

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ)

Заседание Диссертационного совета Д 201.004.01

25 июня 2020 г.

Протокол № 2020-5

Стенограмма заседания Диссертационного совета Д 201.004.01

Защита диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук Черемушкиной Евгенией Вадимовной

«Поиск возбужденных электронов и дибозонных резонансов в конечном состоянии с лептоном, нейтрино и струями на детекторе ATLAS на LHC»

по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий

Председатель: председатель Диссертационного совета Д 201.004.01

д.ф.-м.н., профессор, Тюрин Николай Евгеньевич.

Секретарь: учёный секретарь Диссертационного совета Д 201.004.01

к.ф.-м.н. Рябов Юрий Григорьевич.

Всего членов совета: 22 человека.

Присутствует: 19 человек.

На заседании присутствуют следующие члены Диссертационного совета Д 201.004.01:

1. Тюрин Н.Е., доктор ф.-м.н., 01.04.02 - председатель;
2. Зайцев А.М., доктор ф.-м.н., 01.04.23 - заместитель председателя;
3. Рябов Юрий Григорьевич, канд. ф.-м.н, 01.04.23 - ученый секретарь диссовета;
4. Арбузов Б.А., доктор ф.-м.н., 01.04.02;
5. Герштейн С.С., доктор ф.-м.н., 01.04.20;
6. Денисов С.П., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
7. Зайцев Ю.М., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
8. Иванов С.В., доктор ф.-м.н, 01.04.20;
9. Качанов В.А., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
10. Козуб С.С., доктор ф.-м. н., 01.04.20;
11. Мочалов В.В., 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. Разумов А.В., доктор ф.-м. н., 01.04.02;

15. Саврин В.И., доктор ф.-м.н, 01.04.02;
16. Сенько В.А., доктор ф.-м.н, 01.04.20;
17. Ткаченко Л.М., доктор ф.-м.н., 01.04.20;
18. Трошин С.М., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
19. Чесноков Ю.А., доктор ф.-м.н., 01.04.20.

Диссертационный совет Д 201.004.01 утверждён приказом по Федеральной службе по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от 11 апреля 2002 года в составе 22-х человек. На заседании присутствуют 19 членов совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий, кворум имеется. На заседании присутствует также официальный оппонент кандидат физ.-мат. наук Кирсанов Михаил Михайлович.

Тюрин Н.Е.: объявляет повестку дня: Черемушкина Евгения Вадимовна. Тема ее диссертации – «Поиск возбужденных электронов и дибозонных резонансов в конечном состоянии с лептоном, нейтрино и струями на детекторе ATLAS» на соискание ученой степени кандидата наук по специальности – физика высоких энергий.

Юрий Григорьевич, пожалуйста.

Рябов Ю.Г. представляет материалы по диссертации: Черемушкина Евгения Вадимовна, 1988 года рождения, в 2016 году окончила нашу (НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ) аспирантуру, работает младшим научным сотрудником в Отделении экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ. Диссертация выполнена в Отделении экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук ведущий научный сотрудник Отделения экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ Мягков Алексей Григорьевич.

Официальные оппоненты Снигирев Александр Михайлович, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник НИИЯФ МГУ, и Кирсанов Михаил Михайлович, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Института Ядерных Исследований РАН, Троицк. Ведущая организация – Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна).

У соискателя имеются четыре опубликованных работы по теме диссертации. Все работы, вошедшие в диссертацию, выполнены при определяющем вкладе соискателя.

Тюрин Н.Е.: Нет вопросов по этим документам? Евгения Вадимовна, вам слово для сообщения, пожалуйста.

Черемушкина Е.В.: Здравствуйте коллеги. Я представляю вашему вниманию материалы диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме «Поиск возбужденных электронов и дибозонных резонансов в конечном состоянии с лептоном, нейтрино и струями на детекторе ATLAS на Большом адронном коллайдере».

