

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.232.16 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», ПРАВИТЕЛЬСТВО РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 июня 2018 г. № 7

О присуждении Федину Олегу Львовичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук. Диссертация «Измерение поляризационных угловых коэффициентов в процессах лептонного распада Z-бозона в эксперименте ATLAS на LHC» по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий принята к защите 13 марта 2018 года, протокол №2 диссертационным советом Д 212.232.16 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Правительство РФ, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9.

Диссертационный совет Д 212.232.16 утвержден в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ, приказ № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Федин Олег Львович, 1959 года рождения.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук «Исследование свойств и калибровка пропорциональных и дрейфовых камер с помощью монохроматического рентгеновского пучка для эксперимента ATLAS» защитил в 1998 году в диссертационном совете, созданном на базе Петербургского института ядерной физики им. Б. П. Константинова РАН, работает руководителем отделения физики высоких энергий в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Гатчина.

Диссертация выполнена в отделении физики высоких энергий (ОФВЭ) Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Гатчина.

Официальные оппоненты:

Баранов Сергей Павлович, доктор физико-математических наук, Федеральное

государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук, отделение ядерной физики и астрономии, ведущий научный сотрудник,

Просин Василий Владимирович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, ведущий научный сотрудник,

Ющенко Олег Петрович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А. А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», отделение экспериментальной физики, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерных исследований Российской Академии наук», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Красниковым Николаем Валерьевичем, доктором физико-математических наук, отдел теоретической физики, заведующий отделом указала, что диссертационная работа О. Л. Федина является результатом решения автором сложнейших экспериментальных и теоретических задач, возникающих при прецизионных измерениях параметров электрослабых процессов Стандартной модели, а именно, измерению поляризационных угловых коэффициентов в процессах лептонного распада Z-бозона, а также при создании детектора переходного излучения TRT для торцевых частей эксперимента ATLAS. Диссертация описывает большую, ценную для науки и важную для практического применения работу, проведённую с использованием современных методов исследования. Данная работа выполнена на высоком научном уровне и полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Соискатель имеет более 600 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ.

В статьях Fedin O. “Reconstruction and identification of photons and electrons with the ATLAS detector” // Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A623 (2010) 306-308 (3 страницы), Aad G, ... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Electron performance measurements with the ATLAS detector using the 2010 LHC proton-proton collision data” // Eur. Phys. J. C72 (2012) 1909 (46 страниц), Aad G...Fedin O. et al., ATLAS Collaboration, “Electron reconstruction and identification efficiency measurements with the ATLAS detector using the 2011 LHC proton-proton collision data” // Eur. Phys. J. C74 (2014) 2941 (38 страниц), Aad G...Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using LHC Run 1 data” // Eur. Phys. J. C 74 (2014) 3071 (48 страниц) и Aad G... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Electron reconstruction and identification efficiency measurements with

the ATLAS detector using the 2012 LHC proton- proton collision data” // Eur. Phys. J. C77 (2017) 195 (45 страниц) приводится подробное описание метода мечения электронов от распадов Z-бозонов и J/Ψ-мезонов, которые используются для измерения эффективности реконструкции и идентификации электронов и калибровки измеряемой энергии электронов детектором ATLAS. Разработанный метод, использует не только информацию с электромагнитного и адронного калориметра, но и информацию с детектора переходного излучения TRT для дополнительной идентификации электронов и подавления пионного фона. Здесь же приведены результаты прямых измерений эффективности реконструкции и идентификации электронов, выполненные с помощью данного метода. Полученные результаты использовались для внесения поправок при моделировании методом Монте-Карло событий с электронами в конечном состоянии. При ведущей роли автора был не только разработан данный метод, но и выполнены измерения эффективностей реконструкции и идентификации электронов.

В статьях Aad G... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Muon reconstruction efficiency and momentum resolution of the ATLAS experiment in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV in 2010 //Eur. Phys. J. C74 (2014) 3034 (32 страниц), Aad G... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Measurement of the muon reconstruction performance of the ATLAS detector using 2011 and 2012 LHC proton-proton collision data” // Eur. Phys. J. C74 (2014) 3130 (34 страницы) описывается метод тагирования мюонов от распадов Z-бозонов и J/Ψ-мезонов, который используется для измерения эффективности реконструкции и идентификации мюонов мюонным спектрометром установки ATLAS. Данный метод разрабатывался по аналогии с методом тагирования электронов, при непосредственном участии автора.

