

УТВЕРЖДАЮ

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова  
доктор физико-математических наук, профессор



\_\_\_\_\_ А.А. Федянин

” 19 ” мая \_\_\_\_\_ 2017 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова” (Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына) о диссертации Жемчугова Евгения Владимировича "Псевдоголдстоуновские и хиггсовские бозоны в Стандартной модели и ее расширениях", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

**Актуальность темы диссертационного исследования.** В основе современных теоретических представлений о физике микромира лежит Стандартная модель (СМ), которая представляет собой калибровочную теорию взаимодействий элементарных частиц со спонтанно нарушенной калибровочной симметрией. СМ хорошо подтверждена экспериментально: открыты все входящие в нее частицы, а теоретические расчеты в ее рамках очень хорошо описывают практически все имеющиеся экспериментальные данные. Таким образом, важнейшими задачами физики высоких энергий в настоящее время являются экспериментальное изучение свойств бозона Хиггса и поиски возможных отклонений от предсказаний СМ. В рассматриваемой диссертации изучается проблема экспериментального нахождения константы тройного самодействия бозона Хиггса, которая очень сильно зависит от структуры скалярного сектора теории. Для этого в диссертации детально рассматриваются различные расширения СМ скалярными полями и исследуется влияние этих полей на процессы парного рождения бозона Хиггса. В диссертации также обсуждаются вклады псевдоголдстоуновских бозонов в процессы рождения нейтральных и заряженных пионов заряженными каонами в электромагнитном поле ядра меди. Таким образом, актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

**Научная новизна.** В диссертации впервые после открытия бозона Хиггса с помощью программы LEPTOP сделан независимый фит СМ по электрослабым наблюдаемым, учитывающий экспериментальное значение массы этого



бозона. Кроме того, в диссертации детально исследованы различные расширения СМ скалярными полями, и для этих расширений впервые вычислены сечения парного рождения бозона Хиггса. Также в ней развита модель, позволяющая описывать резонансы с дифотонной модой распада с помощью скалярной частицы, рождающейся в результате взаимодействия глюонов с гипотетическими векторными фермионами, и впервые вычислены сечения рождения нейтральных и заряженных пионов заряженными каонами в электромагнитном поле ядра меди с учетом вклада киральной аномалии.

**Практическая значимость.** Полученные в диссертации результаты могут найти применение в экспериментах по нахождению константы тройного самодействия бозона Хиггса, проводимых на Большом адронном коллайдере (БАК), а также в экспериментах по рождению нейтральных и заряженных пионов заряженными каонами в электромагнитном поле ядра меди, проводимыми в ИФВЭ.

**Достоверность полученных результатов** обеспечивается использованием в диссертации адекватных приближений и проверенных методов квантовой теории поля. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в пяти статьях в ведущих мировых научных журналах и были представлены на ряде международных конференций.

**Общая характеристика работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав основного содержания, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации — 92 страницы, включая 30 рисунков и 10 таблиц. Список литературы включает 194 наименования.

**В первой главе**, которая представляет собой введение, сделан обзор спонтанного нарушения симметрии в электрослабом секторе Стандартной модели и кратко обсуждено одиночное и парное рождение бозона Хиггса на БАК, а также рассмотрена киральная аномалия в распаде пиона на два фотона. Здесь же разобран описанный в литературе эксперимент по фоторождению пионов пионами в поле ядра, во многом похожий на тот, который впоследствии анализируется в пятой главе диссертации. Кроме того, во введении сформулирована цель исследования, обоснована актуальность и показана научная новизна работы, а также приведены основные результаты, выносимые на защиту.

**Во второй главе** рассмотрено расширение СМ дополнительным скалярным синглетом. Для этого расширения найдены ограничения на параметры потенциала Хиггса, получающиеся из прецизионных измерений электрослабых наблюдаемых и из измерений сил сигналов на БАК. Затем автором рассчитано сечение парного рождения бозона Хиггса в зависимости от значений этих параметров и исследована возможность усиления парного рождения бозона Хиггса массой 125 ГэВ за счет рождения и распада второго, тяжелого бозона Хиггса.

