

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный
научный центр Российской Федерации - Институт физики высоких энергий»
Национального Исследовательского Центра «Курчатовский институт»
(ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»)

25 марта 2016 г.

Заседание Диссертационного совета
Д 201.004.01 при Институте физики
высоких энергий (Протвино)
Протокол № 1-2016

**Стенограмма заседания диссертационного совета Д 201.004.01
от 25 марта 2016 года**

Защита диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Верхеевым Александром Юрьевичем
«Изучение процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных
струй в эксперименте DØ на Тэватроне»

Специальность: 01.04.23 - физика высоких энергий

Протвино 2016

Председательствующий: председатель Диссертационного совета Д 201.004.01 доктор физико-математических наук, профессор Тюрин Николай Евгеньевич.

Секретарь: ученый секретарь Диссертационного совета Д 201.004.01 кандидат физико-математических наук Рябов Юрий Григорьевич.

Всего членов совета: 22 человека. Присутствует: 21 человек.

На заседании присутствовали следующие члены Диссертационного совета Д 201.004.01:

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Тюрин Н.Е., | доктор ф.-м.н., 01.04.02 - председатель; |
| 2. Рябов Ю.Г., | к.ф.-м.н, 01.04.23 - учёный секретарь; |
| 3. Арбузов Б.А., | доктор ф.-м.н., 01.04.02; |
| 4. Балакин В.Е., | доктор ф.-м.н., 01.04.20; |
| 5. Герштейн С.С., | доктор ф.-м.н., 01.04.02; |
| 6. Денисов С.П., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; |
| 7. Зайцев А.М., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; заместитель председателя; |
| 8. Зайцев Ю.М., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; |
| 9. Иванов С.В., | доктор ф.-м.н., 01.04.20; |
| 10. Мочалов В.В., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; |
| 11. Качанов В.А., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; |
| 12. Образцов В.Ф., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; |
| 13. Петров В.А., | доктор ф.-м.н., 01.04.02; |
| 14. Петрухин А.А., | доктор ф.-м.н., 01.04.23; |
| 15. Пронько Г.П., | доктор ф.-м.н., 01.04.02; |
| 16. Саврин В.И., | доктор ф.-м.н., 01.04.02; |
| 17. Сенько В.А., | доктор ф.-м.н., 01.04.20; |
| 18. Ткаченко Л.М., | доктор ф.-м.н., 01.04.20; |
| 19. Трошин С.М., | доктор ф.-м.н., 01.04.02; |
| 20. Фещенко А.В., | доктор ф.-м.н., 01.04.20; |
| 21. Чесноков Ю.А., | доктор ф.-м.н., 01.04.20. |

Диссертационный совет Д 201.004.01 утвержден приказом по Федеральной службе по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от “11” апреля 2012 г. (вносились изменения приказами Минобрнауки России № 92.нк от 18 февраля 2013 года и № 421/нк от 28 апреля 2015 года) в составе 22 человек. На заседании присутствуют 21 член Совета из 22, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.23 - «физика высоких энергий», кворум имеется. На заседании также присутствует официальный оппонент Кирсанов Михаил Михайлович, кандидат физико-математических наук. Официальный оппонент Салеев Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор отсутствует по уважительной причине.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е., объявляет повестку дня: Здравствуйте! Сегодня первым вопросом на повестке дня – защита диссертации Александром Юрьевичем Верхеевым по теме «Изучение процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных струй в эксперименте DØ на

Тэватроне» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г. представляет документы, характеризующие соискателя: Соискатель – Верхеев Александр Юрьевич 1984 года рождения. В 2006 году окончил с отличием Самарский Государственный Университет, механико-математический факультет. С 2006 г. по 2015г. работал в должности младшего научного сотрудника, с 2015 г. по настоящее время работает в должности научного сотрудника в Международной межправительственной научно-исследовательской организации «Объединенный институт ядерных исследований» (ОИЯИ), Лаборатория ядерных проблем им. В.П. Дзелепова, группа №1 Научно-экспериментального отдела физики адронов.

