

Отзыв официального оппонента

Константина Борисовича Алкалаева на диссертационную работу Козырева Николая Юрьевича «Расширенные суперсимметрии и их спонтанное нарушение в механике и теории протяженных объектов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «Теоретическая физика»

Диссертация Козырева Н.Ю. посвящена исследованию ряда систем с расширенной суперсимметрией, как в механике, так и в теории поля. Значительное место в работе занимает описание суперсимметричных механик частиц на пространствах старших размерностей, взаимодействующих с калибровочными полями. На основе результатов исследований суперсимметричных механических систем, в диссертации сформулирован метод построения компонентных эффективных действий суперсимметричных p -бран, содержащих в бозонном секторе только скалярные поля. Построенные действия представляют интерес для исследования непертурбативных свойств теории струн. Этот комплекс вопросов, известный под общим названием суперсимметричные теории, играет очень важную роль в понимании основных структур единой теории фундаментальных взаимодействий. Суперсимметрия возникает в широком круге задач, связанных с теориями струн, конформными теориями, голографической дуальностью, квантовой гравитацией, физикой конденсированного состояния и т. д. Подобная универсальность суперсимметричных теорий легко объясняется с одной стороны присутствием в природе частиц по меньшей мере двух типов — бозонов и фермионов, а с другой стороны, руководящей ролью принципа симметрии во всех успешных фундаментальных теориях.

Следует отметить, что в диссертации Н.Ю. Козырева решен круг вопросов, актуальных не только для разработки структуры самих суперсимметричных теорий, но также имеющих практическое приложение при изучении ряда задач, связанных с суперсимметричными обобщениями квантового эффекта Холла. Так, проведенное диссертантом исследование действий суперсимметричных механик со спонтанным нарушением суперсимметрии, позволяет понять общую структуру компонентных действий с половинным спонтанным нарушением суперсимметрии. Кроме того, действия механик с нарушенной суперсимметрией использованы как основа для обобщения действий с высшими производными для так называемого аниона - трехмерной массивной частицы с произвольным спином, играющей центральную роль в описании эффекта Холла, а также для частицы с жесткостью.

Диссертация имеет объем 139 страниц и состоит из Введения, трех глав, Заключения и списка литературы, включающего 54 библиографические ссылки.

Во Введении кратко обоснована актуальность темы диссертации, приведены ее цели и выполненные задачи, а также содержание диссертации по главам.

В первой главе построены $N=4$ суперсимметричные механики на комплексных проективных пространствах CP^n в присутствии внешних $U(n)$ магнитных полей, доказана инвариантность их гамильтонианов относительно групп $SU(n+1)$. Также на пространствах CP^{2k+1} построены $N=2$ суперсимметричные механики специального вида, допускающие переформулировку как $N=2$ механики на кватернионных проективных пространствах HP^k во внешних $SU(2)$ магнитных полях.

Во второй главе построен ряд суперсимметричных действий частиц с половинным спонтанным нарушением суперсимметрии, показано, что их зависимость от фермионных

степеней свободы определяется нарушенной суперсимметрией. В частности, для частиц в трехмерном пространстве-времени построены $N=4, 8, 16$ – суперсимметричные действия, а также показано, что их возможно обобщить до инвариантных относительно произвольно большого числа ($N=4 \cdot 2^k, k=0,1,2,3,\dots$) суперсимметрий. Также построены действие частицы в пятимерном пространстве-времени с 16 суперсимметриями и $N=4$ суперсимметричные обобщения действий для аниона и частицы с жесткостью, зависящие от вторых производных координат частицы.

В третьей главе сформулирован метод построения компонентных суперсимметричных эффективных действий бран, бозонный сектор которых включает только скалярные поля, а нарушена половина суперсимметрий. В частности, построены действия мембраны в $D=5$ и 3-браны в $D=6$, описываемых физическими полями, принадлежащими киральным мультиплетам $N=2, d=3$ и $N=1, d=4$ суперсимметрии. Также построены действия для Голдстоуновских $N=4, d=3$ и $N=2, d=4$ гипермультиплетов - эффективные действия для мембраны в $D=7$ и 3-браны в $D=8$.

В Заключении подведены итоги работы и приведены основные результаты.

Все выносимые на защиту результаты работы являются новыми:

1. Построены $N=4$ суперсимметричные механики на комплексных проективных пространствах CP^n , включающие взаимодействие с внешним $U(n)$ калибровочным полем специального вида, с сохранением симметрий исходной суперсимметричной CP^n механики. Также построены $N=2$ суперсимметричные механики на пространствах CP^{2n+1} нестандартного вида, допускающие гамильтонову редукцию к механикам на кватернионных проективных пространствах HP^n .

2. С использованием метода нелинейных реализаций, построены компонентные действия суперчастиц в трехмерном пространстве-времени, с половинным спонтанным нарушением $N=4, N=8, N=16, \dots N=4 \cdot 2^k$ суперсимметрий, а также частицы в пятимерном пространстве-времени с 16 суперсимметриями. Также построены $N=4$ суперсимметричные обобщения некоторых действий частиц с высшими производными.

3. Разработан метод построения эффективных действий P-бран, определенных как функционалы компонент суперполей. С его помощью построены действия мембран в $D=5,7$ и 3-бран в $D=6,8$, показана инвариантность этих действий относительно ненарушенной и спонтанно нарушенной суперсимметрий.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для изучения проявлений суперсимметрии в физике конденсированного состояния, и, в частности, исследования квантового эффекта Холла в пространствах высших размерностей. Построенные функционалы действия бран могут найти применение при изучении непертурбативных свойств теорий супергравитации, а также космологических моделей.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах, неоднократно докладывались на представительных международных конференциях и научных семинарах, хорошо известны специалистам. Из семи работ автора пять являются статьями в рецензируемых журналах из перечня рекомендованных ВАК РФ. Содержание автореферата правильно отражает содержание диссертации.