Цель моей диссертационной работы совпадает с ее названием. И для достижения цели передо мной были поставлены следующие задачи: это выбор и обоснование полулептонного конечного состояния для поиска возбужденных электронов, моделирование сигнальных наборов данных, оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий, оценка вклада фоновых процессов, выбор дискриминирующих переменных и построение сигнальных, контрольных и проверочных областей, оценка систематических неопределенностей и проведение статистического анализа с целью получения ограничений на параметры модели возбужденных электронов. И кроме того, оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий в поиске дибозонных резонансов.

В поиске возбужденных электронов в качестве сигнальной модели использовалась модель составленности, предложенная в 1990 году Бауром, Шпиром и Зервасом для адронных коллайдеров, в которой наблюдаемые фермионы являются связанными состояниями гипотетических преонов. Подобные модели составленности призваны решать проблему иерархии, то есть наличия трех поколений фермионов и разницы их масс. В этой модели введены два свободных параметра: масса возбужденного фермиона, которая не превышает масштаб составленности, Λ . Рождение возбужденного электрона возможно как одиночное, так и парное через вершину контактного или калибровочного взаимодействия. В данной работе рассмотрено одиночное рождение возбужденного электрона через контактную вершину с обычным электроном. И распад возможен также через контактную вершину или калибровочную. И в данной работе исследован распад возбужденного электрона в нейтрино и W -бозон, который в дальнейшем распадается по адронному каналу, и реконструируем мы в детекторе струи. Выбор этого конечного состояния обусловлен его наибольшим вкладом для малых масс возбужденных электронов. На больших массах возбужденного электрона преобладает вклад от канала распада через контактную вершину в электрон и два кварка. И данный канал распада анализировался коллегами из Института физики высоких энергий. И в дальнейшем, результаты обоих анализов были скомбинированы для получения наиболее жестких ограничений на параметры модели возбужденного электрона.

В поиске дибозонных резонансов использовались две сигнальные модели. Первая – расширенная модель Рэндалл-Сандрума, в которой вводится пятое дополнительное искривленное измерение. И в ней присутствуют две браны: ТэВ-ная – на которой расположен наш мир, то есть стандартно модельные частицы и взаимодействия, и планковская брана, на которой сосредоточена гравитация. И такая модель призвана решать проблему иерархии, то есть объяснить слабость наблюдаемого гравитационного взаимодействия на ТэВ-ной бране. Для этой модели мы рассматриваем распад гравитона Калуца-Клейна в два W -бозона. Вторая модель – это расширенная калибровочная модель, в которой возникает тяжелый векторный триплет. В нем мы рассматривали тяжелый W -бозон, распадающийся на W - и Z -бозоны. В обоих распадах в дальнейшем один W -бозон распадается в лептонном канале, и второй W - или Z -бозон распадается в адронном канале.

Оба поиска были выполнены на детекторе ATLAS, который является одним из многоцелевых установок на Большом адронном коллайдере. Он состоит из трех основных подсистем: внутренний трековый детектор, калориметры и мюонный спектрометр. Введена правая декартова система координат с осью x , направленной внутрь кольца. Переходя в сферическую систему координат, обозначу две переменные: псевдобыстрота, равная отрицательному логарифму тангенса угла θ пополам, и пространственная переменная $\Delta R = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2}$.

В поиске возбужденных электронов использовались данные, набранные за 2015-2016 года в столкновениях протон-протонов с энергией в системе центра масс 13 ТэВ. Полная интегральная светимость данных – 36.1 фб⁻¹. В поиске дибозонных резонансов использовались данные, набранные в 2012 году с энергией в системе центра масс протонов – 8 ТэВ с интегральной светимостью 20.6 фб⁻¹. Моделирование основных фоновых процессов, а именно, процесс рождение W - и Z -бозонов со струями, рождение пары $t\bar{t}$ кварков, одиночного t -кварка и дибозонов, производилось стандартными генераторами, которые рекомендованы коллаборацией ATLAS. Отдельно моделировались для поиска возбужденных электронов сигнальные наборы данных генератором Pythia8 с фиксированным масштабом составленности, лямбда, равным 5 ТэВ и для масс от 100 ГэВ до 4 ТэВ. И далее все полученные сигнальные наборы данных верифицировались с помощью построения распределений по различным кинематическим переменным на уровне генератора. Кроме того, все сигнальные и фоновые смоделированные события проходят полную симуляцию детектора ATLAS, и поправляются на полный вес события.