Диссертация выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Дзелепова Объединенного института ядерных исследований. Научный руководитель – Скачков Николай Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, начальник группы Научно-экспериментального отдела физики адронов Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Предзащита диссертации прошла на семинаре Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, на котором диссертация рекомендовалась к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Диссертационная работа принята к защите 25 декабря 2015 г. (Протокол № 9-2015_2). Совет утвердил официальными оппонентами Салева Владимира Анатольевича, гражданина Российской Федерации, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры физики Федерального образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», г. Самара, Кирсанова Михаила Михайловича, гражданина Российской Федерации, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт ядерных исследований» Российской академии наук, г. Москва. Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (г. Москва). Официальный оппонент Салеев Владимир Анатольевич отсутствует по уважительной причине, его положительный отзыв представлен в диссертационный совет. У соискателя 92 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 4 работы, из них 3 работы общим объемом 52 печатные страницы опубликованы в рецензируемом международном научном издании Physical Review D. На защиту вынесены результаты, полученные лично автором, либо в соавторстве с его решающим участием. В деле имеются все документы, документы соответствуют требованиям ВАК.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: К Ученому секретарю есть вопросы? Нет вопросов? Тогда, Александр Юрьевич, вам слово для краткого сообщения.

Верхеев А.Ю.: Добрый день! Сегодня я хотел бы представить диссертацию на тему «Изучение процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных струй в эксперименте DØ на Тэватроне». Детальное понимание структуры адронов, а также сильного взаимодействия не возможно без экспериментальных исследований в области физики высоких энергий. Существует две основные задачи квантовой хромодинамики. Во-первых, это измерение известных процессов, а, во-вторых, реализация механизмов поиска новых частиц и Новой Физики. Как следует из названия, данная работа посвящена прямым фотонам. Прямые фотоны – это высокоэнергетические фотоны, которые рождаются при жёстком партон-партонном рассеянии. В силу того, что эти фотоны не распадаются и не подвергаются воздействиям электромагнитных деталей детекторов, то их применение может позволить получить уникальную информацию о партонной структуре адронов в протон-протонных столкновениях. В свою очередь, сейчас адронные струи достаточно хорошо изучены. Поэтому процессы с совместным рождением прямого фотона и струи являются ключами ко многим тестам КХД. Стоит также отметить, что такие процессы превосходят другие процессы по точности измерений. Хотелось бы также сказать, что несмотря на то, что прямые фотоны измеряются многие годы, но только в 2008 году появилась первая статья, посвященная изучению событий, содержащих фотон и ассоциированную струю в эксперименте DØ на Тэватроне, было измерено тройное дифференциальное сечение таких событий.

Целью данной работы является изучение инклюзивных процессов, в которых рождаются фотон и ассоциированные с ним адронные струи в pp - взаимодействиях при энергии 1.96 ТэВ в системе центра масс на коллайдере Тэватрон в эксперименте DØ, а также сравнение полученных результатов с теоретическими предсказаниями. Данная диссертация основана на трех работах, которые были опубликованы в журнале Physical Review D.

Несколько слов о Тэватроне и эксперименте DØ. Национальная ускорительная лаборатория им. Ферми находится в 60 км от Чикаго в США, в ней существовали два основных эксперимента CDF и DØ. На нижнем рисунке представлен детектор эксперимента DØ. Это многофункциональный детектор, состоящий из нескольких подсистем, каждая из которых оптимизирован для решения специфических задач. Так, например, трековая система необходима для восстановления координат вершины взаимодействия пучков; жидко-аргонный и урановый калориметр, используется для определения энергии частиц, а также мюонная система с большим акцептансом, которая используется для идентификации мюонов. Стоит также сказать, что за время своей работы эксперимент DØ набрал более 10 fb^{-1} уникальных протон-антипротонных данных.

Теперь перейдем к основному исследованию, оно заключается в измерении тройного дифференциального сечения процессов, содержащих прямой изолированных фотон, а также адронные струи. Как уже было сказано, инклюзивное рождение прямых фотонов в высокоэнергетичных адронных столкновениях является важным экспериментальным аппаратом КХД, позволяющим расширить наши представления о жёстких КХД взаимодействиях. Сочетание прямых фотонов с

адронными струями в конечном состоянии – расширяет этот аппарат и предоставляет новую инфо о структуре протонов (PDF). Существует два основных процесса, которые дают вклад в данные события – это комптоновский процесс и кварк-антикварк аннигиляция. Стоит отметить, что фрагментационные фотоны могут быть подавлены требованием изоляции. События с прямыми фотонами и струями являются фоном ко многим редким физическим процессам.

В измерении отбирались фотоны в центральной (CC) или передней (EC) частях калориметра, а также струи в одной из 4-х областей по быстроте. Стоит отметить, что в данной работе впервые рассматривались передние фотоны. Дополнительно рассматривались различные конфигурации быстрот фотона и струй. Таким образом мы измерили тройное дифференциальное сечение в 16 различных кинематических областях.

