

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Института ядерных
исследований РАН,
член-корреспондент РАН



Кравчук Л. В.

« 5 » апреля 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук
на диссертационную работу Маевского Артёма Сергеевича
«Прецизионные измерения характеристик $B_{(s)}$ -мезонов и их распадов
в эксперименте ATLAS»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – «физика высоких энергий»

Диссертация Артёма Сергеевича Маевского посвящена исследованию распадов $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ и определению величины слабой фазы ϕ_s в этом распаде, которая характеризует CP нарушение в этих распадах, а также измерению разности ширинок тяжелого и легкого массовых состояний B_s^0 мезона $\Delta\Gamma_s$. Актуальность и новизна работы не вызывает сомнений. Величина слабой фазы мала в Стандартной Модели и рассчитывается с точностью около 2%, поэтому отклонение от этой величины, полученное в эксперименте, явилось бы указанием на проявление «новой физики». Теоретическая величина $\Delta\Gamma_s$ определяется с меньшей точностью, но экспериментальное значение этого параметра также является хорошим тестом Стандартной Модели. Достоверность результатов, полученных в диссертации, подтверждается результатами по измерению массы B^+ мезона, которые находятся в хорошем согласии с результатами эксперимента LHCb и среднемировым значением этой величины.

Во **Введении** диссертации изложены научная новизна и цели исследования, актуальность проблемы, практическая ценность работы и сформулированы основные положения, выносимые автором диссертации на защиту. **Глава 1** посвящена общему описанию детектора ATLAS. Кратко изложены принципы работы и основные параметры магнитной системы, внутреннего детектора (полупроводниковые пиксельный и микростриповые детекторы, а также трековый детектор переходного излучения). Также описана работа электромагнитного калориметра на основе жидкого аргона и адронного калориметра. Изложен принцип

работы мюонного спектрометра, его функциональные характеристики и параметры.

В **Главе 2** подробно описывается трековый детектор переходного излучения, который состоит из дрейфовых трубок, расположенных вдоль оси пучка в центральной части детектора ATLAS и перпендикулярно оси пучка в торцевых частях детектора. Детектор измеряет координаты заряженных частиц и идентифицирует электроны с помощью переходного излучения за счет их высокого лоренц-фактора. Автор излагает причину замены в трубках TRT детектора ряда модулей газовой смеси на основе ксенона на смесь на основе аргона. Обсуждается ухудшение эффективности регистрации электронов, к которой приводит замена газовой смеси. Чтобы получить новые калибровочные коэффициенты, автором была выполнена модификация стандартных пакетов программного обеспечения ATLAS. Для определения эффективности регистрации электронов различными газовыми смесями было проведено моделирование и было показано, что полная замена ксеноновых смесей на аргоновые смеси приведет к значительному ухудшению идентификации электронов. Например примесь мюонов в количестве электронов составит около 57% для аргона, в то время как для ксенона такая примесь всего лишь 2%.

В **Главе 3** представлены результаты эксперимента ATLAS по измерению спектров заряженных частиц (поперечный импульс и псевдобыстрота) для энергий p-p соударений 7 и 13 ТэВ. **Глава 4** посвящена анализу распадов $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ для прецизионного измерения массы B^+ мезона при энергии 13 ТэВ. Описана методика получения результата, изложены критерии отбора событий. В первую очередь проводился поиск J/ψ , а затем добавление трека K^+ позволяло определить кандидатов в B^+ мезоны. Если в событии появлялось более одного кандидата в B^+ , то использовался фит 3-х треков для окончательного отбора B^+ мезона. Величина массы B^+ определялась из полученных значений инвариантной массы распределения J/ψ и K^+ . Результат сравнивается с известными данными из других экспериментов. Показано, что полученная величина массы B^+ мезона находится в хорошем согласии с результатами других экспериментов, что подтверждает правильность и стабильность калибровки внутреннего детектора ATLAS.

В **Главе 5** описывается измерение слабой фазы ϕ_s и разности ширин тяжелого и легкого массовых состояний B_s^0 мезона $\Delta\Gamma_s$. Для этого используются распады $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$, накопленные при энергиях 7 и 8 ТэВ. Также рассматриваются осцилляции нейтральных каонов и CP нарушение в Стандартной Модели. Рассмотрены величины параметров, которые получаются в Стандартной Модели, а также точности предсказания этих параметров. Излагается методика анализа данных, алгоритм реконструкции J/ψ кандидатов и ϕ кандидатов по распаду на пару K^+K^- . Рассматривается вклад фоновых процессов. Обсуждаются систематические погрешности. Изложена процедура объединения данных, полученных при 7 и 8 ТэВ, что соответствует интегральной светимости 19.2 фб⁻¹. Полученный в данной работе результат измерения величин ϕ_s и $\Delta\Gamma_s$ в пределах ошибок совпадает с результатами других экспериментов (D0, CMS, LHCb) и согласуется с предсказанием Стандартной Модели.

