + M_{2jets}^2)$  и углу между лептонной и адронной плоскостями. Вклад конфигурации “глюонный диполь” был получен в рамках эксклюзивного алгоритма выделения струй  $k_t$  с обрезанием  $y_{cut} = 0.15$  в приближении малых  $y_{cut}$ . В коллинеарном приближении мы сократили сингулярности в сумме виртуального и реального вкладов в конфигурации “кварковый диполь” удержав точную зависимость от  $y_{cut}$ . Мы использовали параметризацию Голека-Берната Вустхоффа для дипольного матричного элемента и линеаризовали вклады дважды дипольных операторов. Полученный результат дает примерно половину наблюдаемого сечения при малых  $\beta < 1/2$  и совпадает с ним при больших  $\beta > 1/2$ .

## 2 Тема работы

Теоретическое описание данных детектора ZEUS по дифракционному рождению 2 струй в процессе  $ep \rightarrow ep + 2jets$ .

## 3 Состав коллектива

Грабовский Андрей Владимирович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, доцент кафедры ФЭЧ НГУ.

## 4 Информация о гранте

19-02-00690 А, “Полу-жесткие процессы КХД в высших приближениях теории возмущений” (2019-2021), 16-02-00888 А, “Вклады высших порядков в амплитуды КХД в реджевской и мульти-реджевской кинематике” (2016-2018). Руководитель Фадин Виктор Сергеевич, г.н.с. Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, профессор ФФ НГУ.

## 5 Научное содержание работы

### 5.1 Постановка задачи

Вычисление сечений дифракционных процессов фоторождения струй и легких мезонов. Необходимо вычислить 1) сечения фоторождения 2 и 3 струй на протоне (ядре) дифференциальные по массе рожденной системы и передаче импульса, углам между плоскостями струй и начальных частиц; 2) сечения фоторождения ро-мезона на протоне (ядре) дифференциальное по передаче импульса.

## 5.2 Современное состояние проблемы

Исследуемые процессы активно изучаются экспериментально и теоретически. Экспериментально - на БАК, также обрабатываются данные HERA [1]. Теоретически, до последнего времени существовали только расчеты, выполненные в главном логарифмическом приближении и для коллинеарного или мягкого рожденного глюона в случае рождения струй, и выполненные для нулевой передачи, малой глюонной плотности и продольно поляризованного исходного фотона в случае рождения ро мезона. В наших работах впервые получены аналитические формулы для сечений в следующем за главным логарифмическом приближении в произвольной кинематике [2-5].

[1] ZEUS collaboration, H. Abramowicz et al., Production of exclusive dijets in diffractive deep inelastic scattering at HERA, Eur. Phys. J. C 76 (2016).

[2] R. Boussarie, A. V. Grabovsky, L. Szymanowski and S. Wallon, "On the one loop gamma to qqbar impact factor and the exclusive diffractive cross sections for the production of two or three jets," JHEP 1611, 149 (2016).

[3] R. Boussarie, A. V. Grabovsky, D. Y. Ivanov, L. Szymanowski and S. Wallon, "Next-to-Leading Order Computation of Exclusive Diffractive Light Vector Meson Production in a Saturation Framework," PRL 119, 072002 (2017).

[4] R. Boussarie, A. V. Grabovsky, L. Szymanowski and S. Wallon, "Impact factor for high-energy two and three jets diffractive production," JHEP09 (2014) 026.

## 5.3 Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы

Для кинематических условий ZEUS, использованных при измерении сечения эксклюзивного дифракционного фоторождения двух струй [1] была произведена оценка полученного сечения. Впервые были использованы точные формулы для импакт факторов, полученные нами ранее, и алгоритм kt для разделения вкладов 2 и 3 струй.

Этот процесс интересен тем, что теоретическое описание в рамках двухглюонного обмена в ГП и описание в рамках коллинеарной факторизации дает примерно половину измеренного сечения. На эксперименте использовался эксклюзивный kt алгоритм с параметром алгоритма  $y_{cut} = 0.15$ . Для оценки, во-первых, был взят борновский вклад. Во-вторых, из виртуальной поправки была выделена сингулярная часть, а реальная поправка была проинтегрирована по области мягких и коллинеарных глюонов в соответствии с алгоритмом  $k_t$  с точностью до членов  $\sqrt{y_{cut}}$ . В сумме этих вкладов были сокращены инфракрасные и коллинеарные расходимости и удержаны члены пропорциональные квадрату логарифма  $y_{cut}$ , логарифму  $y_{cut}$  и константе.

Также с точностью до членов порядка  $\sqrt{y_{cut}}$  реальная поправка была проинтегрирована по области, отвечающей конфигурации типа глюонный диполь. В ней одна из струй состоит из кварк антикварковой пары, а вторая из глюона. В области больших масс рожденной системы эта область дает доминирующий вклад, усиленный степенью массы, так как реальная поправка к импакт фактору содержит диаграммы с глюоном в t-канале. В качестве адронного матричного элемента, описывающего протон, была взята модель Голек-Берната - Вустхоффа.