В статьях Aad G... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider” // JINST 3 (2008) S08003 (437 страниц) и Abat E,... Fedin O... et al., TRT Collaboration. The ATLAS TRT end-cap detectors // JINST 3 (2008) P10003 (69 страниц) приводится описание установки ATLAS и торцевой части детектора переходного излучения TRT, который был разработан и создан под руководством автора в ПИЯФ.

В статье Федин О. Л. “Прецизионные измерения в электрослабом секторе Стандартной модели в эксперименте ATLAS” // Ядерная физика 76 (2013) 31 (32 страницы) дается обзор прецизионных измерений, выполненных в эксперименте ATLAS, в которых автор принимал непосредственное участие. Вклад автора в данные измерения заключался в разработке детектора переходного излучения TRT, измерение эффективностей регистрации и идентификации электронов и участия в анализе данных.

В статье Aad G.... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Measurement of the forward-backward asymmetry of electron and muon pair-production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector” // JHEP 9 (2015) 49 (43 страницы) приводится результат измерения электрослабого угла смешивания с помощью измерения асимметрии вперед-назад мюонных и электронных пар от распада Z-бозона, которая была выполнена при участии автора, на маленькой статистике для изучения возможности прецизионного измерения электрослабого угла смешивания на большой статистике. В результате был сделан вывод, что для проведения

модельно независимых измерений электрослабого угла смешивания необходимо измерить зависимость поляризационного коэффициента A_4 от массы дилептонной пары. Именно эта работа и послужила отправной точкой для постановки задачи об измерении полного набора поляризационных угловых коэффициентов и отработки методики их измерения с целью минимизации систематических ошибок.

В статьях Aad G,... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Measurement of the Z/γ^* -boson transverse distribution in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector” // JHEP 9 (2014) 145 (47 страниц) и Aad G,... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Measurement of the transverse momentum and ϕ_{η}^* distributions of Drell–Yan lepton pairs in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector” // Eur. Phys. J. C. 76 (2016) 1 (61 страница) при участии автора продолжено изучение процессов распада Z -бозонов в лептоны с целью измерения спектра поперечных импульсов и переменной ϕ_{η}^* , которая прямо пропорциональна поперечному импульсу Z -бозона, но как было показано, имеет меньшую систематическую ошибку в области малых p_T^Z , что позволяет провести более точные сравнения с теоретическими расчетами. В результате выполнения данной работы автором была сформулирована идея о непрямом измерении спектра поперечных импульсов Z -бозонов, путем восстановления спектра из измерений полного набора поляризационных угловых коэффициентов в зависимости от их поперечного импульса. В настоящее время, используя методику измерения угловых коэффициентов, разработанную в данной диссертации, эта идея реализуется в эксперименте ATLAS.

В статьях Aad G,... Fedin O... et al., ATLAS Collaboration, “Measurement of the angular coefficients in Z -boson events using electron and muon pairs from data taken at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector” // JHEP 8 (2016) 159 (101 страница), Федин О. “Измерение поляризационных угловых коэффициентов в процессах лептонного распада Z -бозона в эксперименте ATLAS на LHC” // Физика элементарных частиц и атомного ядра 48 (2017) 649 (4 страницы), Ezhilov A., Fedin O., “Precision studies of Drell–Yan transverse momentum distributions and the polarisation angular coefficients in Z -boson decays with the ATLAS detector” // Proceedings of Science. DIS2016 (2016) 121 (6 страниц) приводится описание методики измерения поляризационных угловых коэффициентов, результаты этих измерений, оценка систематических погрешностей измерений, результаты теоретических расчетов и сравнений измеренных значений с теоретическими. Вклад автора в данную работу заключался в постановке задачи, разработке методики измерений, выполнении теоретических расчетов и оценки систематических ошибок измерений.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы официальных оппонентов. Они в целом согласуются с отзывом ведущей организации.

В отзыве официального оппонента Баранова Сергея Павловича отмечаются разносторонние таланты автора, которые простираются от разработки детектора переходного излучения, его сборки и испытания до отладки и проверки алгоритмов идентификации электронов, до

проведения обработки полученных данных и извлечения из них угловых коэффициентов методами математической статистики. Новизна и актуальность тематики, а также высокий уровень полученных результатов не вызывают ни малейших сомнений.

В качестве замечаний можно отметить лишь косметические, имеющие литературный характер:

1. Возможно, введение было бы более уместно начать не с бозона Хиггса, лежащего в стороне от темы диссертации, а непосредственно с W - и Z -бозонов, так как они также были открыты в ЦЕРНе и там же подробно теперь исследуются на ускорителе нового поколения.
2. Учитывая правила русской грамматики о склонении иностранных мужских фамилий, правильнее говорить процесс Дрелла-Яна и соотношение Лама-Тунга.

