

"Утверждаю"

Директор

Объединенного института

ядерных исследований

академик РАН



В.А. Матвеев

11 апреля 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Объединенного института ядерных исследований - о диссертации Малышева Максима Алексеевича «Процессы рождения прямых фотонов и лептонных пар в подходе k_T -факторизации квантовой хромодинамики», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий

Диссертация М.А. Малышева посвящена исследованию процессов инклюзивного и полунклюзивного рождения прямых фотонов, а также процессов рождения лептонных пар при энергиях современных коллайдеров в k_T -факторизационном подходе квантовой хромодинамики (КХД).

Исследование процессов высоких энергий в КХД обычно основывается на теоремах факторизации физики больших и малых расстояний, причем взаимодействие партонов на малых расстояниях описывается пертурбативной КХД, а непертурбативные эффекты больших расстояний учитываются в функциях распределения партонов. Такое разделение неоднозначно. При высоких энергиях, а следовательно при малых значениях переменной доли импульса партона x , его удобно проводить, описывая зависимость от поперечного импульса партонов непертурбативным образом, а от продольного импульса - пертурбативно. Это соответствует учету слагаемых, пропорциональных большим логарифмам $\ln 1/x$. Суммирование таких членов приводит к так называемым неинтегрированным (т.е. зависящим от поперечного импульса партонов k_T) партонным распределениям и обобщению стандартной коллинеарной факторизации. Такая обобщенная факторизация называется k_T -факторизацией.

Актуальность темы диссертации М. А. Малышева определяется тем, что возможные эффекты физики малых x могут достаточно ясно проявляться в процессах рождения прямых фотонов и лептонных пар. Исследование процесса рождения прямых фотонов позволяет особенно эффективно исследовать партонную динамику. Процесс рождения лептонных пар интересен с той точки зрения, что в области малых инвариантных масс рождающейся лептонной пары в области фрагментации можно изучать плотности распределения партонов в адронах и соответствующую динамику при очень малых значениях переменной x вплоть до значений $\sim 10^{-6}$.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 89 страниц текста, список литературы из 185 наименований.

Во **Введении** Кратко описаны предмет исследования и основные результаты, полученные в диссертации.

Первая глава посвящена относительно подробному изложению применения техники КХД-факторизации, начиная с определений структурных функций и партонной модели, и включая все основные уравнения эволюции КХД

Небольшая **вторая глава** включает описание основных экспериментальных методов и теоретических подходов к процессам рождения прямых фотонов и лептонных пар, а также имеющихся проблем.

В **Третьей главе** диссертации вычислены матричные элементы вне массовой оболочки подпроцессов, используемых в работе; выписаны их амплитуды, для наиболее простых подпроцессов приведены полные выражения для квадратов матричных элементов. Показано, что в приближении $k_T \rightarrow 0$ эти выражения совпадают с результатами стандартного коллинеарного подхода.

В **Четвертой главе** приведены численные результаты для дифференциальных и полных сечений рождения прямых фотонов и лептонных пар в подходе k_T -факторизации. Результаты сравниваются с экспериментальными данными коллабораций H1 и ZEUS, полученными на коллайдере HERA; CDF и DØ, полученными на коллайдере Tevatron; ATLAS и CMS, полученными на Большом адронном коллайдере. В пределах неопределенностей было получено хорошее описание большого набора экспериментальных данных. В частности, было получено лучшее описание экспериментальных данных коллабораций DØ и CDF по сравнению с результатами вычислений в NLO-приближении в рамках стандартного коллинеарного подхода.

В **Заключении**, в существенной части повторяющем введение, перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

К достоинствам работы можно отнести детальный расчет матричных элементов и сечений, как аналитический, так и численный для условий конкретных экспериментов, которые станут необходимым элементом дальнейших исследований в этом направлении. Полученные в диссертации М.А. Малышева результаты могут быть использованы для исследования различных процессов физики высоких энергий в НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, ГНЦ ИФВЭ, ИЯИ, ФИАН, и других институтах, а также в зарубежных научных центрах. Вычисленные в работе немассовые матричные элементы различных подпроцессов КХД могут быть включены в Монте-Карло генераторы для получения и анализа экспериментальных данных.

В процессе дальнейших исследований должны быть получены явно поперечные (что следует из сохранения электромагнитного тока, отмеченного в гл. 1) выражения для матричных элементов. Полученные в диссертации результаты обладают этим свойством лишь приближенно.

Несмотря на указанные недостатки, диссертация «Процессы рождения прямых фотонов и лептонных пар в подходе k_T -факторизации квантовой хромодинамики» удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением №842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор М.А. Малышев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы в ведущих научных журналах. Автореферат кратко отражает содержание диссертации.

Диссертация обсуждена и одобрена на семинаре "Физика адронов" Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ 28 марта 2014 г.

начальник сектора ЛТФ, доктор физ.-мат. наук.



О.В. Теряев

Директор ЛТФ, профессор



В.В. Воронов