Первичный отбор проходят только события с полной информацией, имеющие первичную вершину с двумя или тремя треками для возбужденных электронов или дибозонных резонансов. Далее в поиске дибозонных резонансов в событии требовался ровно один электрон или один мюон и как минимум две мягкие струи с малым радиусом или как минимум одна коллимированная струя большого радиуса и потерянная поперечная энергия больше 30 ГэВ. В поиске возбужденных электронов требовался ровно один электрон в событии и как минимум одна бустированная струя большого радиуса с потерянной поперечной энергией больше 100 ГэВ.

После первичного отбора основными фоновыми процессами оказываются для поиска возбужденных электронов процесс рождения W -бозона со струями и рождение пары $t\bar{t}$ кварков. В таблице учтены все статистические и систематические неопределенности, и события поправлены на полный вес с учетом интегральной светимости. В нижней таблице показан основной фон для поиска дибозонных резонансов – это процесс рождения W -бозона со струями.

Поисковый анализ основан на вычислении числа событий в областях фазового пространства, которые формируются путем наложения ограничений на дискриминирующие переменные. Для оценки основных фоновых процессов строятся отдельные (для каждого из них) контрольные области, где доминирует один фоновый процесс, остальные подавлены и сигнальные процессы тоже подавлены. И производится поправка этого фонового процесса к данным. Далее анализ делается «вслепую», поэтому строятся проверочные области, которые не пересекаются с сигнальными и контрольными областями, но максимально близко к ним располагаются в терминах фазового пространства. И далее строится сигнальная область, где доминирует сигнальный процесс, но при этом мы наблюдаем ненулевое количество фоновых событий. Так вот, в поиске возбужденных электронов были выбраны следующие дискриминирующие переменные: инвариантная масса коллимированной струи, поперечная масса системы нейтрино и W -бозона и модуль угла между электроном и потерянном поперечным импульсом. А в дибозонах использовались дискриминирующие переменные: инвариантная масса струи или струй, поперечный импульс струй, поперечный импульс лептона и нейтрино и угол между лидирующей в событии струей и потерянном поперечным импульсом.

Далее в поиске возбужденных электронов производилось построение сигнальных областей с помощью максимизации модифицированного критерия значимости. Были проверены три различные комбинации дискриминирующих переменных, и последняя была выбрана как наиболее эффективная для качественного разделения сигнала и фона: ограничение снизу на модуль угла между электроном

и потерянными поперечным импульсом, ограничение снизу и сверху на поперечную массу нейтрино и W -бозона. Таким образом мы получили 9 сигнальных областей, причем, после массы, равной 1 ТэВ все сигнальные гипотезы объединены в одну сигнальную область.

Так выглядят дискриминирующие переменные после первичного отбора. Наверху – инвариантная масса струи, внизу слева – поперечная масса нейтрино и W -бозона и угол между электроном и потерянными поперечным импульсом. Что здесь отражено: каждый бин показывает комбинацию фоновых процессов (предсказания Стандартной модели) и наши наблюдаемые числа из данных, и каждый бин соответствует конкретной сигнальной области. Числа событий здесь показаны после фита в контрольных областях для основных фоновых процессов, соответствующих данной сигнальной области.