На данном слайде показана формула, в соответствии с которой мы измеряли сечение. Тройное дифференциальное сечение может быть выражено как отношение двух произведений. В числителе – произведение числа событий-кандидатов, удовлетворяющих критериям отбора, и доли сигнальных событий, которая называется пьюрити. В знаменателе – произведение интегральной светимости, кинематического и геометрического аксептанса, различных эффективностей (триггерная, эффективность отбора фотонов, струй). Полученное отношение мы должны нормировать на размеры интервалов импульса фотона и быстрот фотона и струи. Данная работа выполнена на большом объеме данных, порядка 9 фб^{-1} .

Ключевой частью данного исследования является определение доли сигнальных событий. Для этого вычисляются распределения выхода нейронной сети фотона в данных, сигнальной и фоновой моделях Монте-Карло (MC). Распределения, полученные в MC, фитируются к данным с помощью принципа максимального правдоподобия и извлекается доля сигнальных событий в каждом из интервалов по p_T фотона. В дальнейшем полученные значения в каждом из интервалов фитируются общей функцией. На данном рисунке представлен пример пьюрити с полными неопределенностями. Такие же результаты были получены для всех 16 областей. Пьюрити зависит от знака произведения быстрот, быстроты струи и p_T фотона.

Основные результаты представлены на этом слайде. На левом рисунке показаны основные источники систематики. Доминирующими источниками являются триггерная неопределенность, неопределенность при определении аксептанса и пьюрити. На правом рисунке представлены результаты – тройные дифференциальные сечения как функция p_T фотона для центральных фотонов и различных быстрот струй в случае, когда произведение быстрот фотона и струи положительное. Полученные результаты в данных сравниваются с предсказаниями NLO теории, полученной с помощью JetPhox MC генератора. Из рисунка видно, что, в общем, величины дифференциальных сечений изменяются на 6 порядков. Систематическая неопределенность изменяется в интервале от 8% до 23% в зависимости от области и p_T фотона. Статистическая неопределенность достигает 18% при больших p_T фотона.

Здесь представлены отношения измеренных тройных дифференциальных сечений в данных к NLO теории. Черными точками представлено сравнение данных с JetPhox. Также рассматриваются отношения различных структурных функций. Две зеленые пунктирные линии отображают эффект изменения теоретической шкалы. Желтая область отображает асимметричную неопределенность из-за выбора различных структурных функций. Данные результаты представлены для центральных фотонов и различных областей струи. Стоит отметить, что в общем полученные сечения согласуются с NLO теорией за исключением малых и высоких p_T в случае очень передних струй. Эти различия говорят о том, что необходимы дополнительные исследования в КХД.

Предлагаю перейти к следующему исследованию, которое было посвящено изучению мультипартоновых взаимодействий. Основная цель данной работы заключалась в получении новой информации о свойствах жестких событий с мультипартоновыми взаимодействиями (МПВ). Отметим, что доля двойных партоновых взаимодействий (ДПВ) в pp столкновениях напрямую связана с формой пространственного распределения партонов внутри нуклона, которая остается мало изученной. Такие события могут быть существенным фоном для редких процессов. Данная работа посвящена измерению дифференциального сечения по азимутальному углу, переменной чувствительной к кинематике МПВ, в событиях, содержащих фотон и 3(2) струи, которые могут использоваться для настройки теоретических моделей с МПВ, особенно в случае больших поперечных импульсов струй.

На левом рисунке представлена переменная dS , по которой мы измеряли дифференциальные сечения – это азимутальный угол между двумя векторами, сбалансированными по p_T . На верхней части правого рисунка представлены результирующие сечения и различные теоретические модели. Мы рассмотрели наборы мультипартоновых моделей и 2 модели без МПВ, сгенерированные с помощью Pythia и Sherpa. На нижней части рисунка представлены отношения данных к теории. Подобные результаты были получены в четырех областях. Стоит сказать, что ДПВ модели существенно отличаются от предсказаний без МПВ, особенно это заметно в области малых углов, где отношение данных к теории достигает фактора два. Большая разница между моделями без МПВ и данными подтверждает наличие ДПВ.