**В третьей главе** рассмотрено расширение СМ одним дополнительным



комплексным скалярным триплетом и модель Джорджи-Махачек. В расширении скалярным триплетом возможность нарушения охранной симметрии приводит к сильным ограничениям на вакуумное значение нейтральной компоненты триплета и на другие параметры модели, поэтому для сечения парного рождения бозона Хиггса приведена лишь верхняя оценка. Модель Джорджи-Махачек рассмотрена с упрощенным потенциалом скалярных полей, аналогичным потенциалу в модели со скалярным триплетом. Для этой модели найдены ограничения на параметры из измерений сил сигналов и показано, что парное рождение легких бозонов Хиггса может быть значительно усилено. Также показано, что при выбранных значениях параметров основной распад тяжелого бозона Хиггса идет в два легких.

**В четвертой главе** анализируется дифотонный всплеск при 750 ГэВ, который был найден в экспериментах на БАК и впоследствии не был подтвержден дальнейшими поисками на большей статистике. Автором показано, что этот всплеск можно описать в расширении СМ скалярным синглетом и векторными кварками или несколькими лептонами и при этом удовлетворить известные экспериментальные ограничения.

**В пятой главе** развито теоретическое описание эксперимента по рождению нейтральных и заряженным пионов заряженными каонами в электромагнитном поле ядра меди. Автор показывает, что в реакцию рождения нейтральных пионов дает вклад киральная аномалия, в то время как в реакции рождения заряженных пионов вклад киральной аномалии сокращается. Сечения обеих реакций вычислены с учетом вклада векторных мезонов для различных знаков интерференционного члена и сделаны предсказания для эксперимента, проводящегося в настоящее время в ИФВЭ.

**В Заключении** автором еще раз подробно сформулированы полученные в диссертации результаты.

У диссертации есть ряд недостатков, наиболее заметным из которых является принятая автором идеология изложения результатов, относящихся к расширениям СМ скалярными полями, в том виде, в котором они представлены в опубликованных работах. Поскольку на БАК происходит быстрое накопление новых экспериментальных данных, имеющих отношение к процессам с тяжелыми скалярными состояниями, некоторые результаты работ, на основе которых написана диссертация и которые сделаны год или два назад, оказываются явно противоречащими этим новым экспериментальным данным. Это особенно ясно видно в четвертой главе, где автор дает теоретическое объяснение скалярного резонанса, который уже закрыт экспериментальными данными. По-видимому, при изложении этих результатов автору следовало бы найти ограничения на параметры рассматриваемой модели, которые получаются из новых экспериментальных данных, иначе эти результаты не имеют особого смысла.



К сожалению, в диссертации встречаются серьезные опечатки. Например, на рис. 2.7 показано, что две нижние кривые отвечают сечению рождения пары бозонов Хиггса порядка пикобарна, в то время как в действительности это должны быть фемтобарны.

Изложенные замечания не снижают общую высокую оценку проделанной работы и научной ценности полученных в диссертации результатов. Выводы и положения диссертации соответствуют представленным результатам. Настоящая работа является законченным научно-квалификационным исследованием, которое выполнено на высоком научном уровне и вносит значительный вклад в актуальное направление современной теоретической физики – исследования свойств бозона Хиггса в расширениях Стандартной модели. Автореферат диссертации достаточно полно отображает содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ, предъявляемыми к авторефератам диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация Е.В. Жемчугова "Псевдоголдстоуновские и хиггсовские бозоны в Стандартной модели и ее расширениях" соответствует требованиям "Положения о присуждении научных степеней", утвержденного постановлением Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г, № 842, предъявляемого к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата наук по специальности теоретическая физика.

Диссертация обсуждена и одобрена на семинаре Отдела экспериментальной физики высоких энергий НИИЯФ МГУ 15 мая 2017 г. Отзыв составлен ведущим научным сотрудником Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В.Скобелева Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, доктором физико-математических наук Волобуевым Игорем Павловичем.

Заместитель директора НИИЯФ МГУ,  
доктор физико-математических наук,  
профессор



В.И. Саврин

Заведующий ОЭФВЭ НИИЯФ МГУ,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Э.Э. Боос

Ведущий научный сотрудник ОТФВЭ НИИЯФ МГУ,  
доктор физико-математических наук

И.П. Волобуев

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова” (Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына)

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы дом 1 строение 2

Телефон: +7 (495) 9393572

E-mail: [volobuev@theory.sinp.msu.ru](mailto:volobuev@theory.sinp.msu.ru)