

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“

Автор на дисертационния труд:

Мирослав Владимиров Радомиров, редовен докторант към катедра Теоретична физика на ФзФ-СУ по научно направление 4.1 Физически науки (Теоретична и математическа физика).

Тема на дисертационния труд: Конструкция и свойства на холографски модели.

Рецензент: Наум Иванов Карчев, д-р, доцент

Основният текст на дисертационния труд заема 120 страници. Той съдържа увод, изложение разпределено в 7 глави, заключение обсъждащо приносите на автора, списък с неговите публикации и конференциите в които е участвал. Списъкът на използваната литература съдържа 82 заглавия. Авторефератът има 34 страници и отразява правилно и пълно основния текст.

Първите 6 глави са обзорни, имащи за цел да ни въведат в тематиката. Седма и осма глави представят резултатите от изследванията на докторанта.

Актуалност на разработвания проблем

Актуалността на темата е демонстрирана от докторанта в обзорната част на дисертационния труд.

Глава 2 започва с представяне на калибровъчните теории. Те са описани подробно и умело. Имам само една забележка, статията на Янг и Милс не е включена в списъка

на използваната литература макар че тя оказва огромно влияние във физиката. Следва описание на конформните теории, като акцентът са двумерните конформни теории. Втора глава завършва с представяне на суперсиметричната алгебра и реализации на суперсиметрични лагранжиани. Много подробно е описано суперпространството което се състои от координатите на пространство-времето и няколко двойки антикомутиращи грасманови координати. Искам да отбележа че имената на създателите на този формализъм A.Salam и J.A.Strathdee отсъстват.

Трета глава е посветена на теория на струните. Може би най-първо трябва да отбележим че струнната теория е резултат от мощен тласък на експерименти във физика на елементарните частици. При опит за анализ на сблъсъка на π -мезоните Венециано създава своята теория за адроните и техните резонанси. Идеята за струните възниква при опит да се осмисли теорията на Венециано, като почти паралелно Намбу и Гото представят своята теория на бозе струната при която действието е пропорционално на площта на описвания от струната миров лист.

Ако квантуваме бозе струната използвайки Хамилтонов формализъм ние достигаме до теория в която генераторите на групата на Лоренц удовлетворяват алгебрата само в пространство време $D=26$. За да разбере този проблем Поляков (Brink, DiVecchia, Howe, and Deser ,Zumino) разглежда ново действие за бозе струната което съдържа метриката индуцирана върху мировия лист. На класическо ниво двете действия водят до еквивалентни теории. Той използва техниката на континуален интеграл за да квантува теорията и показва, че макар действието да е инвариантно относно симетрията на Weyl, то интегралът не е, което води до появата на нов член в действието, което зависи от индуцираната метрика и изчезва при $D=26$.

Ако теорията на Поляков се квантува с операторния формализъм важна роля играят генераторите на калибровъчните преобразования. В класическия случай, когато се пресмятат скобите на Поасон, те удовлетворяват

алгебра която е пряка сума на две алгебри на Witt. При квантуване Virasoro получава алгебрата с централно разширение, т.е. с допълнителен член който не съдържа генератори, резултат от пренареждане на операторите.

В калибровачните теории възникват състояния с отрицателна норма. Тази трудност се решава с формализъм от типа на Gupta-Bleuler в квантовата електродинамика. Този формализъм в теория на струните, по еквивалентен начин се заместват с ограниченията на Virasoro. Решавайки тази задача се появява израза $D-26$. При $D>26$ има състояния с отрицателна норма, при $D<26$ те са с положителна норма и има много повече физически състояния от очакваните. При $D=26$ тези състояния са нула. Дисертантът разглежда много подробно алгебрата на Virasoro но не обсъжда ограниченията на Virasoro.

Бозонната струна включва само бозони в теорията. За да се включат и фермионите се въвежда суперструната. Описани са подробно два подхода, този на Рамон-Невешварц при който формализмът е суперсиметричен върху мировия лист на струната и този на Грийн-Шварц който е суперсиметричен в 10-мерното фоново пространство.