Следующая часть работы посвящена определению эффективного сечения в событиях, содержащих фотон и три струи. Сечение событий с двойным партоновым взаимодействием прямо пропорционально сечениям двух процессов А и В, нормализованное на некоторый масштабирующий параметр, измеряемый в единицах сечения. Отношение σ_B к σ_{eff} может быть интерпретировано как вероятность происхождения второго партонового процесса В при условии, что процесс А уже произошел. В общем смысле, σ_{eff} – это фактор, который характеризует размер эффективной области взаимодействия, а также содержит информацию о пространственной плотности партонов. Так при равномерном распределении партонов в протоне σ_{eff} большое, а сечение ДПВ мало, и наоборот

при высокой концентрации пространственной плотности значение σ_{eff} мало и, следовательно, сечение двойных партонных взаимодействий большое.

Ко времени выпуска работы были известны семь измерений, посвященных изучению двойных партонных взаимодействий. В первых трех измерениях (AFS, UA2, CDF) использовались события с четырьмя струями в конечном состоянии. В последней работе CDF в 1997 использовались события с фотон + 3 струи в конечном состоянии. Спустя 13 лет эксперимент DØ повторил работу CDF. Стоит отметить, что DØ обладал статистикой в 60 раз больше, что позволило отобрать более чистые фотоны, а также струи, которые подверглись коррекции энергетической шкалы.

Главной задачей данной работы являлся поиск ответа на вопрос: существует ли зависимость эффективного сечения от аромата начального партона. Для этого мы рассмотрели два случая. В первом случае рассматривались события, в которых в конечном состоянии рождаются фотон и три струи, а во втором - события, в которых лидирующая струя рождается из тяжелого кварка (b или c).

На данном слайде представлены результаты. Используя информацию о количестве событий с ДПВ, событий с двойными взаимодействиями, о величинах эффективностей отбора событий, аксептанса, были определены значения σ_{eff} в двух конечных состояниях. Полученные результаты согласуются друг с другом в пределах ошибок и с предыдущими измерениями на Тэватрон и БАК. Стоит отметить, что при сигнатуре фотон и три струи было получено самое точное, на сегодняшний день, значение эффективного сечения. Нами не были обнаружены существенные различия между двумя случаями, что можно трактовать как отсутствие зависимости эффективного сечения от аромата начального партона.

Разрешите представить **основные положения, выносимые на защиту:**

- 1) Впервые выполнено измерение тройного дифференциального сечения $d^3\sigma/dp_T^\gamma dy^\gamma dy^{\text{jet}}$, где p_T^γ - поперечный импульс фотона, а y^γ - его быстрая и y^{jet} - быстрая струи в $\gamma + 1 \text{ jet} + X$ событиях в 16 различных кинематических областях: $|y^\gamma| < 1.0$ или $1.5 < |y^\gamma| < 2.5$; $|y^{\text{jet}}| < 0.8$, $0.8 < |y^{\text{jet}}| < 1.6$, $1.6 < |y^{\text{jet}}| < 2.4$ или $2.4 < |y^{\text{jet}}| < 3.2$ с использованием $L = 8.7 \text{ фб}^{-1}$. Также осуществлено сравнение полученных результатов с теоретическими предсказаниями. Проведенные исследования увеличили точность измерения процессов с рождением прямых фотонов.
- 2) Полученные впервые наборы $\gamma + 3 \text{ jet}$ и $\gamma + 2 \text{ jet}$ данных были использованы для измерения дифференциальных сечений как функций азимутальных углов в четырёх интервалах по поперечному импульсу второй струи, $(1/\sigma^{\gamma 3j})d\sigma^{\gamma 3j}/d\Delta S$ и $(1/\sigma^{\gamma 2j})d\sigma^{\gamma 2j}/d\Delta\varphi$, а также для тестирования различных наборов PDF.
- 3) Впервые, используя события, содержащие струю, произошедшую из тяжелого кварка, $\gamma + b/c + 2 \text{ jet}$, было измерено значение эффективного сечения σ_{eff} . Также, впервые было установлено, что зависимости σ_{eff} в процессах $\gamma + 3 \text{ jet}$ и $\gamma + b/c + 2 \text{ jet}$ от начального аромата партона не существует.

По полученным результатам были опубликованы 3 реферируемые статьи и одна статья в трудах Балдинской конференции. Далее перечислены российские и международные конференции и научные школы, на которых я лично представлял результаты.

Большое спасибо за внимание!

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Спасибо. Вопросы, пожалуйста.

Петров В.А., член Диссертационного совета ИФВЭ: У меня вопрос такой. Зависит ли эффективное сечение от кинематических переменных, например, полная энергия?

