

Отзыв научных руководителей

о диссертации Пикельнера Андрея Фёдоровича

“Ренормгрупповые величины Стандартной модели в высших порядках теории возмущений”, представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

А.Ф. Пикельнер начал работу над диссертацией после поступления в аспирантуру УНЦ ОИЯИ в 2012 году, где проходил обучение до апреля 2015 года. В процессе обучения им были прослушаны и усвоены курсы предусмотренные программой послевузовской подготовки, а также сданы экзамены кандидатского минимума.

Тема диссертации, предложенная Андрею Федоровичу, связана с исследованием асимптотических свойств Стандартной модели с помощью ренормгрупповых уравнений. При постановке задачи предполагалось выполнить необходимые расчеты квантовых эффектов в третьем порядке теории возмущений. Актуальность темы работы связана, прежде всего, с недавним открытием бозона Хиггса. Измерение массы последнего дало возможность определить численные значения всех параметров Стандартной модели. Неожиданным оказался тот факт, что Стандартная модель может быть самосогласовано проэкстраполирована в область Планковских энергий. Такая экстраполяция немыслима без применения аппарата ренормгруппы, причем учет старших порядков в ренормгрупповых величинах (бета-функциях параметров и аномальных размерностей полей) становится очень важен для точного анализа. Интерес к результатам, представляемым в диссертации, возник также благодаря вопросам, связанным с проблемой стабильности вакуума Стандартной модели. Нельзя не отметить тот факт, что благодаря учету трехпетлевых поправок, наблюдаемые значения масс бозона Хиггса и топ кварка оказываются совместными с требованием абсолютной стабильности электрослабого вакуума в пределах двух стандартных отклонений, в то время как двухпетлевой анализ с необходимостью приводит к так называемому метастабильному сценарию.

Для самосогласованного ренормгруппового анализа в трехпетлевом приближении необходимы как выражения для бета-функций параметров СМ, задающих эволюцию последних в зависимости от шкалы энергий, так и граничные значения параметров на электрослабом масштабе. В диссертации рассмотрены обе эти проблемы.

Нахождение трехпетлевых выражений для бета-функций параметров Лагранжиана СМ является трудоемкой и громоздкой задачей, решение которой немыслимо без глубоких знаний в области квантовой теории поля и теории перенормировок. Нельзя не упомянуть, что в ходе расчета требуется вычислить расходящиеся части более миллиона интегралов Фейнмана, дающих вклад в бета-функции на уровне трех петель, что, очевидно, немыслимо без применения специализированных компьютерных кодов, важная часть из которых была непосредственно реализована А.Ф. Пикельнером. Аналогичные вычисления были проведены независимо от нас двумя группами из университета Карлсруэ, однако результат для трехпетлевых бета-функций юкавских констант был получен нашей группой впервые.

Начальные значения для уравнений возникают при сравнении наблюдаемых с предсказаниями, выраженными через параметры модели. Подобного рода расчеты также основаны на вычислении диаграмм Фейнман, но, в отличие от ренормгрупповых величин, требуют учета конечных частей рассматриваемых диаграмм. Сложность проблемы связана с необходимостью учета различия в массах виртуальных частиц, возникающих в диаграммах, а также требованием явной калибровочной независимости окончательных выражений. Эти задачи были решены А.Ф. Пикельнером совместно с соавторами из Германии. Стоит отметить значительную роль соискателя в выводе аналитических выражений в терминах интегралов специального вида, а также ключевую роль в разработке универсального численного кода,

позволяющего не только находить значения параметров СМ на электрослабом масштабе, но и численно решать полученные ранее трехпетлевые уравнения ренормгруппы для всех параметров СМ.

При решении возникающих в процессе работы проблем А.Ф. Пикельнер продемонстрировал способность самостоятельно прорабатывать большое количество научной литературы, выполнять сложные теоретические расчеты и реализовывать известные и предложенные им самим алгоритмы вычисления диаграмм Фейнмана в виде рабочих компьютерных программ. Он проявлял инициативу в постановке и решении новых задач, а также настойчивость и систематичность при проверке получаемых результатов.

А.Ф. Пикельнер не раз докладывал свои результаты на семинарах и международных конференциях, проводимых в России и за рубежом. Кроме того, он активно участвовал в международном сотрудничестве ЛТФ ОИЯИ с коллегами из Германии.

В целом Андрея Федоровича Пикельнера можно охарактеризовать как сформировавшегося научного работника, способного самостоятельно ставить и решать поставленные проблемы. Несомненно, соискатель достоин степени кандидата физико-математических наук.

Научные руководители:

Главный научный сотрудник сектора №1 ЛТФ ОИЯИ,
д.ф.-м.н., профессор

Казаков Д.И.

Старший научный сотрудник сектора №1 ЛТФ ОИ
к.ф.-м.н.

Бедняков А.В.

Подписи Казакова Д.И. и Беднякова А.В. за
ученый секретарь ЛТФ ОИЯИ

Неделько С.Н.

