

## Отзыв научного руководителя

на диссертацию **Мещерякова Николая Павловича**

**«Теоремы о неперенормировке в  $N=1$  суперсимметричных теориях Янга—Миллса»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. - теоретическая физика.

Целью диссертации Мещерякова Николая Павловича является исследование структуры многопетлевых квантовых поправок в  $N=1$  суперсимметричных калибровочных теориях, регуляризованных высшими ковариантными производными.

Такое исследование является особенно актуальным в связи с тем, что теории, инвариантные относительно преобразований  $N=1$  суперсимметрии, и с мягко нарушенной  $N=1$  суперсимметрией представляют большой интерес для феноменологии и активно применяются при попытках описать новую физику за пределами Стандартной модели. Так, одним из наиболее вероятных кандидатов для этого является Минимальная Суперсимметричная Стандартная Модель. Кроме того, существенный интерес вызывают и суперсимметричные теории Великого объединения. При этом имеющиеся в настоящее время указания на существование суперсимметрии (например, объединение бегущих констант связи в суперсимметричных расширениях Стандартной модели) являются косвенными и основаны, главным образом, на анализе квантовых поправок и сравнении этого анализа с экспериментальными данными. Поэтому понимание квантовых свойств суперсимметричных теорий имеет очень большое значение для современной науки. Сами же эти свойства являются весьма интересными даже с чисто теоретической точки зрения. Так, характерной особенностью суперсимметричных теорий является существование т.н. теорем о неперенормировке, которые запрещают существование определенных ультрафиолетовых расходимостей. В теориях с  $N=1$  суперсимметрией наиболее известной из таких теорем является теорема о неперенормировке

суперпотенциала. Тем не менее, она не является единственной. Например, как недавно было показано, в  $N=1$  суперсимметричных калибровочных теориях не перенормируются также и тройные духово-калибровочные вершины. Кроме того, к теоремам о неперенормировке можно отнести и точную формулу Новикова, Шифмана, Вайнштейна и Захарова (NSVZ), которая представляет собой всепетлевое соотношение между  $\beta$ -функцией и аномальной размерностью суперполей материи. До недавнего времени отсутствовал ее вывод методами теории возмущений, и даже не были известны перенормировочные предписания, при которых она справедлива. Решение этих проблем было найдено сравнительно недавно с помощью предложенной Андреем Алексеевичем Славновым регуляризации высшими ковариантными производными. Существенную роль при этом сыграли многочисленные многопетлевые вычисления квантовых поправок при использовании этой регуляризации, часть из которых была сделана Николаем Павловичем. Благодаря этим вычислениям удалось понять структуру квантовых поправок, которая приводит к появлению точной формулы NSVZ, и проверить целый ряд крайне нетривиальных утверждений, лежащих в основе пертурбативного вывода NSVZ соотношения. В частности, важнейшую роль в этом выводе играет теорема о неперенормировке тройных духово-калибровочных вершин. Ее двухпетлевая проверка была выполнена в работах, лежащих в основе диссертационного исследования, причем вклад Николая Павловича был определяющим. Она полностью подтвердила справедливость данной теоремы о неперенормировке, которая позволила переписать соотношение NSVZ в виде формулы, связывающей  $\beta$ -функцию в определенном порядке теории возмущений с аномальными размерностями квантового калибровочного суперполя, духов Фаддеева—Попова и суперполей материи в предыдущем порядке. Проверка справедливости этой формулы и ее графической интерпретации для духового сектора также была выполнена в диссертации Николая Павловича. При этом она была сделана в тех порядках теории возмущений, где уже начинает проявляться схемная зависимость ренормгрупповых функций. Принимая во внимание то, что вычисления в теориях, регуляризованных высшими

ковариантными производными, являются крайне сложными, Николаем Павловичем была решена чрезвычайно трудоемкая и важная задача. Его вычисления подтвердили справедливость новой формы NSVZ соотношения и ее графической интерпретации, позволили понять роль нелинейной перенормировки квантового калибровочного суперполя при проведении многопетлевых вычислений в  $N=1$  суперсимметричных теориях, а также найти ряд неизвестных ранее вкладов в ренормгрупповые функции, например, двухпетлевую аномальную размерность духов Фаддеева—Попова. Также эти вычисления продемонстрировали возможность практического применения недавно предложенного метода для нахождения  $\beta$ -функции  $N=1$  суперсимметричных калибровочных теорий, который требует только вычисления (специальным образом модифицированных) вакуумных суперграфов. Этот метод кардинально упрощает получение  $\beta$ -функции и ранее был существенно использован для проведения всепетлевого пертурбативного вывода NSVZ соотношения. Поэтому вычисления, лежащие в основе диссертации Мещерякова Николая Павловича, позволили дать убедительную проверку правильности всех шагов этого вывода. Кроме того, побочным продуктом вывода формулы NSVZ стало построение всепетлевого предписания, дающего определенный набор NSVZ схем. Как оказалось, они получаются в случае, если теория регуляризуется высшими ковариантными производными, а расходимости устраняются с помощью минимальных вычитаний логарифмов. Эта схема получила в научной литературе название HD+MSL. Вычисления, сделанные Николаем Павловичем, дали убедительное подтверждение этого факта, поскольку схемная зависимость в них уже была существенна.

В связи с вышесказанным, полученные в диссертации результаты, на мой взгляд, представляют несомненный и значительный интерес. Это, в частности, подтверждается тем, что они были опубликованы в ведущих мировых научных журналах, а также докладывались на целом ряде международных и российских конференций. При этом Николай Павлович показал себя талантливым молодым ученым, умеющим решать сложные задачи квантовой теории поля.

На мой взгляд, содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3. – теоретическая физика и критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Я рекомендую диссертацию Мещерякова Николая Павловича к защите по специальности 1.3.3. – теоретическая физика в диссертационном совете МГУ.011.2.

Доктор физико-математических наук,  
доцент кафедры теоретической физики

К.В. Степаньянц

Дата отзыва

Подпись К.В. Степаньянца заверяю:

Ученый секретарь Ученого Совета физического факультета

МГУ им. М.В. Ломоносова

Профессор

В.А. Карavaев