## 5.4 Результаты работы

Оказалось, что в разрешенной кинематической области детектора ZEUS, квадрат импульса насыщения  $Q_s^2 < 0.8 \text{ ГэВ}^2$ , тогда как в борновском импакт факторе характерные поперечные импульсы  $> 4 \text{ ГэВ}^2$ . Поэтому для оценки борновского вклада был взят первый член разложения импакт фактора при малых  $Q_s$ . Такое разложение существенно упростило вычисления. Реальная поправка к импакт фактору была также разложена при малых  $Q_s$ . В результате были получены дифференциальное по  $\beta$  сечение и распределения по углу между лептонной и адронной плоскостями для различных интервалов  $\beta$ .

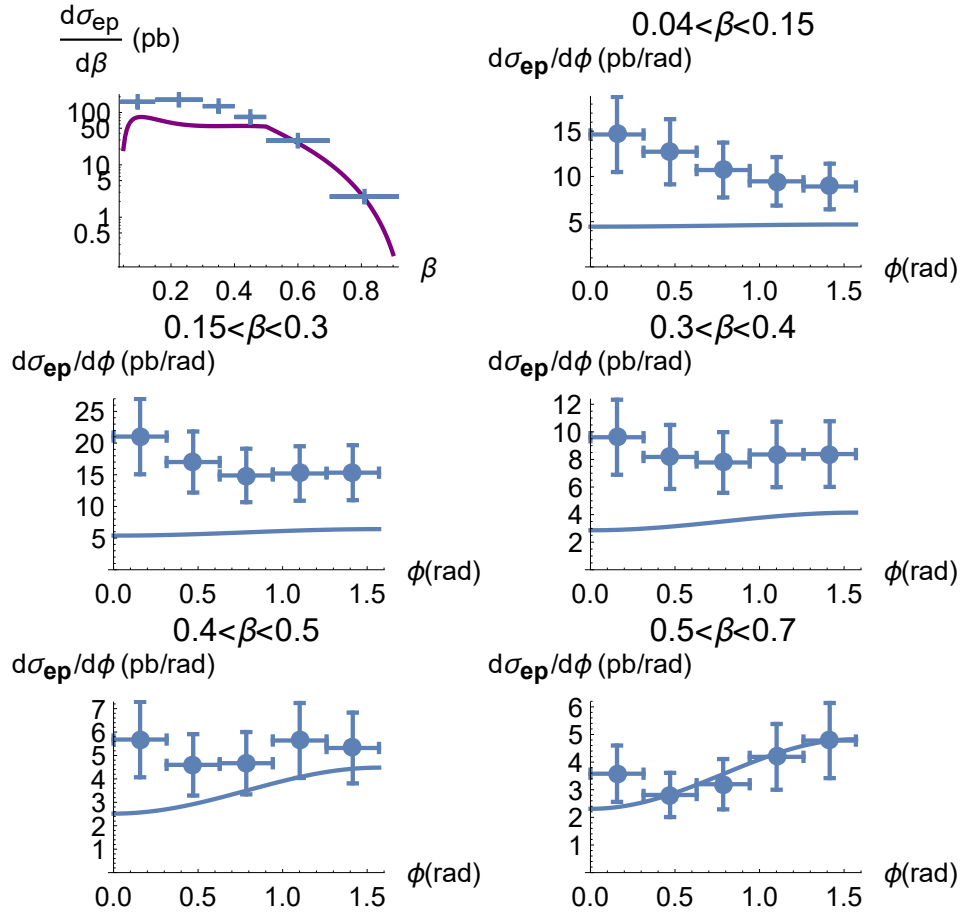


Рис. 1: Сравнение оценки дифференциального сечения эксклюзивного дифракционного фоторождения 2 струй с экспериментальными данными HERA.

Для больших  $\beta > 0.5$  полученная оценка хорошо описывает эксперимент. Это область, в которую дает основной вклад конфигурация кварковый диполь. В ней доминирует борновское сечение, а поправки малы. В области малых  $\beta$  полученное сечение дает примерно половину измеренного, что не улучшает выполненные ранее расчеты. В этой области доминирует вклад глюонного диполя и приближений, сделанных для оценки недостаточно. Были получены сечение и угловые распределения, изображенные на рисунке 1. В верхнем левом углу на этом рисунке изображено дифференциальное по  $\beta$  сечение. Остальные графики показывают распределения по углу между лептонной и адронной плоскостями для различных интервалов  $\beta$ .

## 6 Эффект от использования кластера в достижении целей работы

Использование кластера позволило ускорить вычисления.

## 7 Перечень публикаций, содержащих результаты работы

1. R. Boussarie, A. Grabovsky, L. Szymanowski and S. Wallon, “Towards a complete next-to-logarithmic description of forward exclusive diffractive dijet electroproduction at HERA: real corrections,” Phys. Rev. D **100** (2019) no.7, 074020, импакт-фактор 4.368.
2. R. Boussarie, A. V. Grabovsky, L. Szymanowski and S. Wallon, “Exclusive diffractive processes including saturation effects at next-to-leading order,” arXiv:1912.12434 [hep-ph].