

## ОТЗЫВ

*официального оппонента, доктора физико-математических наук Антона Владимировича Галажинского о диссертации 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.*

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Исследование суперсимметричных моделей механики, теории поля и теории струн традиционно занимает одно из центральных мест в теоретической и математической физике. Актуальность проблем, рассматриваемых в диссертационной работе Н.Ю. Козырева, обусловлена несколькими активно развивающимися на сегодняшний день направлениями современной теоретической физики. Модели механики с расширенной суперсимметрией представляют интерес в контексте изучения различных аспектов соответствия между теорией струн в искривленном пространстве и конформной теорией поля на границе (АдС/КТП-соответствие), в частности, при разработке АдС<sub>2</sub>/КТП<sub>1</sub>-соответствия. Такие системы играют важную роль при построении эффективного описания геометрии экстремальных черных дыр вблизи горизонта событий. Построение суперсимметричных моделей р-бран представляется важным с точки зрения разработки так называемой бранной космологии, согласно которой наблюдаемая вселенная представляет собой брану, вложенную в пространство большего числа измерений. Исследование суперсимметричных р-бран также играет центральную роль при анализе непертурбативного сектора теории струн.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Работа имеет следующую структуру: введение, три главы, заключение и список цитируемой литературы. Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста и содержит 54 библиографические ссылки.

Введение посвящено обзору научного направления, в рамках которого выполнена данная работа. В нем обоснована актуальность темы, приведена общая постановка цели и задач исследования, изложены структура и содержание основной части диссертации.

В первой главе диссертации рассмотрены две разновидности суперсимметричной механики, представляющие интерес с точки зрения квантового эффекта Холла. В частности, построена  $N=4$  суперсимметричная механика в комплексном проективном пространстве  $CP^n$  в  $U(n)$ -магнитном поле и  $N=2$  суперсимметричная механика в пространстве  $CP^{2k+1}$ , которая может быть сформулирована как механика на кватернионном проективном пространстве  $HP^k$  в  $SU(2)$ -внешнем магнитном поле.

Во второй главе диссертации построены функционалы действия для суперчастиц со спонтанным нарушением половины суперсимметрий. В частности, сформулированы функционалы действия суперчастиц в трехмерном пространстве-времени со спонтанным нарушением суперсимметрии  $N=4 \rightarrow N=2$ ,  $N=8 \rightarrow N=4$ ,  $N=16 \rightarrow N=8$ , а также построено действие суперчастицы в  $D=5$  с  $N=16 \rightarrow N=8$  суперсимметрией. Предложены  $N=4$  суперсимметричные обобщения функционала действия для аниона и частицы с жесткостью.

В третьей главе диссертации исследуются эффективные действия суперсимметричных бран, бозонный сектор которых включает только скалярные поля. В



частности, построены мембраны в  $D=5$  и 3-браны в  $D=6$ , описываемые киральными супермультиплетами  $N=2, d=3$  и  $N=1, d=4$  суперсимметрии, соответственно, и мембраны в  $D=7$  и 3-браны в  $D=8$ , описываемые гипермультиплетами  $N=4, d=3$  и  $N=2, d=4$  суперсимметрии, соответственно.

В заключении подведены итоги работы и приведен список результатов, выносимых на защиту.

### **Оценка научной новизны и достоверности результатов**

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Построена новая  $N=4$  суперсимметричная механика в комплексном проективном пространстве  $CP^n$  в  $U(n)$ -магнитном поле и  $N=2$  суперсимметричная механика в пространстве  $CP^{2k+1}$ .
2. На основе метода нелинейных реализаций построен ряд новых функционалов действия для суперчастиц в  $D=3$  и  $D=5$  со спонтанным нарушением половины суперсимметрий. Предложены новые  $N=4$  суперсимметричные расширения для модели аниона и частицы с жесткостью.
3. На основе метода нелинейных реализаций предложена процедура построения компонентных действий на массовой поверхности для суперсимметричных р-бран с половинным частичным нарушением глобальной суперсимметрии. Впервые построены функционалы действия мембран в  $D=5, 7$  и 3-бран в  $D=6, 8$ .

Достоверность полученных результатов обусловлена четкой постановкой задач и их решением с применением стандартных методов теоретической и математической физики.

**Практическая значимость.** Результаты диссертационной работы могут быть использованы при исследовании суперсимметричных обобщений квантового эффекта Холла, при изучении различных сценариев бранной космологии и при анализе проявлений суперсимметрии в моделях физики конденсированного состояния вещества.

**Основные результаты диссертации опубликованы** в 7 работах автора, в числе которых 5 статей в журналах из перечня рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ.

**Содержание автореферата** правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертации прошли апробацию на международных научных конференциях.

При оценке диссертационной работы следует сделать следующие замечания:

1. Общим недостатком работы является недостаточно подробное обсуждение физических следствий из полученных в диссертации новых научных результатов. В частности, в тексте диссертации следовало бы более детально обсудить что нового результаты, полученные в Главе 1, позволяют узнать о суперсимметричной версии квантового эффекта Холла. Аналогичное замечание можно отнести и к моделям суперсимметричных р-бран, для которых было бы интересно прояснить их статус в контексте бранных космологических сценариев.
2. При исследовании моделей с высшими производными в разделе 2.9. Главы 2 следовало обсудить возможные проблемы, связанные с проявлением неустойчивости в классическом режиме и появлением гостов, либо нарушением

унитарности, в квантовом режиме, которые обычно сопровождают теории с высшими производными.

3. В водной части диссертации при обосновании актуальности темы исследования и описании последних достижений в данной области не упоминается целый ряд важных работ, определивших развитие данного направления.

Указанные недостатки не снижают научных достоинств диссертации. Полученные в ней результаты являются новыми и представляют несомненный научный интерес.

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

Официальный оппонент:

Профессор кафедры высшей математики и математической физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», доктор физико-математических наук (диссертация защищена по специальности 01.04.02 – теоретическая физика)



Галажинский Антон Владимирович

634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30  
тел. +7 3822 606334  
e-mail: galajin@tpu.ru

Подпись А.В. Галажинского заверяю:

Ученый секретарь ФГАОУ ВО НИ ТПУ



Ананьева Ольга Афанасьевна

23.04.2015