Верхеев А.Ю.: Судя по полученным экспериментальным результатам, мы предполагаем, что эффективное сечение не зависит от кинематических регионов.

Петров В.А., член Диссертационного совета ИФВЭ: Т.е. предполагаете?

Верхеев А.Ю.: Да, из тех результатов, которые были получены.

Петров В.А., член Диссертационного совета ИФВЭ: Какие значения, какой порядок эффективных сечений?

Верхеев А.Ю.: Эффективное сечение в процессах фотон + 3 струи равно 12.7 пб, в процессах, содержащих фотон + тяжелая струя + 2 струи, эффективное сечение равно 14.6 пб, в предыдущей работе 2009 года было определено значение эффективного сечения 16.4 пб. Все результаты согласуются между собой с учетом неопределенностей.

Петров В.А., член Диссертационного совета ИФВЭ: А выбор неопределенности масштаба как-либо влияет на значение эффективного сечения?

Верхеев А.Ю.: При определении эффективного сечения мы используем только данные, а не теоретические предсказания. Это является плюсом данного метода. Мы извлекаем σ_{eff} из отношения чисел событий с двойными взаимодействиями и ДПВ.

Петров В.А., член Диссертационного совета ИФВЭ: Хорошо.

Трошин С.М., член Диссертационного совета ИФВЭ: Вы сказали о том, что эффективное сечение может зависеть от того как распределены партоны и от сечения двойных партонных событий.

Верхеев А.Ю.: Теоретически, зная эффективное сечение, мы можем получить информацию о том, как распределены партоны в протоне.

Трошин С.М., член Диссертационного совета ИФВЭ: Причем, если распределение равномерное, то σ_{eff} растёт, а сечение ДПВ падает. Почему? Сходу так не понятно.

Верхеев А.Ю.: Если партоны в протоне располагаются плотно друг к другу, то с большей вероятностью будут происходить двойные партонные взаимодействия, чаще будет происходить взаимодействие двух пар кварков и эффективное сечение

будет падать. Соотношение между эффективным сечением и сечением ДПВ задается экспериментальной феноменологической формулой.

Трошин С.М., член Диссертационного совета ИФВЭ: Хорошо. Спасибо.

Зайцев А.М., член Диссертационного совета ИФВЭ: Вопрос такой. У Вас была показана частота. Я так понял из доклада, что эта картинка была получена из МС?

Верхеев А.Ю.: Нет. Мы имеем данные, а также мы имеем модели для сигнала (фотон + струя) и фона (дайджет), полученные на МС. Потом мы берем распределения выхода нейронной сети на моделях и фитируем их к распределению нейронной сети в данным. С помощью принципа максимального правдоподобия извлекается доля сигнальных событий в данном бине. Затем полученные значения фитируются общей кривой.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Почему Вы уверены, что МС правильно описывает данные? Насколько правильно МС описывает фон? Чем это доказано?

Верхеев А.Ю.: Во-первых, мы сравнивали кинематические распределения дайджетов в МС с электромагнитными струями в данных. А во-вторых, рассматривали различные источники систематики. Например мы использовали разные фрагментационные фоновые модели, реализованные в Pythia. Мы варьировали доли π^0 и η -мезонов в модели, получали новые шаблоны и пересчитывали новые значения пьюрити. Разницу в значениях брали в качестве систематики.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Спасибо.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Еще есть вопросы?

Денисов С.П., член Диссертационного совета ИФВЭ: У меня такой вопрос. Вы ссылаетесь на три основные работы, которые опубликованы в Physical Review D. В каждой из этих работ примерно по 700 авторов. В DØ есть понятие праймери автор или первичный, вот хотя бы в одной из работ вы были праймери автором?

Верхеев А.Ю.: Да, я являюсь автором порядка 90 работ, но праймери автором – 6 работ и 3 из них выносятся на защиту. Есть подтверждение от руководства коллаборации.

Денисов С.П., член Диссертационного совета ИФВЭ: Спасибо.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Когда говорят про струи обычно сообщают как эти струи были определены (алгоритм, конус и т.д.). И более того, всё что дальше следует за этим зависит от этих определений. Как у вас определена струя?