Далее показано как были построены контрольные и проверочные области. То есть, сигнальные, контрольные и проверочные области совпадают по всем кинематическим переменным за исключением, в нашем случае, инвертирования условия на количества b -струй, так в сигнальной и W контрольной области мы требуем вето на b -струи и в $t\bar{t}$ контрольной области – как минимум две b -струи, и инвариантную массу струи, в сигнальной области она должна попадать в область массы W -бозона и для контрольных областей мы инвертируем это условие, чтобы она попадала в интервалы вне массы W -бозона. Таким образом, для надежности оценки фона мы синхронизировали сигнальные области с контрольными, и получили по 9 сигнальных и по 9 контрольных и проверочных областей для каждого фона (доминирующего).

Что касается анализа дибозонов, там использовались три сигнальные области: с двумя разрешенными в детекторе струями малого радиуса и малым поперечным импульсом больше 30 ТэВ, далее промежуточная область также с двумя разрешенными в детекторе струями, но большим импульсом – больше 80 ТэВ, и одной коллимированной тяжелой струей большого радиуса с поперечным импульсом больше 400 ТэВ. Для каждой массовой точки были вычислены эффективности каждой из сигнальных областей. И для каждой из этих точек учитывались только те области, которые вносят не менее 10% в общую эффективность.

Систематические неопределенности, которые были учтены в обоих поисках, можно разделить по источникам на экспериментальные и теоретические. И в экспериментальных источниках были учтены такие, например, как измерение интегральной светимости, расчет эффективности триггирования, реконструкции, идентификации, изоляции лептонов, также калибровки энергетической шкалы

для лептонов, струй, потерянного поперечного импульса, мечение b -струй, расчет для переменных струй поперечного импульса и массы, и также статистическая ограниченность смоделированных данных в контрольных и сигнальных областях. А к теоретическим источникам относятся такие, как моделирование фоновых и сигнальных данных, вариации PDF (функция распределения партонов), а также выбор конкретного генератора.

Статистический анализ был проведен в виде простого счетного эксперимента (в одном бине), который описывается функцией правдоподобия, в которую входят числа фоновых и сигнальных процессов в контрольных и сигнальных областях. Также сюда внесены поправочные коэффициенты для основных фоновых процессов. И в качестве мешающих параметров внесены систематические и статистические неопределенности.

И в результате поиска возбужденных электронов события не были обнаружены. Все отклонения наших наблюдаемых данных от предсказаний Стандартной модели лежат в пределах 1σ . После чего мы получили верхние ограничения на силу сигнала, μ (график слева), для всех массовых гипотез, и сечение рождения возбужденного электрона, которое находится как перемножение силы сигнала на теоретическое сечение, умноженное на вероятность распада в конкретном исследуемом канале.

И далее из верхнего ограничения на силу сигнала были получены нижние ограничения на параметр модели Λ в зависимости от массы возбужденного электрона. Сверху представлен рисунок для данного рассматриваемого канала с конечным состоянием с электроном, нейтрино и коллимированной струей. Снизу представлены нижние ограничения на Λ , которые были получены коллегами в конечном состоянии с двумя электронами и двумя разрешенными струями. Результаты были скомбинированы, в результате чего были получены нижние скомбинированные ограничения. Здесь мы смогли поставить следующие ограничения: для масс возбужденного электрона до 1.5 ТэВ Λ примерно равна 11 ТэВ, от 1.5 до 4 ТэВ – нижний предел – порядка 7 ТэВ. В граничном условии модели, где масса возбужденного электрона равна Λ , массы возбужденных электронов запрещены меньше 4.8 ТэВ.

Событий рождения дибозонных резонансов также не было наблюденно. Были поставлены верхние ограничения на сечения рождения, умноженные на вероятности распадов по конкретным исследуемым каналам распада, слева для гравитона Калуца-Клейна в модели Рэндалл-Сандрума и справа для тяжелого W' . В этих моделях были сделаны ограничения на массу гравитона Калуца-Клейна, которая запрещена ниже 760 ГэВ, и для W' запрещена ниже 1490 ГэВ.

В заключение я хочу сказать, что все задачи, поставленные передо мной, были выполнены. Спасибо.

