

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук Степаньянца Константина Викторовича
на тему: «Точная β -функция $N=1$ суперсимметричных калибровочных теорий
и регуляризация высшими ковариантными производными»
по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика»

Стандартная модель физики частиц должна быть расширена, чтобы объяснить такие явления как нейтринные осцилляции, отсутствие антиматерии во Вселенной, решить проблему тёмной материи и пр. Добавление новых частиц приводит к серьёзной проблеме: использование стандартного теоретико-полевого подхода вычислений квантовых поправок по теории возмущений показывает, что масса хиггсовского бозона должна быть порядка масштаба новой физики, или же должен существовать специальный механизм обеспечивающий сокращение этих поправок. Суперсимметричные модели как раз предоставляют такой механизм (а заодно и кандидатов на роль частиц тёмной материи, механизмы создания асимметрии между материей и антиматерией в ранней Вселенной и многое другое). Прямой поиск суперпартнёров частиц Стандартной модели активно ведётся на самой крупной современной экспериментальной установке, работающей в области физики частиц, – Большом адронном коллайдере. Это подтверждает актуальность теоретических работ по развитию суперсимметричных моделей. Кроме того, суперсимметричные модели позволяют дальше продвинуться в таких вопросах как возможность объединения всех фундаментальных взаимодействий, проведение точных квантовых расчётов и др. Этим обусловлен интерес к суперсимметричным моделям несмотря на довольно обескураживающие результаты Большого адронного коллайдера, показывающего отсутствие суперпартнёров на ТэВном масштабе энергий.

Представленная диссертация по сути посвящена исследованию частного, но широко известного и долго стоявшего на повестке дня вопроса о способе пертурбативного получения одного очень красивого результата в суперсимметричных теоретико-полевых моделях. Результат, полученный несколько десятков лет назад с привлечением специфических для суперсимметричных теорий симметричных аргументов, показывает точную квантовую связь между изменениями калибровочных констант связи и полей с ростом энергетического масштаба. Такие изменения важны в частности для получения более точных ответов для наблюдаемых величин (сечения рассеяния, времена жизни частиц). Основной метод получения ответов основан на использовании техники вычислений по теории возмущений, а для этого теорию надо регуляризовать и перенормировать. В конечном порядке теории возмущений получаемые ответы вообще говоря зависят от этих процедур, и применение обсуждаемого точного результата ограничивалось отсутствием понимания того, при использовании каких конкретно процедур он применим.

В диссертации найден ответ на этот важный вопрос.

Работа заняла много лет, детали исследования представлены в нескольких десятках публикаций в лидирующих научных журналах и хорошо известны научному сообществу. Их изложение в диссертации подробное и точное, все выводы понятны и чётко обоснованы. Все основные результаты, объединение которых позволило получить ответ на главный вопрос, выполнены диссертантом самостоятельно и опубликованы в статьях от одного автора. У меня нет сомнений, что в работах по этой теме с соавторами диссертант играл определяющую роль.

Вместе с тем должен отметить, что представленный текст диссертации не без недостатков. Помимо понятных для такого большого труда опечаток (в том числе в формулах), использования неопределённых в тексте (или определяемых через несколько страниц) обозначений, многочисленных повторов, есть и более серьёзные замечания. Так я не нашёл сильных

аргументов в разделах диссертации и автореферата, посвящённых актуальности исследования. Наоборот, автор указывает там возможное применение своих результатов в моделях с расширенной суперсимметрией, которые несколькими страницами ранее он обозначил как «нефизические».

Затем, хотя основное применение результатов автора именно феноменологическое – для вычисления наблюдаемых в рамках теории возмущений – состояния дел (раздел 1.1 диссертации) тут изложено очень сжато и во многом неправильно. Простейшие модели Великого объединения (всех взаимодействий) в суперсимметричных обобщениях закрыты из экспериментальных данных. Представление о том, что в суперсимметричных обобщениях распад протона идёт медленнее неверно: как раз наоборот и именно за счёт вклада суперпартнёров (непонятна при этом отсылка к работам Particle Data Group, в которых всё изложено подробно и корректно). Представленные графики поведения калибровочных констант связи с энергетическим масштабом для суперсимметричных обобщений Стандартной модели неверны (автор подробно изучал именно этот вопрос!): они нарисованы от масштаба 100 ГэВ, и где-то выше (1 ТэВ? 10 ТэВ?) должны быть пороги от включения вкладов суперпартнёров, иначе например не добиться качественного изменения поведения константы слабых взаимодействий.

В теоретических рассуждениях остались непонятным претензии к строгости аргументов при выводах обсуждаемого точного соотношения, основанных на аномалиях и топологических характеристиках. В конце концов, автор пишет, что использует методы континуального интеграла, существование которого, в строгом математическом смысле, для рассматриваемых теорий пока не доказано. Непонятно, почему конечные перенормировки должны быть пропорциональны числу поколений (при обсуждении схемной зависимости в суперсимметричной электродинамике на стр.39), а без этого приведённое доказательство разваливается.

Наконец, мне очень не понравился автореферат. Половина отведена литературе. В остальной приведены основные формулы и никому, кроме людей, погружённых в проблему, не придёт в голову вообще к какой дисциплине относится работа. Даже физикам, и даже экспериментаторам из физики частиц.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.02 – «теоретическая физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Степаньянц Константин Викторович несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник Отдела теоретической физики
Института ядерных исследований РАН,
ФГБУН «Институт ядерных исследований Российской академии наук»

Горбунов Дмитрий Сергеевич

10.11.2021

Контактные данные:

тел.: +7(499)7839291, e-mail: gorby@ms2.inr.ac.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.02 – теоретическая физика

Адрес места работы:

117312, г. Москва, проспект 60-летия Октября, дом 7а,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук,
Отдел теоретической физики
Тел.: +7 499 135 77 60; e-mail: inr@inr.ru

Подпись сотрудника Института ядерных исследований РАН.

Д.С. Горбунова удостоверяю:

Заместитель директора ИЯИ РАН, д.ф.-м.н.

Г.И. Рубцов