По мнению оппонента, отмеченные погрешности ни в коей мере не отменяют полученных автором результатов и не умаляют их научной значимости.

В отзыве официального оппонента Просина Василия Владимировича отмечается актуальность, научная новизна, практическая значимость и достоверность работы, а также значительный личный вклад автора в разработку, создание и запуск торцевых частей детектора переходного излучения TRT, которые являются частью внутреннего детектора установки ATLAS.

В качестве замечаний можно отметить:

1. При перечислении целей работы, научной новизны и основных результатов работы такие основополагающие экспериментальные пункты, как создание уникального детектора переходного излучения TRT и разработка алгоритмов идентификации электронов с использованием информации с детектора TRT перечисляются в конце списка. Так как без решения этих вопросов невозможно было бы получение экспериментальных результатов представленной работы, то более естественным было бы видеть их в начале списка.
2. Надписи на рисунках выполнены на английском языке, что создает трудности понимания для русского читателя.

По мнению оппонента, указанные замечания не снижают высокого качества проведенных исследований. Результаты, приведенные в диссертации, опубликованы в рецензируемых журналах, а личный вклад автора не вызывает сомнений. Отмечается, что результаты, полученные автором диссертации, могут быть использованы при проведении, планировании и анализе экспериментов как в нашей стране, так и в зарубежных научных центрах.

В отзыве официального оппонента Ющенко Олега Петровича отмечается, что результаты по первому измерению угловых коэффициентов A_{5-7} являются выдающимися и, безусловно, открывают новое направление в физике элементарных частиц.

В качестве замечаний можно отметить:

1. Не понятно утверждение автора, что факторизация и универсальность партонных функций распределения приводит к независимости результатов для процессов Дрелла-Яна от свободных параметров, так как нигде не обсуждается о каких параметрах идет речь.

2. Некоторые рисунки слишком мелки. Иногда неудачно выбираются обозначения в формулах.
3. Автор указывает, что для надежной работы дрейфовых приборов очень важна температурная стабилизация и обеспечение минимального градиента по длине трубки, но в тексте нет информации о том, как осуществляется мониторинг температуры. Полезно было бы привести среднюю загрузку на трубку, что особенно важно для торцевых частей детектора при работе LHC на полной светимости.
4. Не вполне понятно утверждение о том, что энергия реконструированного электрона определяется энергией кластера в калориметре.
5. Автор использует термин «дискриминируемая» переменная, хотя более употребительным является термин «дискриминирующая».
6. Рассматривая метод совместного фита различных каналов, автор вводит индивидуальные коэффициенты A_i для каждого канала. Однако распад Z-бозона полностью отделен от его рождения и прекрасно определен в Стандартной модели. Такой подход был бы оправдан, если бы кроме s-канальной диаграммы с Z-бозоном существовали и t-канальные диаграммы и возникла бы необходимость учитывать их интерференцию. В случае pp-коллайдера можно добавить лишь бокс-диаграмму, которая имеет уже следующий порядок по константе α_s и дает одинаковый вклад в e^+e^- и $\mu^+\mu^-$ каналы, поскольку разница масс фермионов на фоне их больших энергий пренебрежимо мала. Поэтому это выглядит как некое «превышение точности» и увеличение параметров фита. С другой стороны такой подход, конечно же хорош для контроля самосогласованности результатов в разных каналах.

По мнению оппонента, перечисленные замечания носят в большей степени «редакционный» характер и ни в коем случае не снижают высокого уровня диссертации. Подчеркивается общий высокий уровень работы, актуальность, научная новизна, которая не вызывает сомнений, и большой, решающий вклад автора в работы, вошедшие в диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией Баранова С. П., Просина В. В. и Ющенко О. П. в области физики высоких энергий и элементарных частиц. Выбор ведущей организации обосновывается близостью темы диссертационной работы к направлению исследований, проводимых в Институте Ядерных Исследований Российской Академии наук

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан и создан уникальный детектора переходного излучения TRT для торцевой части эксперимента ATLAS, который обеспечивает высокую эффективность восстановления треков заряженных частиц, позволяет улучшить импульсное разрешение внутреннего детектора эксперимента ATLAS при больших поперечных импульсах на 10%, а также способен проводить дополнительную идентификацию электронов в условиях большой множественности заряженных частиц и большой частоты протон-протонных столкновений, реализуемых на коллайдере LHC;

введен в эксплуатацию и успешно работает в составе установки ATLAS на коллайдере LHC детектор переходного излучения;