Тюрин Н.Е.: Спасибо вам большое, Евгения Вадимовна. Вопросы будут по докладу? Пожалуйста.

Герштейн С.С.: Вы знали, что предложение о поиске возбужденного лептона делалось русскими авторами еще в 1967 году? Это не ваша вина, может быть руководителю надо было указать. Такая работа в ядерной физике была где-то в 1966-67 году параллельно с предположением (о котором я потом скажу) о третьем лептоне. Стоит найти эту работу.

Черемушкина Е.В.: Спасибо.

Тюрин Н.Е.: Вам нужно найти эту работу и прочесть.

Герштейн С.С.: Более чем на 30 лет раньше первая работа.

Тюрин Н.Е.: Спасибо. Слово предоставляется Мягкову Алексею Григорьевичу, научному руководителю по данной диссертации.

Мягков А.Г.: В экспериментах на Большом адронном коллайдере стоит много задач по поиску Новой физики. Собственно говоря, он был создан не только для открытия бозона Хиггса, но и для поиска Новой физики. В диссертации Евгении Вадимовны рассматриваются две задачи: поиски резонансов в дибозонах и возбужденных электронов. Она начала заниматься физикой на Большом адронном коллайдере еще в годы обучения на физическом факультете МГУ. Ее дипломная работа была связана с изучением ассоциативного рождения W -бозона с c -кварком. Придя к нам в институт, она уже начала заниматься тоже в ATLAS немного другими задачами, поиском откровенно экзотики: дибозонами и возбужденными лептонами. При том, что конечные состояния одни и те же – лептон, нейтрино, струи – это две задачи весьма разные. Дибозоны относятся к классу задач, обязательных в больших экспериментах, там работают большие коллективы, и тщательнейшим образом все выверяется. Евгения Вадимовна приняла активное участие на некоторых стадиях в этом эксперименте. А по возбужденному электрону один из двух каналов был сделан ею лично. Это не очень типично для больших экспериментов. Это гигантский кусок работы. И он проделан одним человеком, что вызывает большое уважение. За годы работы Евгения Вадимовна, несомненно, стала отличным специалистом, владеющим и экспериментальной физикой, и квалифицированным в очень большом количестве вопросов. Евгения Вадимовна, несомненно, заслуживает присвоения звания кандидата наук. Работа выполнена с учетом всех требований ВАК.

А по поводу замечания Семена Соломоновича, да, возбужденные лептоны возбуждали физиков еще в давние времена, и я даже был соавтором одной небезызвестной работы по поиску возбужденных лептонов на нашем ускорителе. К сожалению, она потом не подтвердилась, но тема волнует до сих пор.

Герштейн С.С.: Хотелось бы, чтобы в списке литературы были указаны наши физики.

Тюрин Н.Е.: Спасибо, Алексей Григорьевич. Переходим к оглашению письменных отзывов по данной диссертации. Юрий Григорьевич, пожалуйста.

Рябов Ю.Г.:

Заключение нашего института по диссертации Черемушкиной Е.В. было принято на заседании научного семинара Отделения экспериментальной физики, на котором присутствовало 18 человек, среди них 5 докторов и 6 кандидатов ф.-м. наук. Все проголосовали «за». Семинар рекомендовал к защите диссертацию Черемушкиной Е.В. в нашем диссертационном совете по специальности физика высоких энергий – 01.04.23.

Ведущая организация, Объединенный Институт Ядерных Исследований, дала также положительное заключение на диссертацию Черемушкиной Е.В. На первых страницах повторяется содержание диссертации. Дальше есть небольшие следующие замечания:

- Использование жаргонных выражений типа «события с всплесками шума в калориметрах», «потерянная поперечная энергия» вместо недостающая поперечная энергия.
- Перегруженность текста стандартными переменными и алгоритмами реконструкции объектов коллаборации ATLAS, множественными деталями отбора событий, что хорошо смотрелось бы во внутренней заметке ATLAS.
- Для объективного тестирования применяемых анализов было бы хорошо перед работой с сигнальными областями провести «слепой тест» на «проверочной» фазовой области с примесью смоделированного сигнала, априори неизвестного автору анализа.
- Можно было бы экстраполировать полученные результаты на ограничение сечения рождения возбужденного мюона.

