

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Василевской Дарьи Сергеевны  
«ПРОВЕРКА СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ В ПРЕЦИЗИОННЫХ  
ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук  
по специальности 01.04.16 - физика атомных ядер и элементарных частиц

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института ядерной физики им. Г.И. Будкера  
Сибирского отделения Российской академии наук

Проверка Стандартной Модели электрослабых и сильных взаимодействий элементарных частиц (СМ) является одной из важнейших задач экспериментах в физике элементарных частиц высоких энергий. В экспериментах на Большом Адронном Коллайдере открыта последняя недостающая частица СМ – бозон Хиггса. Количество экспериментов по проверке СМ давно перевалило за сотню, но сколько-либо значимых отличий от ее предсказаний не обнаружено.

Диссертация Василевской Дарьи Сергеевны состоит из четырех частей. В первой Главе рассматриваются экспериментальные проблемы СМ, например, отсутствие кандидатов на роль темной материи и малая барионная асимметрия Вселенной. В ней рассмотрены прецизионные эксперименты по поиску нарушения СМ с использованием интенсивных пучков с относительно низкими энергиями. Одним из примеров является поиск нарушения закона сохранения лептонного числа в экспериментах с мюонами. В настоящее время завершается подготовка эксперимента COMET по поиску нарушения закона сохранения лептонного числа в процессе когерентной безнейтринной конверсии мюона в электрон в поле атомного ядра. Планируемая чувствительность эксперимента COMET  $10^{-17}$  ( $10^{-15}$  на первом этапе) на 4 порядка лучше самого точного в настоящее время эксперимента SINDRUM-II.

Во второй главе рассматриваются теоретические проблемы СМ. Например, одним из недостатков является наличие в СМ большого количества свободных параметров, внесенных в нее извне искусственно. В этой связи естественно предположить, что существует более фундаментальная теория, низкоэнергетический предел которой совпадает с СМ. К числу подобных теоретических построений «новой» физики относятся модели с расширенным калибровочным сектором, такие, например, как лево-право симметричные модели (ЛПМ), E6-модели и другие. Общим для данных моделей является то, что они предсказывают новые физические объекты и явления на ТэВ-ном масштабе энергий, связанные, например, с наличием новых полей материи и промежуточных состояний, а также возможностью их экспериментального исследования через наблюдение пропагаторных эффектов и эффектов смешивания.

Работа Василевской Д.С. посвящена феноменологическому исследованию эффектов смешивания стандартных и экзотических заряженных и нейтральных лептонов, предсказываемых ЛПМ, в процессах, идущих с нарушением лептонных квантовых чисел.

В представленных работах детально изучаются процессы распада нейтрального бозона Хиггса и стандартного Z-бозона с нарушением лептонного числа. В высших порядках теории возмущений эти процессы могут происходить за счет обмена виртуальными тяжелыми нейтрино. Из сравнения теории с экспериментальными данными определяются верхние границы на динамические параметры осцилляций нейтрино (массы, константы связи и углы смешивания) в рамках ЛПМ.

В Главе 3 рассматривается поиск событий наложения в эксперименте СОМЕТ. Отличительной особенностью эксперимента СОМЕТ является отсутствие совпадений и, следовательно, выделение сигнальных событий только по импульсным и энергетическим распределениям электронов, так как спектр фоновых частиц мягче. Для достижения требуемой чувствительности требуется взаимодействие в мишени колоссального количества протонов. Поэтому нейтронный поток составляет  $10^{12}$  на квадратный сантиметр. При захвате нейтрона в калориметре выделяется 7 МэВ, что больше требования на разрешение 5,25 МэВ и таким образом будет имитирован сигнальный электрон за счет сложения энергии фонового электрона и энергии от захвата нейтрона. Так как эти 2 процесса не коррелируют во времени, то время между их приходами случайно и различие в формах одиночного сигнала и суммы 2 смещенных во времени сигналов позволяет идентифицировать наложения. Разработанный Василевской Д.С. алгоритм позволяет разделять наложения при разнице приходов сигналов даже менее 10 нс, что в несколько раз меньше длительности сигнала на полувывсоте. Оставшиеся наложения не будут вносить значимого вклада в количество фоновых событий.

Последняя часть работы посвящена изучению процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  с детектором КМД-3 на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 (ИЯФ СО РАН, Новосибирск). Анализ набранной статистики автор начинает с предварительного отбора сигнальных событий, которые имеют свои специфические кинематические особенности и, которые, в свою очередь, позволяют оптимально выбрать критерии отбора. Следующий этап анализа - полное моделирование процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  и основных фоновых процессов ( $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ ) с использованием программного инструментария CMD3SIM, написанная на основе пакета GEANT4. Полное моделирование позволило также определить эффективность регистрации изучаемого процесса в зависимости от энергии, что необходимо при вычислении сечений.

Интеграл светимости, набранный в области энергий омега мезона  $\sim 40$  пб<sup>-1</sup>, позволил автору измерить сечение процесса с лучшими, чем в предыдущих экспериментах, статистической и систематической неопределённостями, что ведёт к меньшим неопределённостям в оценках его вклада в аномальный магнитный момент мюона. Для увеличения числа

отобранных сигнальных событий автор использует инклюзивный подход, не реконструируя нейтральный пион по продуктам его распада на два гамма кванта.


Дарья Сергеевна детально описывает процедуру реконструкции треков в дрейфовой камере и отбора сигнальных событий, вычисление и аппроксимацию Борновского сечения, по результатам которой были определены параметры  $\omega(780)$ -мезона, сравнимые по точности с PDG.

Текст автореферата указывает на высокий профессиональный уровень работы соискателя по теме диссертации, в том числе точность формулировок, ясное и логичное построение текста автореферата. Автореферат отвечает всем требованиям ВАК. Результаты работ представлены в п. 19 Положения ВАК о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь, в 5 тезисах докладов на конференциях.

По материалам, представленным в автореферате, считаю, что диссертационная работа «Проверка Стандартной модели в прецизионных экспериментах при низких энергиях» полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а сама Василевская Дарья Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомных ядер и элементарных частиц.


Я, Федотович Геннадий Васильевич, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси.

Федотович Геннадий Васильевич, д.ф.-м.н., Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН». Тел.: +7 (383) 329-49-84, e-mail: [G.V.Fedotovich@inp.nsk.su](mailto:G.V.Fedotovich@inp.nsk.su)

  
Г.В. Федотович  
« 1 » 02 2024г.

Подпись Федотовича Геннадия Васильевича заверяю:  
Учёный секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук



  
Резниченко Алексей Викторович, к.ф.-м.н  
Тел.: +7 (383) 771-37-60, e-mail: [Reznichenko@inp.nsk.su](mailto:Reznichenko@inp.nsk.su)  
Адрес: 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 11