

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н., А.В. Смирнова на диссертацию А.Ф. Пикельнера "Ренормгрупповые величины Стандартной модели в высших порядках теории возмущений", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02-теоретическая физика.

Диссертация посвящена теоретическому исследованию применимости Стандартной модели элементарных частиц в области сверхвысоких энергий. Объектом исследования являются "бегущие" параметры модели, зависимость которых от характерного энергетического масштаба дается системой связанных дифференциальных уравнений первого порядка – ренормгрупповыми уравнениями. Актуальность тематики в значительной степени связана с обнаружением бозона Хиггса на Большом адронном коллайдере. Именно после измерения его массы появилась возможность провести теоретический анализ границ применимости Стандартной модели путем её экстраполяции в область энергий, недоступных в ускорительных экспериментах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений.

В первой главе приводится обзор известных многопетлевых расчетов ренормгрупповых функций в различных теориях, обсуждаются особенности вычислений в теориях с явной калибровочной инвариантностью и применение методов ренормгруппы к задачам статистической физики, квантовой хромодинамики и в суперсимметричных теориях.

Вторая глава носит технический характер. Представлены методы расчета многопетлевых ренормгрупповых функций и техника вычисления безмассовых диаграмм пропагаторного типа и полностью массивных вакуумных диаграмм.

В третьей главе описывается техника получения граничных условий для уравнений ренормгруппы в Стандартной модели и рассматриваются проблемы редукции и вычисления двухпетлевых диаграмм пропагаторного типа с различными массами на линиях.

Четвертая глава посвящена результатам трехпетлевых расчетов бета-функций констант связи Стандартной модели и двухпетлевых соотношений, связывающих бегущие параметры с наблюдаемыми величинами. Обсуждается применение к анализу стабильности Стандартной модели.

Основными результатами диссертационной работы являются вычисление трехпетлевых вкладов в бета-функции и ранее неизвестных двухпетлевых поправок в соотношения между параметрами модели и наблюдаемыми. Расчеты, сделанные в диссертации, позволили провести самосогласованный анализ проблемы стабильности основного состояния Стандартной модели и на новом уровне точности оценить теоретические неопределенности в этом вопросе.

Благодаря использованию современных методов автоматизированного вычисления многопетлевых диаграмм Фейнмана – базовых элементов ряда теории возмущений – автору удалось провести громоздкие расчеты огромного числа диаграмм, дающих вклад в искомые величины. Результаты для трехпетлевых поправок в бета-функции юкавских констант взаимодействия бозона Хиггса и фермионов Стандартной модели, представленные в диссертации, были получены впервые. Также впервые были найдены электрослабые вклады второго порядка в соотношения, позволяющие извлекать значения бегущих параметров из экспериментально известных величин на хорошо изученном масштабе энергий. Остальные вычисления автора, описанные в диссертации и проведенные для калибровочных взаимодействий и параметров потенциала Хиггса, предоставили независимое подтверждение достоверности результатов, полученных ранее другими авторами, что на современном уровне сложности расчетов в старших порядках теории возмущений является тоже очень важным.

В качестве инструментов исследования автор диссертация выбрал известные компьютерные коды для вычисления трехпетлевых интегралов с одним энергетическим масштабом – MINCER и MATAD, а также пакеты для редукции и вычисления двухпетлевых пропагаторных диаграмм с произвольными масштабами – TARCER и TSIL. Для нахождения электрослабых поправок второго порядка в массы частиц Стандартной модели автору пришлось доработать пакет TARCER, исправив правила для редукции фейнмановских интегралов, соответствующих графу “sunset” с определенной кинематикой. Хотелось бы отметить, что при использовании нескольких специальных кодов по решению соотношений интегрирования по частям можно было бы каждый из них просто и независимо проверять с помощью универсальных публичных кодов, таких как REDUZE и FIRE. (По-видимому, тогда можно было бы быстрее локализовать ошибку в специальном коде TARCER.)

Практическая и научная значимость диссертационного исследования во многом связана с актуальностью проблемы стабильности вакуума в Стандартной модели. Полученные выражения для бета-функций были сразу же использованы другими авторами для изучения поведения потенциала Хиггса в области больших значений полей, что отражено в заметном количестве

цитирований соответствующих работ. Результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых научных журналах и апробированы на конференциях.

Из недостатков диссертации следует отметить некоторую небрежность в оформлении результатов и формулировках и нечёткое выделение результатов (например, с помощью непосредственных ссылок на работы из списка литературы) самого автора среди всех приводимых результатов. В диссертации очень большое количество опечаток и синтаксических ошибок, встречающихся даже в заголовках параграфов и фамилиях коллег. На с. 84 автор перечисляет публичные компьютерные коды, использованные в диссертационном исследовании и, в частности, пишет, что «... для редукции интегралов использовался пакет MATAD [94] и собственная реализация алгоритма Лапорты [117] в виде пакета VAMBA». Но, насколько мне известно, пакет VAMBA был реализован Велижаниным. (Может быть, эта фраза перекочевала из совместной статьи с Велижаниным?)

Эти недостатки не влияют на общую достоверность, актуальность и научную значимость диссертационного исследования. Автореферат отвечает содержанию диссертации, а диссертация соответствует специальности 01.04.02-Теоретическая физика. Считаю, что диссертация "Ренормгрупповые величины Стандартной модели в высших порядках теории возмущений" удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Пикельнер Андрей Фёдорович заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02-Теоретическая физика.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией математического моделирования, Научно-исследовательский вычислительный центр Московского Государственного университета имени М.В. Ломоносова 119991, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, дом 1, стр. 4, НИВЦ МГУ e-mail: asmirnov80@gmail.com телефон: 8 495-939-1609.

А.В. Смирнов

*Подпись
заверено
кадров*