Данные замечания не снижают общую ценность работы, выполненной на высоком уровне, соответствующем строгим критериям качества коллаборации ATLAS. Диссертационная работа Черемушкиной Евгении Вадимовны выполнена

в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Автор заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физ.-мат. наук по специальности физика высоких энергий.

Тюрин Н.Е.: Вам слово для ответа, Евгения.

Черемушкина Е.В.: С первой частью комментариев я согласна. И два последних комментария стоит, наверное, пояснить. Первый комментарий по поводу того, что можно было бы в проверочных областях добавить сигнал перед тем, как переходить в сигнальные области. В принципе, такой метод существует, но построение проверочных областей было сделано таким образом, что сигнальных событий в них нет. И добавив какие-то события, которые бы прошли в проверочную область, мы получили бы не наш сигнал, то есть это был бы какой-то другой сигнал не из нашей модели. Поэтому из построения наших сигнальных, контрольных и проверочных областей этот метод не совсем, наверное, пригоден. Но и анализ, в любом случае сделан «слепым методом», так что некая проверка, стандартная для ATLAS, проведена.

Тюрин Н.Е.: Спасибо.

Черемушкина Е.В.: И второй комментарий по поводу того, что можно было бы экстраполировать результаты на сечение возбужденного мюона. Но вообще по модели, возбужденный электрон и возбужденный мюон – это два разных объекта, и модель не предполагает одинаковость сечений. Поэтому, в данном случае это невозможно.

Тюрин Н.Е.: Спасибо. Теперь переходим к выступлениям официальных оппонентов. Доктор наук Снигирев Александр Михайлович по уважительным причинам отсутствует, поэтому, Юрий Григорьевич, пожалуйста, зачитайте его отзыв.

Рябов Ю.Г.: (зачитывает отзыв оппонента Снигирева) Актуальность темы диссертации. Оценка содержания работы. Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы и так далее. Все выполненные задачи, поставленные перед диссертантом, перечислены в заключении. В целом диссертационная работа оставляет положительное впечатление. Структура текста удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК. Есть замечание редакционного плана: помимо ставшего уже привычным в научной литературе обилия жаргона встречаются некорректные формулировки, шероховатости стиля. Большое количество сокращений, поясненных только при первом упоминании, делают большой текст диссертации трудно читаемым. На основании вышесказанного считаю, что диссертация Черемушкиной Е.В. «Поиск возбужденных электронов и дибозонных резонансов в конечном состоянии с

лептоном, нейтрино и струями на детекторе ATLAS на LHC» является завершенной научно-квалификационной работой. Диссертация отвечает требованиям ВАК. Диссертация соответствует специальности «физика высоких энергий». Автореферат соответствует содержанию диссертации. Проведенные исследования прошли апробацию в коллаборации ATLAS, на конференциях, а также опубликованы в журналах. Считаю, что Черемушкина Евгения Вадимовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «физика высоких энергий».

Тюрин Н.Е.: Спасибо. Здесь, наверное, не надо отвечать. Сокращения есть, от них никуда не денешься.

Черемушкина Е.В.: Согласна.

Тюрин Н.Е.: Михаил Михайлович Кирсанов из Института Ядерных Исследований, пожалуйста, наш второй официальный оппонент.

