Отзыв научного руководителя
на диссертацию **Кузьмичева Михаила Дмитриевича**
«Ренормгрупповые функции в калибровочных теориях с N=1 суперсимметрией»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.3 – теоретическая физика

Диссертация Михаила Кузьмичева посвящена исследованию квантовых свойств N=1 суперсимметричных теорий. Особый интерес к таким теориям связан с тем, что они являются наиболее вероятными кандидатами на описание т.н. "новой физики", т.е. физики за пределами Стандартной модели сильных и электрослабых взаимодействий. Квантовые свойства N=1 суперсимметричных теорий являются достаточно интересными и нетривиальными. Так, например, в них существует некоторое соотношение между ренормгрупповыми функциями, получившее в литературе название "точная бета-функция Новикова, Шифмана, Вайнштейна и Захарова". Оно представляет собой некую связь между бета-функцией и аномальной размерностью суперполей материи, которая справедлива во всех порядках теории возмущений. Несмотря на то, что оно известно достаточно давно, вывести его с помощью теории возмущений удалось совсем недавно с использованием регуляризации высшими ковариантными производными. При этом важно, что далеко не при всех перенормировочных предписаниях оно справедливо.

Диссертация М.Д. Кузьмичева посвящена проверке различных этапов вывода NSVZ соотношения явными пертурбативными вычислениями. При этом одним из наиболее существенных шагов этого вывода является т.н. теорема о неперенормировке тройных духово-калибровочных вершин. В соответствии с ней тройные вершины с двумя внешними линиями духов Фаддеева–Попова и одной внешней линией квантового калибровочного суперполя конечны во всех порядках теории возмущений. Ряд проверок этой теоремы выполнен в работе М.Д. Кузьмичева. Так, в диссертации было проведено вычисление ряда двухпетлевых диаграмм, дающих вклад в рассматриваемые вершины. В сочетании в другими аналогичными вычислениями, выполненными соавторами М.Д. Кузьмичева, удалось проверить конечность тройных-духово калибровочных вершин в двухпетлевом приближении. При этом необходимо отметить, что благодаря использованию регуляризации высшими ковариантными производными, такое вычисление является крайне сложным с технической точки зрения.

Теорема о неперенормировке тройных духово-калибровочных вершин позволила переписать формулу NSVZ в новой форме, которая связывает бета-функцию в некотором порядке теории возмущений с аномальными размерностями квантовых суперполей в предыдущем порядке. Проверка этой новой формы формулы NSVZ также проводилась в работе М.Д. Кузьмичева. Для этого был вычислен определенный вклад в трехпетлевую бета-функцию от диаграмм, содержащих петлю духов Фаддеева–Попова, и соответствующий вклад в двухпетлевую аномальную размерность духов. Сравнивая два этих результата, была установлена справедливость NSVZ соотношения в новой форме для рассматриваемого класса диаграмм. Аналогичное сравнение было проведено для специальных групп диаграмм N=1 суперсимметричной электродинамике в произвольной ξ-калибровке и для наиболее общей перенормируемой суперсимметричной теории Янга–Миллса с материей. Проведенные проверки подтвердили справедливость формулы NSVZ для ренормгрупповых функций определенных в терминах голых констант связи, а также для стандартных ренормгрупповых функций в схеме

HD+MSL. Это полностью подтвердило полученные ранее точные результаты и стало убедительным аргументом в пользу их справедливости. При этом важно отметить, что проверка проводилась в таких порядках теории возмущений, где становится существенной схемная зависимость.

В диссертационной работе М.Д. Кузьмичев также получил условие, которое эквивалентно требованию ренорминвариантности отношения юкавских констант связи к калибровочной в $P = \frac{1}{3}Q$ суперсимметричных теориях и, предположительно, справедливо для планарных супердиаграмм. Оно представляет собой простое соотношение между аномальными размерностями суперполей материи, духов Фаддеева–Попова и квантового калибровочного суперполя. С помощью явных вычислений его справедливость была проверена в однопетлевом приближении. В двухпетлевом приближении было явно построено перенормировочное предписание, в котором данное соотношение также выполняется.

В ходе работы над диссертацией М.Д. Кузьмичев продемонстрировал целеустремленность, трудолюбие, добросовестность и ответственное отношение к работе. В рамках данной работы Михаил продемонстрировал отличные знания квантовой теории поля, включая такие разделы, как суперсимметрия и перенормировки, а также умение применять свои знания для проведения практических вычислений. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3 – теоретическая физика и соответствует требованиям, установленным Федеральным законом от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» к диссертационным исследованиям.

Необходимо отметить, что диссертационная работа М.Д. Кузьмичева выполнена на высоком научном уровне, полученные результаты опубликованы в шести статьях в ведущих международных журналах, а именно, JHEP, Eur.Phys.J.C, Phys.Rev.D, Nucl.Phys.B и Phys.Lett.B и представляют безусловный интерес.

Я рекомендую диссертацию Кузьмичева Михаила Дмитриевича «Ренормгрупповые функции в калибровочных теориях с N=1 суперсимметрией» к защите по специальности 1.3.3 – теоретическая физика в диссертационном совете 24.1.167.02.

Доктор физико-математических наук,
доцент кафедры теоретической физики
физического факультета МГУ имени М.В.
Ломоносова К.В. Степаньянц

«23» декабря 2023 г.



Подпись К.В. Степаньянца заверяю. /Кассова Н.С./