доказана возможность использования детекторов переходного излучения в крупных коллайдерных экспериментах для идентификации электронов и подавления адронного фона;

получены новые экспериментальные данные для инклюзивных спектров рождения Z -бозонов в канале их распада на электронные или мюонные пары по поперечному импульсу и быстрой Z -бозона в протон-протонных взаимодействиях при беспрецедентно высоких энергиях $s = \sqrt{8}$ ТэВ;

разработаны алгоритмы идентификации электронов, использующие информацию с детектора переходного излучения, позволяющие проводить дополнительную идентификацию электронов в широком диапазоне их поперечных импульсов от 0,5 до 100 ГэВ;

предложен и реализован метод тагирования электронов от распадов Z -бозонов и J/Ψ -мезонов для измерения эффективности реконструкции и идентификации электронов, используя который **измерены** эффективности реконструкции и идентификации электронов и введены соответствующие поправки в моделирование событий в детекторе ATLAS;

разработан и внедрен новый метод измерения полного набора поляризационных угловых коэффициентов лептонных пар, рождающихся в процессе Дрелла-Яна в области масс Z -бозона в протон-протонных столкновениях с энергией $s = \sqrt{8}$ ТэВ, путем измерения угловых распределений лептонов (электронов и мюонов) от распадов Z -бозонов;

измерены поляризационные угловые коэффициенты как функции поперечного импульса p_T^Z Z -бозона вплоть до $p_T^Z < 600$ ГэВ интегрально по всему диапазону псевдобыстроты y^Z Z -бозона, а также в трех диапазонах по быстрой: $0 < |y^Z| < 1, 1, 0 < |y^Z| < 2, 0$ и $2, 0 < |y^Z| < 3, 5$;

продемонстрировано нарушение соотношения Лам – Тунга $A_0 - A_2 = 0$, которое означает, что при высоких энергиях доминирующим является рождение Z -бозона с поперечной поляризацией, и это выполняется для любой системы покоя Z -бозона;

показано, что разность коэффициентов $A_0 - A_2$, значительно отклоняется от расчетов по КХД теории возмущений, выполненных в NNLO приближении, что указывает на необходимость учета теоретических поправок более высоких порядков для описания измеренной разности коэффициентов;

впервые экспериментально доказано, что угловые коэффициенты A_5 , A_6 и A_7 отличны от нуля, как это и ожидалось из теоретических расчетов по теории возмущений КХД в NNLO приближении.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность проведения высокопрецизионных расчетов поляризационных угловых коэффициентов в фиксированных порядках пертурбативной теории КХД с помощью генераторов FEWZ и DYNNLO, а также с помощью ряда Монте-Карло генераторов событий SHERPA, POWHEG, HERWIG и других;

раскрыта необходимость учета поправок более высокого порядка КХД теории возмущений для описания зависимости разности коэффициентов $A_0 - A_2$ от поперечного импульса Z -бозона;

проведено сравнение измеренных зависимостей угловых коэффициентов с теоретическими расчетами и **показана** необходимость учета теоретических поправок более высоких порядков

теории возмущений для точного описания измеренных зависимостей;

изучены факторы, обуславливающие точность измерения угловых поляризационных коэффициентов Z-бозонов, рождающихся в протон-протонных столкновениях на коллайдере LHC в эксперименте ATLAS.

показано, что достигнутая точность измеренных поляризационных угловых коэффициентов достаточна, чтобы увидеть отличия, которые возникают в расчетах из-за выбора разных теоретических моделей образования партонных ливней и "underline" событий в Монте-Карло генераторах событий, а также из-за выбора шкалы факторизации.

изложена, разработанная автором, новая методика измерения поляризационных угловых коэффициентов;

результативно использованы результаты измерения угловых коэффициентов, полученные автором, для введения коррекций в существующие Монте-Карло генераторы событий, с целью улучшения точности моделирования угловых распределений лептонов от распадов Z-бозонов;

предложена и **проведена модернизация** алгоритма реконструкции треков электронов для учета нелинейных эффектов, связанных с потерей энергии электронами на тормозное излучение.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

создан уникальный детектор переходного излучения TRT для торцевой части эксперимента ATLAS, который успешно работает в условиях большой множественности заряженных частиц и большой частоты протон-протонных столкновений, реализуемых на коллайдере LHC;