Кирсанов М.М.: Диссертация Евгении посвящена поиску Новой физики на адронном коллайдере на самой большой энергии, доступной физикам на данный момент. Поиск проведен сразу двух видов Новой физики. Работа выполнена на очень высоком уровне, и содержит ряд новых результатов: это либо наилучшие ограничения на Новую физику, которые известны на момент выполнения этой работы, либо поиск Новой физики в новом канале. В ряду с высокой научной ценностью я вижу ряд недостатков. Все они связаны в основном с тем, что не приведена некая информация, которую было бы интересно иметь для полного понимания анализа. Я все не буду перечислять, перечислю самые важные:

- Например, я не нашел информацию о том, как определялось соотношение эффективностей данных и Монте-Карло. Было ли это сделано из данных. Можно догадываться, что это было сделано методом tag&probe, который более-менее стандартный способ из данных. В случае, если вдруг это было не так, то это даже можно было бы отнести к недостаткам анализа.
- На странице 32 есть в формуле ϵ_{filter} . И можно так подумать, что она возникает из-за потерь событий в процессе моделирования, и тогда на нее нужно делить. Здесь есть некая непонятность в этой формуле.
- В конце в некоторых таблицах не приводится ожидаемый сигнал. Поэтому, бывает трудно понять, насколько трудно было бы обнаружить сигнал на фоне фоновых событий.
- Есть пара мест, где отдельные фразы неправильно построены, и есть несколько опечаток, но для такого большого объема диссертации – это очень мало.

Сделанные замечания не умаляют значения полученных результатов и не снижают уровня диссертации и уровня выполненной работы. Заключение такое, что Евгения заслуживает присуждения звания кандидата физико-математических наук по итогам этой диссертации.

Тюрин Н.Е.: Спасибо вам за отзыв. Евгения Вадимовна, вам слово для ответа.

Черемушкина Е.В.: Да, отношение данных к Монте-Карло делалось tag\&probe . ϵ_{filter} – это эффективность наложенных ограничений на уровне генератора. Например, в *Shetra*, когда генерируются наборы данных для рождения W со струями для получения большой статистики для каждого промежутка по p_T моделируются отдельно наборы данных. И, соответственно, нужно дальше отнормировать.

Кирсанов М.М.: Спасибо.

Тюрин Н.Е.: Спасибо большое. Теперь мы переходим к общей дискуссии. Есть ли желающие выступить? Семен Соломонович, пожалуйста, вы сегодня активно выступаете.

Герштейн С.С.: Я всячески приветствую появление этой работы и ее замечательное выполнение. Хочу сказать, что имеется некий недостаток в работе отечественных исследователей. Обычно стараются проверить какую-нибудь теоретическую схему готовую, измерить что-то уже предложенное теорией и реже рискуют искать то, чего нет ни в теории, ни в эксперименте. Примером служит, почему я хорошо помню эту вещь. Потому, что одновременно с Фоломешкиным мы занимались вопросом, а не существует ли третий лептон. Я помню отклик некоторых людей. Вот скажем, Лев Дмитриевич Соловьев сказал: «Ну что это такое, этого же нет в теории. Это все равно, что поиск верблюда с тремя горбами». Я говорю: «А зачем второе поколение, откуда мы знаем». Сам μ -мезон был случайно открыт. Думали, что исследуют π -мезон, а в фотоэмульсиях обнаружилось, что это μ -мезон. Между кварками и лептонами есть аналогия. Поиски возбужденных кварков были с самого начала, как только был эксперимент Руббиа на коллайдере, обнаружившего W . Было событие, где W и большой поперечный импульс. И статистика была очень небольшая, и такое могло событие произойти, если бы содержался возбужденный кварк. Столкновение было бы не кварк-антикварк, а возбужденный кварк с антикварком. Это действительно проверялось, но, к сожалению, не получилось. Поэтому, вот такие поисковые работы, конечно, очень нужны. В практике нашей советской и российской физики были случаи, когда останавливались буквально в шаге от открытия. Оконов и Дворецкий в Дубне видели событие распада долгоживущего K -мезона на два π -мезона. На 500 событий было два таких. Они

посчитали, что это фон. Оконов хотел продолжить, сделать большую установку, но ... сказал: «Ну что вы глупости говорите, Ландау сказал так, ну и все». Поэтому, по-моему, то, что проявляется смелость в поиске таких вещей – это очень положительная вещь. Я всецело поддерживаю.