Верхеев А.Ю.: Мы использовали сертифицированное программное обеспечение, которое применяется в эксперименте DØ. Отбирали струи с помощью конусного алгоритма с радиусом конуса 0.7 (в случае тяжёлых струй рассматривался конус с радиусом 0.5). Использовали готовые коррекции энергетической шкалы струи,

определенные $D\emptyset$. Лично мы работали с уже сформированными струями и сами струи не восстанавливали.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Еще тогда вопрос на эту тему. Когда такие вещи обсуждаются, для демонстрации показывают баланс поперечных импульсов между гамма-квантом и струи. Вот такой картинки у вас нет?

Верхеев А.Ю.: Здесь нет, но когда мы работали над измерением тройного дифференциального сечения, мы рассматривали такие распределения – угол $d\phi$ между фотоном и струей. Данные события хорошо упорядочены, т.е. являются back-to-back. Однако в качестве ката такой критерий мы не использовали в силу ограничения по статистике в некоторых областях, но мы проверяли, что включение или выключение такого ката сильно на результаты не влияет.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Так, спасибо! Теперь давайте предоставим слово научному руководителю Николаю Борисовичу Скачкову. Пожалуйста.

Научный руководитель Скачков Н.Б.: Коротко, первое, во всех работах Александр был праймери автором. Эти работы мы начинали нашей группой еще при проектировании CMS, затем они были применены в эксперимента $D\emptyset$. Саша проявил себя и как физик, и как программист. Наша задача была внести вклад в поиски бозона Хиггса. И вот чего мы добились – нами была поднята тема двойных партонных взаимодействий на примере событий, содержащих фотон и струи, были предложены переменные, чувствительные к кинематике ДПВ. Я считаю, что Александр проделал замечательную работу.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Николай Борисович, то есть Вы считаете, что диссертант заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук?

Научный руководитель Скачков Н.Б.: Да. Спасибо.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Теперь переходим к оглашению письменных отзывов. Юрий Григорьевич, пожалуйста.

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г. зачитывает заключение организации, где была выполнена работа – ОИЯИ (заключение прилагается).

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г. зачитывает заключение ведущей организации – ФИАН (отзыв прилагается).

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Давайте к замечаниям.

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г.: Замечания. Чистоту анализа можно было бы повысить, требуя противонаправленности струи и прямого гамма-кванта. Вопрос энергетического разрешения струй, который особенно важен при малых поперечных импульсах, заслуживает более подробного обсуждения. Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы в целом.

Ведущая организация дала положительный отзыв на диссертацию.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Спасибо, Юрий Григорьевич. Александр Юрьевич, у вас есть, что ответить на эти замечания?

Верхеев А.Ю. отвечает на замечания: На первое замечание про $d\phi$ угол между фотоном и струей я ответил ранее.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Ну а со вторым надо согласиться.

Верхеев А.Ю.: Да, соглашаюсь.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Теперь переходим к отзывам официальных оппонентов. Первый официальный оппонент из Самарского университета Владимир Анатольевич Салеев отсутствует.

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г. Николай Евгеньевич, есть его положительный отзыв.

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г. зачитывает отзыв официального оппонента Салева В.А. (отзыв прилагается).

Замечания: Работа написана ясно и последовательно. В качестве замечания, хотелось бы отметить следующее: одним из результатов работы является извлечение параметра σ_{eff} , который определяет абсолютную величину вклада двойного партонного рассеяния (ДПР) в процессах ассоциативного рождения фотона и двух или трех струй. Абсолютный вклад ДПР определяется как разность между экспериментально измеренным сечением (или спектром) и теоретическим предсказанием, полученным в модели одиночного партонного рассеяния (ОПР) в том или ином приближении. Для процессов 2 в 2 частицы теоретические результаты в модели ОПР получены на уровне точности следующего за лидирующем приближения пертурбативной КХД, а для процессов 2 в 3 и 2 в 4 только в лидирующем приближении КХД. Известно, что поправки от следующего приближения теории возмущений КХД могут быть большими. Насколько обоснованно в этом случае полученное значение σ_{eff} ? В работе исследуется вклад от ОПР и ДПР только в приближении коллинеарной партонной модели, однако известно, что при высоких энергиях могут быть важны эффекты неколлинеарной динамики партонов (kt -факторизация или факторизация при высоких энергиях), которые дают вклад в той же кинематической области, что ДПР, например, в области больших азимутальных углов между конечными струями или струей и фотоном. Представляет большой интерес для проверки адекватности коллинеарного и неколлинеарного приближений анализ экспериментальных данных в таких переменных, которые бы смогли помочь разделить вклады ДПР в коллинеарном приближении и ОПР с неколлинеарной динамикой партонов.

