

## ОТЗЫВ

научного руководителя, доктора физ.-мат. наук, С.О. Кривоноса о диссертации Н. Ю. Козырева “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 в Диссертационный совет Д 720.001.01 ЛТФ им. Н.Н.Боголюбова ОИЯИ.

С Николаем Козыревым я впервые познакомился в 2010 году, когда он, будучи студентом 4 курса естественно-научного факультета Тульского Госуниверситета, появился в нашей Лаборатории и выразил желание заниматься теоретической физикой. Не скрою, вначале я был настроен весьма скептически, ибо курс был четвертый, впереди маячила защита диплома, а соответствующая подготовка практически отсутствовала. Поэтому, Николаю было предложено в течении двух месяцев самостоятельно изучить основы суперсимметрии, включая ее математический аппарат. Выдав соответствующие ссылки и пару книжек, я, мысленно попрощавшись и с Николаем и с книжками, уехал в командировку. К моему искреннему изумлению, через два месяца Коля появился и достаточно бойко изложил изученный материал. Ну и после этого мы решили рискнуть и приступили к совместной работе. Собственно говоря, риск был в том, что в очень короткий срок было необходимо не только изучить много нового материала по суперсимметрии в  $D=1$ , но и решить задачу о построении системы, в которой  $N=4$  киральный мультиплет взаимодействует с магнитным полем. Сама поставленная задача тоже была нетривиальна, ибо на уровне фольклора бытовало утверждение, что реализовать заявленное взаимодействие с помощью киральных полей невозможно. К счастью, к этому моменту уже была разработана новая методика включения взаимодействия с помощью изоспиновых переменных и в общих чертах было понятно как и куда двигаться. Николай активно включился в работу, одновременно посещая лекции по теории групп, квантовой теории поля и суперсимметрии, которые читались сотрудниками нашей Лаборатории на кафедре теоретической физики Дубненского университета. К лету 2011 года основные вычисления были выполнены, а результаты работы, помимо того что они были опубликованы в журнале *Physical Review D*, составили содержание дипломной работы Козырева “Двумерные суперсимметричные механики с калибровочными полями”, которую он с отличием и защитил. Хочется отметить, что уже в процессе подготовки этой первой совместной работы, высокий научный потенциал Николая, его работоспособность и готовность к многочасовым обсуждениям проблемы с разных точек зрения, были отмечены нашими соавторами. Так началось мое научное сотрудничество с Николаем Козыревым, которое вплоть до сегодняшнего дня оказывается чрезвычайно плодотворным. В соавторстве с Николаем за неполные четыре года были опубликованы 8 работ, семь из которых и составили содержание его диссертации.

Основным объектом исследования в диссертации Н. Козырева являются суперсимметричные системы, в которых взаимодействие практически полностью фиксируется

симметриями системы. Продолжая исследования одномерных суперсимметричных механик, в 2012 году Николаем были выполнены две работы по построению механик на проективных и кватернионных многообразиях. Первая глава диссертации Николая как раз и посвящена детальному описанию методов и подходов к построению  $N=2,4$  суперсимметричных механик с нетривиальными бозонными секторами.

Во второй главе диссертации Н. Козырева рассмотрены вопросы построения действий суперчастиц в  $D=3$ . Интересно отметить, что двигаясь шаг за шагом от  $N=4$  суперсимметрии к  $N=8$ , а затем и к  $N=16$ , именно Николай заметил, что построенные действия очень похожи, если их записывать в подходящих переменных. А раз так, то оказывается возможным построить универсальные действия суперчастиц с произвольно высокой,  $N = 4 \cdot 2^k$  суперсимметрией, что и было сделано Н. Козыревым. Еще одним свойством трехмерных систем является возможность построения анионов и их суперсимметричных расширений. Подробное описание построения таких систем также приведено в этой главе.

Заключительная глава диссертации Козырева посвящена применению развитых в предыдущих главах диссертации методов к построению компонентных действий суперсимметричных мембран и три-бран. Обычно, при построении систем со спонтанно нарушенной суперсимметрией основными объектами являются суперполя ненарушенной суперсимметрии, в то время как требование инвариантности относительно нарушенной суперсимметрии должно фиксировать функциональную свободу предполагаемого действия. Основным же методом построения, как правило, является метод нелинейных реализаций. Как это часто и случается, очевидные соображения не всегда удается реализовать. В данном случае основная проблема состоит в том, что суперполевым Лагранжиан  $p$ -бран не является строгим инвариантом, а сдвигается на полную производную при преобразованиях суперсимметрии. А раз так, то и построить его из форм Картана невозможно. Если же, пожертвовав суперполевым описанием, мы сосредоточимся на нарушенной суперсимметрии и компонентном описании, то функциональная свобода суперполевого подхода сведется к нескольким константным параметрам, которые и фиксируются ненарушенной суперсимметрией. Именно этот подход, развиваемый в диссертации Н. Козырева и позволил построить совершенно новые действия суперсимметричных мембраны в  $D=6$  и три-браны в  $D=8$  на основе соответствующих гипермультиплетов. Хочется отметить также весьма оригинальный способ решения некоторых нелинейных уравнений сопровождающих построение действий, предложенный Николаем и состоящий в реверсии аргументов: поскольку после решения уравнений и подстановки найденных выражений в действие последнее должно быть инвариантно, то верно и обратное. И тогда можно найти решения, стартуя из инвариантности действия и выписывая уравнения на те же объекты. Но уравнения теперь становятся линейными и могут быть явно решены.

Следует отметить, что поставленные и решенные в диссертации задачи относятся к самым интересным и, в тоже время, очень тонким и математически довольно сложным вопросам современной теории суперсимметрии. И в процессе решения этих задач Николай Козырев продемонстрировал свободное владение самыми современными методами математической физики. Хотелось бы еще раз отметить высокую работоспособность Николая, его умение ставить правильные задачи и самостоятельно их решать.

Все полученные в диссертации результаты являются новыми и оригинальными, они хорошо известны специалистам и широко цитируются в литературе. В получении

этих результатов ключевая роль, несомненно, принадлежит Н. Козыреву. Материалы диссертации своевременно опубликованы в ведущих научных журналах, неоднократно докладывались на представительных международных научных конференциях.

Суммируя все вышесказанное, считаю, что Николай Юрьевич Козырев несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - "Теоретическая физика".

Научный руководитель,  
ведущий научный сотрудник  
Лаборатории теоретической физики им Н. Н. Боголюбова  
Объединенного института ядерных исследований  
доктор физ.-мат. наук



С. О. Кривонос

“Подлинность подписи С. О. Кривоноса удостоверяю”

Ученый секретарь  
Лаборатории теоретической физики им Н. Н. Боголюбова



С. Н. Неделько



19 Марта 2015 г.