ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора физико-математических наук Юрия Михайловича Зиновьева, на диссертацию Никиты Михайловича Заиграева «$N = 2$ суперсимметричная теория высших спинов в гармоническом суперпространстве», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – 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. Как в теории высших спинов, так и в теории суперструн ключевую роль играют суперсимметрии, обеспечивающие лучшее ультрафиолетовое поведение теорий. До недавнего времени такого рода исследования были в основном ограничены простой $N = 1$ суперсимметрией, поэтому исследования $N = 2$ суперсимметричных теорий являются важным шагом в развитии этого актуального направления.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав основного текста, заключения и двух приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются его цели и задачи. Там же приведены основные положения, выносимые на защиту, информация о новизне, практической значимости и об апробации полученных результатов.

В первой главе описан суперполевой формализм, основанный на гармоническом суперпространстве. Это единственный подход, который позволяет работать полностью вне массовой поверхности без чего все дальнейшее были бы невозможно. В качестве иллюстрации приведены примеры известных ранее супермультиплетов.

Вторая глава посвящена построению явной суперполевой реализации $N = 2$ супермультиплетов высших спинов для случаев, когда старший спин является целым. Показано, что такие мультиплеты описываются аналитическими суперполями, на которые не наложено никаких связей, что играет важную роль в дальнейшем. Показано, что существует калибровка, аналогичная калибровке Весса-Зумино, демонстрирующая правильный набор физических полей супермультиплета. Также в этой главе построено действие для таких мультиплетов и показано, что в компонентах оно сводится к сумме свободных лагранжианов для целых и полуцелых спинов.

В третьей главе выводятся (двумя разными, но эквивалентными способами) суперполевые уравнения для свободных супермультиплетов высших спинов. Они выводятся вариацией ранее построенного действия и здесь важную роль играет тот факт, что на поля не наложены связи.

Четвертая глава посвящена построению кубических вершин взаимодействия супермультиплетов высших спинов с гипермультиплетами. После анализа (ранее известных) примеров для мультиплетов со старшими спинами 1 и 2, был явно построен новый пример для случая спина 3. Затем было найдено обобщение этих результатов сразу на

случай произвольного спина, что лишний раз продемонстрировало мощь используемого суперполевого формализма. Взаимодействие имеет классическую структуру "поле х суперток"и свойства этих супертоков анализируются.

В пятой главе явно построены глобальные преобразования свободных гипермультиплетов, которым по теореме Нетер соответствуют сохраняющиеся супертоки, определяющие кубические взаимодействия из предыдущей главы. Таким образом, как и следовало ожидать эти взаимодействия соответствуют локализации найденных глобальных симметрий.

Шестая глава основана на том, что гармоническое $N = 2$ суперпространство допускает реализацию суперконформных преобразований. Это позволили, анализируя общую форму взаимодействия мультиплетов высших спинов с гипермультиплетами, определить минимальный набор аналитических суперполей, описывающих суперконформный супермультиплет, его калибровочные преобразования и компонентный состав.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы. С моей точки зрения наиболее важные результаты работы состоят в следующем.

- Важнейшим результатом является само построение полного (действие, калибровочные преобразования, уравнения) суперполевого формализма для супермультиплетов высших спинов вне массовой поверхности. Это послужило основанной для всей работы.

- Нетривиальным является построение взаимодействия супермультиплетов произвольного спина с гипермультиплетами также вне массовой поверхности, что не часто встречается в теории высших спинов.

- Важным также являются найденные глобальные симметрии свободных гипермультиплетов, что и сделало возможным их взаимодействия с мультиплетами высших спинов. Эти результаты естественным образом обобщают ранее известные результаты такого рода на случай $N = 2$ суперсимметрии.

Диссертация выполнена на высоком физическом и математическом уровне по актуальной тематике. Полученные результаты являются новыми, они полностью обоснованы, опубликованы в ведущих международных научных журналах и докладывались на многочисленных научных семинарах и конференциях. Достоверность результатов обусловлена как корректностью использования математического аппарата теоретической физики, так и их согласованностью со всеми ранее известными. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

По результатам хотелось бы сделать следующие замечания.

- Как уже отмечалось в основе данного исследования лежит построенное во второй главе суперполевое описание мультиплетов высших спинов с целым старшим спином. Вместе с тем, есть немало аргументов в пользу того, что полная теория должна включать и мультиплеты, в которых старший спин полуцелый. Спектр физических полей в таких мультиплетах хорошо известен, поэтому важно было бы подробнее обсудить вопрос о том, что мешает построить их суперполевое описание.

- Судя по классификации кубических вершин взаимодействия супермультиплетов высших спинов, полученной в формализме светового конуса Мецаевым, для супермультиплетов со старшим полуцелым спином существуют нетривиальные кубические вершины их взаимодействия с дублетом (векторный мультиплет, гипермультиплет). Это значит, что исследование глобальных преобразований симметрии такого дублета или, что эквивалентно, исследование сохраняющихся токов, построенных из этих супермультиплетов, могло бы позволить понять спектр суперполей, необходимый для описания мультиплетов во старшим полуцелым спином.

Данные замечания имеют характер пожеланий для дальнейшей работы и не снижают научное значение уже полученных результатов.

Учитывая вышесказанное, считаю, что рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Никита Михайлович Заиграев, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — 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
email: yurii.zinoviev@ihep.ru
Телефон: 967 197 12 55
специальность 01.04.02

Подпись Зиновьева Юрия Михайлович заверяю
Ученый секретарь
НИЦ "Курчатовский Институт" — ИФВЭ
25.09.2024

Н. Н. Прокопенко