Салеев В.А. дал положительный отзыв на диссертацию.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Так, ваше слово, Александр.

Верхеев А.Ю. отвечает на замечания: Я хотел бы прокомментировать процедуру определения эффективного сечения, которая основана на работе CDF 1997 года. Долю двойных партонных событий мы фактически находили из данных с помощью моделей. У нас было две модели: одиночные партонные взаимодействия (строили из MC Sherpa и Pythia) и двойные партонные взаимодействия (модель строили на основе данных). Таким образом для определения доли ДПВ использовались данные, а не теоретические предсказания.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Спасибо. Так вторым официальным оппонентом у нас был утвержден Михаил Михайлович Кирсанов из ИЯИ РАН. Пожалуйста.

Выступает официальный оппонент Кирсанов М.М.: Я выборочно озвучу отзыв. Далее Кирсанов М.М. зачитывает отзыв (отзыв прилагается).

Замечания. По содержанию работы, в основном по тексту диссертации, есть несколько замечаний. Первая группа замечаний относится к тому, что в диссертации отсутствует информация о нескольких важных моментах работы и свойствах детектора и коллайдера.

1) При описании измерения дифференциального по p_T сечения не упоминается анфолдинг. Неясно, применялся ли он, и если нет, то почему.

2) Замечание, связанное с предыдущим. При описании калориметра приводится общая формула для разрешения по энергии, но сами разрешения не приводятся. Также не приводится разрешение по измеренной энергии и по углу гамма. Поэтому трудно оценить насколько важен анфолдинг. Также, впервые показано, что, несмотря на разницу в массах между

3) Полностью отсутствует описание организации программного обеспечения детектора D0.

4) Полностью отсутствует описание моделирования прохождения частиц через детектор и отклика детектора. Невозможно даже понять, использовался ли GEANT3 или GEANT4, ссылка сделана на оба пакета. Между тем в работе широко применялись именно результаты симуляции для определения ряда поправок.

5) Определение светимости, которое дано в диссертации, неполное, в частности не видно от чего она зависит.

6) Некоторые понятия используются без предварительного определения, например масштабированный (prescaled) триггер.

Минимальная информация по пунктам, указанным выше, заняла бы 3 – 5 страниц, что немного по сравнению с общим объемом диссертации. Следующая группа замечаний связана с языком диссертации. Возможно эта проблема возникла из-за использования автоматического переводчика.

1) Некоторые слова не переведены, например фракция (по-русски доля).

2) Некоторые слова переведены неправильно (“наборы”, нужно “выборки”).

3) Порядок слов во многих местах английский вместо русского.

4) Встречается жаргон, например “при использовании интегральной светимости” (нужно: “при использовании данных, соответствующих интегральной светимости”).

5) Некоторые другие ошибки в переводе и опечатки.

Кирсанов М.М. дал положительный отзыв на диссертацию.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Спасибо большое, Михаил Михайлович. Так, ну Вам теперь слово.

Верхеев А.Ю. отвечает на замечания: С большими замечаниями я согласен. Я хотел бы прокомментировать про анфолдинг. В первой работе по измерению тройного дифференциального сечения мы не использовали анфолдинг, потому что размер p_T интервалов фотона был выбран так, чтобы они (интервалы) были больше, чем разрешение по поперечному импульсу, обеспечивая тем самым то, что более 80% событий на уровне частиц остаются в том же p_T интервале после реконструкции фотонов. Потом, да, я не привел значений разрешения калориметра в диссертации, и сейчас я на слайд скопировал рисунки из статьи про детектор DØ с искомыми величинами. Разрешение по поперечному импульсу при наших энергиях (p_T фотона больше 20 ГэВ) достигает 4%.

Официальный оппонент Кирсанов М.М.: Какое все же соотношение между шириной бина и разрешением по импульсу.

Верхеев А.Ю.: Мы построили двухмерную матрицу по поперечному импульсу фотона на уровне генерации и реконструкции частиц. Размеры интервалов имеют разные значения и подбирались так, чтобы порядка 80% событий находились по диагонали.

Официальный оппонент Кирсанов М.М.: Хорошо.