впервые **представлены** измерения полного набора угловых поляризационных коэффициентов в зависимости от поперечного импульса p_T^Z Z-бозона вплоть до $p_T^Z < 600$ ГэВ интегрально по всему диапазону псевдобыстроты y^Z Z-бозона, а также в трех диапазонах по быстройте: $0 < |y^Z| < 1, 1,0 < |y^Z| < 2,0$ и $2,0 < |y^Z| < 3,5$ с точностью, которая достаточна, чтобы увидеть отличия, которые возникают в расчетах из-за выбора разных теоретических моделей образования партонных ливней и "underline" событий в генераторах событий, а также выбора шкалы факторизации;

определены эффективности реконструкции и идентификации электронов, что позволило внести соответствующие поправки при моделировании регистрации электронов в детекторе ATLAS, и улучшить точность описания с помощью моделирования процессов с одним или несколькими электронами в конечном состоянии;

разработан метод восстановления энергетических потерь электронов из-за тормозного излучения в пассивном веществе внутреннего детектора, что позволило поднять эффективность регистрации электронов в эксперименте ATLAS в среднем на 5 %;

основываясь на результатах данной работы **введены поправки** в соответствующие Монте-Карло генераторы событий рождения Z- и W-бозонов, которые улучшают описание угловых распределений лептонов от их распадов, что является несомненно важным, особенно для W-бозона, в связи с амбициозной задачей, стоящей перед экспериментом ATLAS, по прецизионному измерению одного из важнейших параметров Стандартной модели - массы W-бозона с точностью не хуже 10 МэВ;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальная работа выполнялась в Европейском центре ядерных исследований на крупнейшем в мире коллайдере LHC на одной из самых современных установок ATLAS.

Детально исследованы различные источники систематических ошибок. Проведена регуляризация выполненных измерений. Полученные результаты относятся к экспериментально проверяемым;

теория процесса рождения Z -бозона в протон-протонных столкновениях базируется на коллинеарном приближении КХД, основанном на хорошо известной коллинеарной теореме о факторизации. Структура протона описывается функциями распределения партонов, измеренных в основном в экспериментах по глубоко неупругому рассеянию электронов на протонах. При переданных импульсах Q и значениях переменной Бьёркина x , достижимых на коллайдере LHC, они вычисляются с помощью уравнения эволюции партонных плотностей DGLAP.

теория процесса распада Z -бозона в лептоны, описывается в рамках общепринятой электрослабой модели;

использовано сравнение измеренных спектров Z -бозонов по поперечному импульсу, быстрой и полярному углу с моделированными спектрами. Продемонстрировано отличное согласие измеренных и моделированных спектров;

установлено, где это было возможно, и обосновано количественное совпадение полученных автором результатов с уже имеющимися в независимых источниках. Полученные автором результаты имеют значительно более высокую точность;

Личный вклад автора состоит в:

активной подготовке и проведении, а также анализе экспериментальных данных и интерпретации результатов эксперимента ATLAS, а также экспертной поддержке эксперимента ATLAS в процессе набора экспериментальных данных в ходе работы коллайдера LHC.

разработке и создании модулей торцевой части детектора переходного излучения TRT для эксперимента ATLAS, а также в разработке методики проведения испытаний модулей детектора переходного излучения TRT;

координации работ по установке и запуску детектора TRT в эксперименте ATLAS;

разработке, отладки, проверки и оптимизации алгоритмов идентификации электронов в эксперименте ATLAS,

разработке и реализации методики восстановления энергетических потерь электронов из-за тормозного излучения в пассивном веществе внутреннего детектора, что позволило поднять эффективность регистрации электронов в эксперименте ATLAS в среднем на 5 %;

предложении и реализации нового метода измерения поляризационных угловых коэффициентов в лептонных распадах Z -бозонов, который позволил существенно улучшить точность измерений, а также приступить к измерению электрослабого угла смешивания $\sin^2\theta_W$, не используя измерение асимметрии вперед-назад в лептонных распадах Z -бозона, и непосредственному измерению спектра по поперечному импульсу Z -бозонов;

измерении поляризационных угловых коэффициентов в лептонных распадах Z -бозонов;

расчетах угловых поляризационных коэффициентов, выполненных как в фиксированных порядках пертурбативной КХД теории с помощью генераторов FEWZ и DYNNLO, так и с помощью различных Монте-Карло генераторов событий, что позволило уточнить используемые в этих генераторах модели образования партонных ливней, а также устранить ряд ошибок в некоторых из них, что является важным шагом на пути решения амбициозной задачи по измерению массы W -бозона с точностью несколько МэВ, стоящей перед экспериментом ATLAS;

На заседании 21 июня 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Федину О. Л. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий, участвовавших в заседаниях, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
Диссертационного совета

Андрианов Владимир Андреевич

Ученый секретарь
Диссертационного совета

Власников Александр Константинович



Дата оформления заключения

21.06.2018