Тюрин Н.Е.: Спасибо. Александр Михайлович, вы не хотите Что-то добавить?

Зайцев А.М.: Я хочу сказать в защиту экспериментаторов, что в нашем институте действительно проведен эксперимент по поиску тяжелых лептонов, третьего лептона. Физика эксперимента состояла в том, что это какой-то аномальный лептон должен быть, потому что он долго живет в эксперименте. Должен долго жить. Приходилось отбиваться от наседавших теоретиков, которые сообщали, что мы не знаем на самом деле, как организованы константы, нет ли каких-то обстоятельств, которые мешают распадаться. Такое может быть, и поэтому такое разумно искать. Эксперимент выполнен, и, по мне, содержателен.

Если вернуться к диссертации, то я хотел бы сказать следующее. На самом деле, получение каких-то результатов в больших экспериментах – это чудовищно сложная задача. Потому как это большой объем данных, очень сложная структура каждого события, очень сложная технология обработки, богатая математика, масса конкретики во всем этом деле. Все это усугубляется тем, что обычно над каждой темой работает несколько человек. Если хочешь быть полезным, надо обладать и квалификацией и делать все время две вещи: пахать и вкалывать. Это все то, что есть у Евгении Вадимовны. Она действительно провела огромную, необыкновенно большую работу, вполне успешно, содержательно. Мы должны поздравить, мне кажется, ее с таким достижением. Так что она заслуживает присуждения степени кандидата наук.

Тюрин Н.Е.: Спасибо, Александр Михайлович. Евгения Вадимовна, вам предоставляется заключительное слово.

Черемушкина Е.В.: По результатам работы я бы хотела искренне поблагодарить своего научного руководителя, Мягкова Алексея Григорьевича, и соавторов по работе по возбужденным электронам Каменщикова Андрея Александровича и Зенина Олега Валентиновича за поддержку на протяжении всей работы и подготовки диссертации. Кроме того, хотелось бы поблагодарить группу из Отделения математики и вычислительной техники, особенно Котляра Виктора Витальевича, за обеспечение своевременное вычислительными мощностями на кластере ИФВЭ и техническую поддержку. И работа в целом не могла бы быть сделана без всего рабочего коллектива коллаборации ATLAS. Спасибо.

Тюрин Н.Е.: Спасибо. Теперь давайте переходить к голосованию. В комиссию предлагается включить Василия Вадимовича Мочалова, Александра Витальевича Разумова (председатель) и Владимира Александровича Сенько. Пожалуйста.

Перерыв на голосование.

Тюрин Н.Е.: Давайте послушаем итоги голосования.

Председатель счётной комиссии Разумов А.В.: Протокол заседания счетной комиссии. Состав комиссии: Разумов А.В., Мочалов В.В., Сенько В.А. На заседании присутствовало 19 членов совета, из них докторов наук по профилю диссертации – 6, роздано бюллетеней – 19, осталось не розданных бюллетеней – 3, оказалось в урне бюллетеней – 19. Результаты: «за» – 19, «против» – 0, не действительных – 0.

Тюрин Н.Е.: Спасибо, Александр Витальевич. Давайте утвердим?

Диссертационный совет утверждает результаты голосования.

Тюрин Н.Е.: Теперь переходим к обсуждению заключения научного значения. Есть какие-нибудь замечания к тому тексту, который был подготовлен и представлен? Нет замечаний? Тогда давайте проголосуем за это заключение научного значения. Кто-нибудь возражает? Нет. Единогласно. Спасибо, Евгения Вадимовна. Поздравляю вас с успешной защитой, и новых вам интересных и ярких результатов. Всего вам наилучшего. Спасибо всем. Всем здоровья и всего хорошего.

Заседание Диссертационного совета завершено.

Председатель
Диссертационного совета,
доктор физико-математических наук
профессор

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
кандидат физико-математических
наук



Н.Е. Тюрин




Ю.Г. Рябов