Верхеев А.Ю.: Несколько слов про описание моделирования прохождения частиц. Образцы событий, полученные с использованием различных MC генераторов, проходили через полное моделирование детектора DØ и восстанавливались с помощью алгоритмов, применяемых для отбора реальных данных. Программа GEANT (в первых работах использовался GEANT3, в более поздних GEANT4) использовалась для полного моделированием отклика детектора DØ, пропуская сгенерированные частицы через модель детектора DØ и имитируя их взаимодействие с веществом детектора.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Закончили? Михаил Михайлович, можно продолжать?

Официальный оппонент Кирсанов М.М.: Да, спасибо.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Теперь переходим к общей дискуссии. Есть ли желающие выступить? Сергей Петрович, у Вас ничего не будет?

Денисов С.П., член Диссертационного совета ИФВЭ: Мне кажется, что очень хорошая работа и я предлагаю поддержать при голосовании.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Позвольте мне сказать, поскольку я участвую в ATLAS, что представленная

тематика по исследованию мультипартонных взаимодействий была актуальной, является актуальной и будет актуальной. Озвученные работы известны, работы цитируются. Поэтому предлагаю поддержать при голосовании.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Спасибо, ещё есть какие высказывания? Если нет, то, пожалуйста, Вам заключительное слово.

Верхеев А.Ю.: Я, в первую очередь, хочу поблагодарить Диссертационный совет, который согласился принять на рассмотрение мою диссертацию по специальности физика высоких энергий. Также я хотел бы поблагодарить научного руководителя и сказать официальным оппонентам большое спасибо.

Председатель Диссертационного совета, Тюрин Н.Е.: Так, хорошо, теперь мы должны выбрать счетную комиссию. В комиссию избираются члены Диссертационного совета Петров В.А., Трошин С.М., Мочалов В.В. Переходим к голосованию.

Объявляется перерыв для проведения тайного голосования. После перерыва.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Товарищи, предлагаю занять места для оглашения результатов голосования. Слово предоставляется председателю комиссии Петрову В.А.

Слушали сообщение председателя счетной комиссии доктора физ.-мат. наук Петрова В.А. о результатах тайного голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук:

На заседании присутствовал 21 член совета. Роздано бюллетеней - 21. Остались неиспользованными - 0 бюллетеней. При вскрытии урны обнаружено: 21 бюллетень.

Результаты голосования: «за» 21 (двадцать один); «против» 0 (ноль); недействительных бюллетеней 0 (ноль).

Поздравляю!

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Поздравляю с успешной защитой. Возражения есть какие? Замечания? Нет. Тогда позвольте считать этот протокол утвержденным и перейти к последнему вопросу. Это проект Заключения о научном значении диссертации. Проект Заключения лежит на столах. Какие замечания у членов Диссертационного совета?

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г.: Есть маленькое замечание. На последней страниц Заключения заменить «полученные результаты не противоречат результатам экспериментов на Тэватроне и БАК» на «полученные результаты не противоречат результатам других экспериментов на Тэватроне и БАК».

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Да, хорошо.

Ученый секретарь Диссертационного совета Рябов Ю.Г.: Подправить несколько опечаток и всё.

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Хорошо, но всё же существенные замечания есть?

Денисов С.П., член Диссертационного совета ИФВЭ: Да, предлагаю изменить общую фразу «Все проведенные исследования, вынесенные на защиту, выполнены при определяющем участии соискателя». Это достаточно общая фраза. Мне кажется будет более весомым, если указать, что во всех представленных работах соискатель входил в число основных авторов, которые внесли основной вклад в исследование.


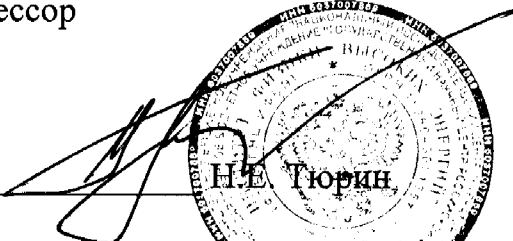
Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Спасибо, Сергей Петрович, это важное замечание. Тогда, если нет других замечаний, давайте проведем открытое голосование по проекту с учетом высказанных замечаний.

Постановили:


Открытым голосованием (единогласно) Диссертационный совет с учетом сделанных замечаний принимает Заключение о научном значении диссертационной работы Верхеева А.Ю. (Заключение прилагается).

Зайцев А.М., заместитель председателя Диссертационного совета ИФВЭ: Александр Юрьевич, поздравляем Вас еще раз и желаем успехов! Спасибо!

Председатель
Диссертационного совета
доктор физико-математических наук,
профессор



Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат физико-
математических наук



Ю.Г. Рябов