Следует отметить, что оцениваемая диссертация не лишена некоторых недостатков:

- Автором уделено недостаточное внимание обзору литературы по теме диссертации, что проявляется в относительно кратком обосновании актуальности темы и, как следствие, в недостаточно полном цитировании существующей литературы по данному предмету.
- В диссертации не проанализировано, не приводит ли включение фермионных степеней свободы в известные действия с высшими производными, суперсимметричное обобщение которых осуществлено в диссертации, к появлению классических и квантовых патологий, таких как нестабильность или нарушение унитарности.

В целом следует признать, что наличие перечисленных недостатков не уменьшает научной ценности и достоверности полученных в диссертации результатов, а также не отменяет их новизны.

Считаю, что представленная к оценке диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ кандидатским диссертациям, а ее автор Козырев Николай Юрьевич, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

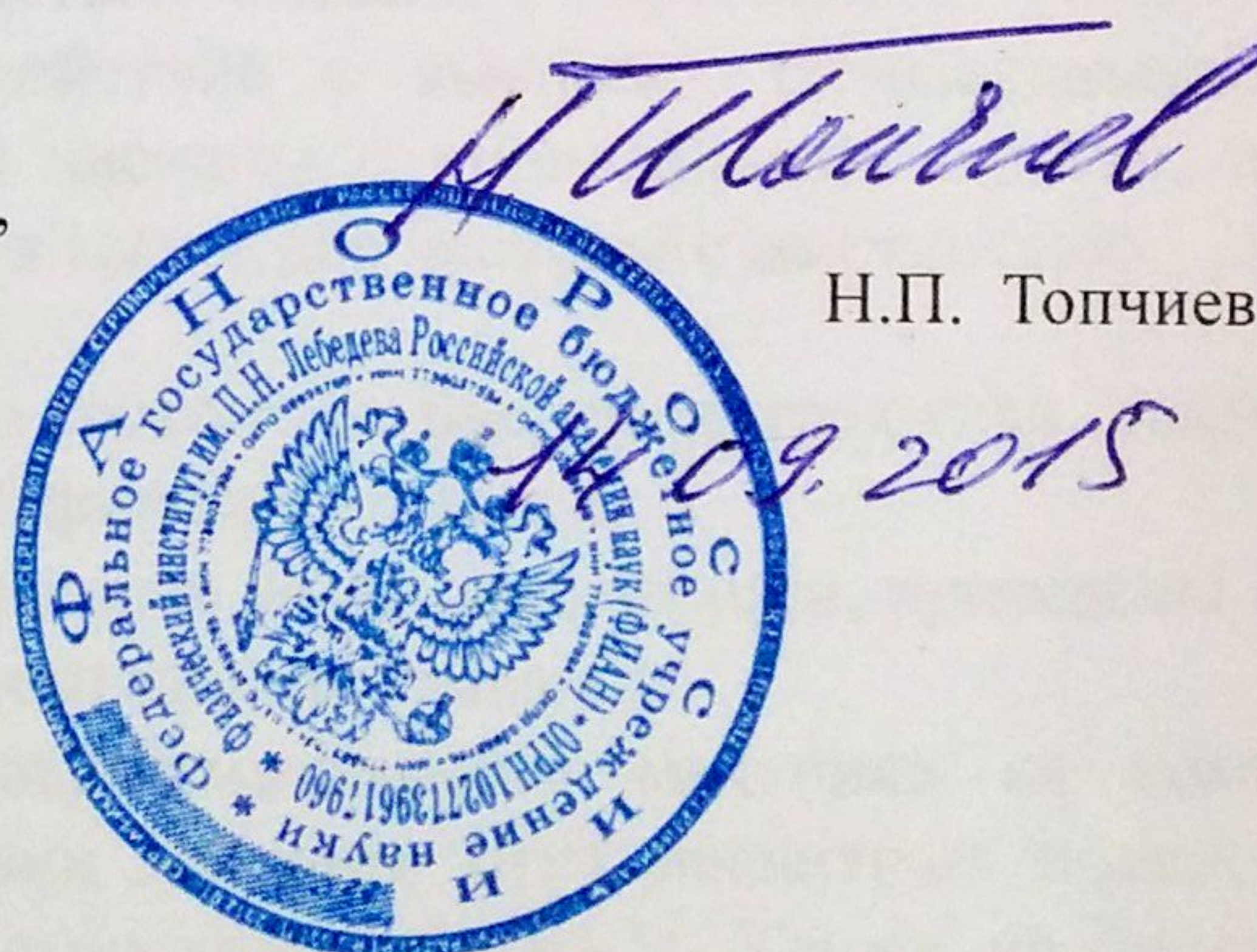
Кандидат физико-математических наук
по специальности 01.04.02 «Теоретическая физика»

К. Б. Алкалаев

Старший научный сотрудник
Отделение теоретической физики
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
г. Москва, Ленинский проспект 53,
тел. +7 499 132 69 14
alkalaev@lpi.ru

Подпись К.Б. Алкалаева удостоверяю:

Ученый секретарь
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,
кандидат физико-математических наук



Н.П. Топчиев