В **Заключении** диссертации перечислены основные результаты диссертации. Автором диссертации была решена задача подготовки детектора переходного

излучения ATLAS к набору статистики в RUN-2, определены калибровочные константы для газовой смеси на основе аргона. Был выполнен анализ спектров заряженных частиц при p-p соударениях, проведено прецизионное измерение массы B^+ мезона. Были измерены величины слабой фазы ϕ_s и разности ширин тяжелого и легкого массовых состояний B_s^0 мезона $\Delta\Gamma_s$.

А.С.Маевским проделана большая работа, которая хорошо отражена в диссертации. Особо следует подчеркнуть следующее. Автору удалось осуществить моделирование детектора TRT эксперимента ATLAS для новых смесей на основе аргона и криптона, что позволило подготовить детектор к набору статистики в Run-2. Автору удалось решить проблему двойного учета вклада дельта-электронов при моделировании детектора TRT. В работе было выполнено прецизионное измерение массы B^+ мезона при энергии 13 ТэВ, согласующееся в пределах ошибок со среднемировым значением. Наиболее интересным результатом диссертации явилось измерение с хорошей точностью параметров ϕ_s и $\Delta\Gamma_s$. А.С. Маевский продемонстрировал хороший уровень понимания работы установки ATLAS, понимания физических задач и владение методами моделирования и статистического анализа данных.

В диссертации А.С. Маевского имеется ряд недостатков. 1. Глава 5 начинается с небольшого обзора о нарушении CP симметрии в Стандартной Модели. Поскольку поиск CP нарушения является одной из основных целей диссертации, было бы правильнее обзор по этой проблеме поместить в начале диссертации. Кроме того, следовало бы дополнить эту часть данными, полученными из всех распадов B мезонов и каонов и значительно шире показать физику СКМ треугольника. 2. Автор приводит величину слабой фазы ϕ_s , рассчитанной в Стандартной Модели (стр.61). Целью работы является поиск возможного отклонения от этой величины. В связи с этим было бы важно показать, какие величины фазы ϕ_s предсказываются в расширениях Стандартной Модели, т.е. насколько важно проводить измерения этой фазы и какие модели, или параметры моделей, это позволит ограничить. Другими словами, в этом разделе диссертации нет формулировки физического обоснования измерения фазы ϕ_s в распаде $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$. В диссертации утверждается, что значение фазы ϕ_s чувствительно к проявлениям «новой физики», но никак не продемонстрировано к какой именно «новой физике». 3. Глава 3, в которой выполнен сравнительный анализ спектров заряженных частиц в p-p соударениях несколько выпадает из общей темы диссертации и не очень согласуется с исследованием распадов B мезонов, которые составляют главное содержание диссертации.

Однако отмеченные выше недостатки ни в коей мере не снижают ценность диссертации А.С. Маевского. Им были получены очень интересные и качественные результаты, достоверность которых не вызывает сомнения. В работе уделено значительное внимание анализу систематических погрешностей, что дополнительно свидетельствует о надежности полученных результатов. Диссертант продемонстрировал хорошее владение методами анализа данных, умение получать и формулировать физические результаты и ясно их излагать. Работа выполнена на высоком научном уровне. Основные результаты диссертации опубликованы в реферируемых журналах, соответствующих списку ВАК, докладывались автором на российских и международных конференциях. Автореферат полностью и

правильно отражает содержание диссертации. Работа в целом аккуратно оформлена, основные положения, результаты и выводы работы четко сформулированы и ясно изложены. Результаты, полученные автором диссертации, могут быть использованы при проведении, планировании и анализе экспериментов в Российских центрах: ИТЭФ, ИФВЭ, ОИЯИ, ФИАН, НИИЯФ МГУ, ИЯИ РАН, ИЯФ СО РАН и др., а также в зарубежных лабораториях, в которых ведутся исследования по физике высоких энергий.

Таким образом, диссертация Маевского Артёма Сергеевича «Прецизионные измерения характеристик $V_{(s)}$ -мезонов и их распадов в эксперименте ATLAS» является завершённой научно-квалификационной работой, посвящённой актуальной проблеме современной физики высоких энергий, и соответствует специальности 01.04.23 – «физика высоких энергий». Полученные результаты являются новыми и имеют существенное значение для науки. Работа полностью удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. с дополнениями №335 от 21 апреля 2016 г., а Маевский Артём Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – «физика высоких энергий».

Работа заслушана и обсуждена на заседании Научно-технического Совета Отдела физики высоких энергий ИЯИ РАН 4 апреля 2017 года, протокол № 4.

Отзыв на диссертацию подготовил

доктор физ.-мат. наук, профессор Ю.Г. Куденко
Заведующий отделом физики высоких энергий.
Электронный адрес: kudenko@inr.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук,
адрес: 117312, г. Москва, проспект 60-летия Октября, 7а.
Тел: +7(499) 135-77-60, факс: +7 (495) 132-22-68.
Электронный адрес: inr@inr.ru