

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Мисуны Никиты Георгиевича на тему "Развернутый подход в теории высших спинов и суперсимметричных моделях", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Исследование полей с высшими спинами представляет собой одно из актуальных направлений в области фундаментальных взаимодействий. С одной стороны такие теории представляют собой дальнейшее расширение моделей супергравитации, в надежде на то, что бесконечномерных симметрий окажется достаточно для того, чтобы справиться с расходимостями гравитации и построить перенормируемую или даже конечную квантовую гравитацию. С другой стороны важным вопросом является связь с теорией суперструн, спектр которой с необходимостью содержит бесконечное число массивных полей высших спинов. Наконец огромный интерес в последние годы вызывает так называемое АДС/КТП соответствие, в котором поля высших спинов возникают естественным образом.

Основным результатом в области теории высших спинов являются уравнения Васильева, в которых ключевую роль играет т.н. развернутый подход. Этот подход является весьма универсальным и применим не только к теории высших спинов, но и к гораздо более широкому кругу задач. Одна из них — построение "off-shell" формулировки для суперсимметричных теорий, где во многих физически важных случаях эта задача обычными (суперполевыми) методами не решается.

Одна из нерешенных задач в теории высших спинов — построение действия (лагранжиан), соответствующего уравнениям Васильева. Поэтому важную роль играет разработка систематической теории возмущений, которая позволяла бы извлекать нелинейные поправки к свободным уравнениям полей высших спинов, что позволяет, в частности, сравнивать результаты теории с результатами полученными другими методами (например их АДС/КТП соответства). Важную роль при этом (из-за присутствия взаимодействий с высшими производными) играет проблема локальности, что требует ограничения на допустимые классы функций (или что во многом эквивалентно на допустимые классы замен переменных).

В развернутом подходе все симметрии (как связанные с геометрией фонового пространства, так и симметрии высших спинов) входят на равном основании. В то же время Лоренц инвариантность физически играет выделенную роль. Поэтому важным является как доказательство Лоренц инвариантности теории, так и построение явно Лоренц инвариантной формулировки, что для случая т.н. расширенных уравнений Васильева одна из задач, решаемых в диссертации.

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

В первой главе в качестве иллюстрации общего метода строится развернутая "off-shell" формулировка суперсимметричной модели Бесса-Зумино. Построен полный набор развернутых уравнений, предложены и решены уравнения, определяющие все возможные суперсимметричные лагранжианы. Для проверки рассмотрены частные случаи, совпадающие с ранее известными. Справедливости ради стоит отметить, что для модели Бесса-Зумино обычная (не развернутая) "off-shell" формулировка и необходимый

для нее набор вспомогательных полей давно известны, что конечно помогло автору в решении задачи. Было бы интересно показать как можно (и можно ли вообще) начиная с "on-shell" формулировки "увидеть", какие вспомогательные поля требуются.

Вторая глава посвящена вычислению квадратичных поправок к свободным уравнениям полей с высшими спинами, что является безусловно важным результатом. Используя разработанный ранее подход, решающий проблему локальности, такие поправки вычислены для членов, порождаемых токовыми взаимодействиями наиболее чувствительными к локальности. Результат получен для общего случая уравнений (с произвольной фазой), при этом в случаях, когда четность сохраняется, он совпадает с полученными другими методами, что служит независимой проверкой правильности подхода. Как уже отмечалось, лагранжиан для теории Васильева отсутствует поскольку сами развернутые уравнения не лагранжевы. В то же время полученные из этих уравнений квадратичные поправки вполне могут оказываться лагранжевыми, т.е. соответствовать некоторым кубическим членам в лагранжиане. Было бы интересно проверить так ли это в общем (не сохраняющем четность) случае. Еще одно замечание касается констант взаимодействия в таких вершинах. В диссертации использована нормировка полей и производных, в которой они безразмерные, при этом (единственная) константа взаимодействия явно не входит. Однако в терминах физических полей константы в вершинах, имеющих разное число производных, будут иметь разную размерность. В обычно нетеровском подходе все эти константы изначально независимы, а связь между ними возникает только в следующем порядке теории возмущений. Поэтому было бы полезным обсудить явные соотношения между ними, как одно из предсказаний теории Васильева.

В третьей главе развивается теория возмущений для расширенных уравнений Васильева, которые помимо обычных один и ноль форм содержат два, три и четыре формы. Нелинейные поправки к уравнениям свободных полей в теории Васильева закодированы в зависимости от вспомогательных твисторных переменных. Решение соответствующих уравнений оказывается технически сложной задачей, требующей весьма громоздких вычислений. Развитый в этой главе универсальный метод решения уравнений, которые возникают в теории возмущений, позволяет существенно упростить пертурбативный анализ и несомненно окажется полезным в дальнейших исследованиях.

Четвертая глава посвящена вопросу о Лоренц инвариантности расширенных уравнений, при этом важную роль сыграли и результаты третьей главы. Была построена явно Лоренц инвариантная формулировка этих уравнений (что является важным результатом как с принципиальной, так и с практической точки зрения) и приведен явный вид переопределения полей (которое имеет вид Штукельберговского преобразования), которое связывает две формулировки. В диссертации рассмотрен только случай бозонных полей, хотя уравнения Васильева описывают как бозоны, так и фермионы. Поскольку суперсимметрия (также как и Лоренцевская симметрия) играет выделенную роль (как например в суперструне), было бы интересно понять возможна ли явно суперсимметричная формулировка тех моделей с бозонами и фермионами которые такой симметрией обладают.

Пятая глава посвящена исследованию сохраняющихся зарядов в теории Васильева. Она основана на том, что замкнутая два-форма, которая появляется в расширенных уравнениях, при интегрировании по два-циклу дает калибровочно инвариантный заряд, который сохраняется точно. В теории Васильева помимо физических полей при-

существуют топологические сектора, обладающие конечным числом степеней свободы, роль которых до последнего времени была непонятна. В диссертации высказана и обоснована гипотеза о том, что эти топологические поля могут играть роль химических потенциалов, сопряженных различным зарядам. В качестве примера вычислены заряды черной дыры Керра с высшими спинами.

В целом диссертация представляет собой выполненное на высоком научном уровне исследование по актуальной тематике. Результаты опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и докладывались и обсуждались на целом ряде международных конференций и семинаров. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Н. Г. Мисуны "Развернутый подход в теории высших спинов и суперсимметрических моделях" удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент

Зиновьев Юрий Михайлович

доктор физико-математических наук

главный научный сотрудник

НИЦ "Курчатовский институт" – ИФВЭ

Протвино, Моск. обл., площадь Науки, д. 1

телефон (4967) 713160

E-mail yuri.zinoviev@ihep.ru



Подпись Зиновьева Ю. М. заверяю

Ученый секретарь

НИЦ "Курчатовский институт" – ИФВЭ



Прокопенко Н. Н.