Установено е че суперсиметрията може да бъде включена в теорията на струната по пет начина. Всъщност всичките пет суперструнни теории са свързани чрез „дуални“ преобразования. Дисертантът е описал много подробно T дуалността и S дуалността поради важност за неговите изследвания.

T -преобразованията действат в пространства в които има поне една област с топология на окръжност с радиус R . При това преобразование радиуса се мени на $1/R$. Допълвайки това с размяна на импулса с броят на намотките на струната върху окръжността, ние получаваме че затворената бозонна струна не мени спектъра.

S -преобразованията заменят физическите състояния и вакуума на една теория с константа на връзката „ g ” с физическите състояния и вакуума на друга теория с константа на връзката $1/g$.

Четвъртата глава на дисертационния труд е посветена на холографското съответствие. Най-успешната реализация на холографския принцип е съответствието AdS/CFT. От едната страна на съответствието е струнна теория в анти-де Ситерово пространство, а от другата страна е конформна теория на елементарните частици, например теория на Yang-Mills. Тази идея има много последователи защото предоставя мощен инструментариум за изучаване на силното взаимодействие в квантовите теории на полето.

В пета глава се обсъждат математическите методи за изследване на холографски модели с нерелативистка симетрия. В частност описана е алгебрата и пространството на Шрьодингер. Показан е пътя за получаване на пространството на Шрьодингер прилагайки TsT деформации. В този случай се появява ново поле свързано с параметъра на прехода към пространство на Шрьодингер (параметър на деформация).

В шеста глава се обсъждат пулсиращите струни които са обект на изследване в оригиналните работи на дисертанта. Причината за интереса е че при пулсиращите струни квадрата на Хамилтониана има вида на Хамилтониана на точкова частица.

Огромния брой статии посветени на проблема и цитатите свързани с тях доказват актуалността на задачата.

Описание на приносите в дисертационния труд

Оригиналните резултати, които обогатяват знанията в дадената област, са описани в главите седем и осем. Те са получени прилагайки описаните в главите пет и шест техники за изследване на пулсиращи струни.

В (7.1) са намерени класическите уравнения на пулсиращи струни в $Schr_5 \times S^5$ и са намерени решенията на тези уравнения. Осъществено е квазикласическо квантуване и е намерено уравнението на Шрьодингер. Намерен е и спектърът по енергия на струната.

В (7.2) са намерени поправките към енергията и аномалните размерности.

В (8.1) са намерени класическите уравнения на пулсиращи струни в $Sch_{r_5} \times T^{1,1}$ са намерени решенията на тези уравнения. Осъществено е квазикласическо квантуване и е намерено уравнението на Шрьодингер. Намерен е и спектъра по енергия на струната.

В (8.2) са намерени поправките към енергията и аномалните размерности.

Ако в получените резултати се извършат гранични преходи по определен начин, засягащ параметъра на деформация, се получават резултати известни в литературата.

Числови показатели

Всичките публикации на кандидата са в съавторство с проф. Рашков, доц. Димов и гл. асистент Вецов. Едната е публикувана в JHEP [IF9(2020)=5.81], две в Journal of Physics and Technology и една в Journal of Physics A [IF=2.132]. Според Препоръчителните изисквания към кандидатите за придобиване на научните степени във ФзФ на СУ публикациите са в реномирани издания. Не са забелязани независими цитирания на публикациите по дисертацията, което е обяснимо предвид малкото време, изминало след тяхната поява.

Лични впечатления и допълнителни данни за кандидата

Нямам лични впечатления от докторанта но е очевидно, че той е придобил задълбочени знания и технически умения във важна и перспективна област на теоретичната физика, чието усвояване и прилагане изискват много усилия.

Критични забележки

Няколко препоръчителни забележки бяха направени по-горе в текста. Основната ми забележка се отнася за връзките на Virasoro. Те се появяват в (7.16) и (7.17) без обяснения. Не се прави връзка с операторното квантуване на струната. Нужен е коментар. Накрая искам да отбележа, че не е показано кои резултати в кои статии са публикувани. Тези забележки не може да променят мнението ми, че са получени интересни резултати.

Заключение

От казаното по-горе, в съответствие с изискванията на ЗРАС и Правилника към него, отчитайки Препоръчителните изисквания към кандидатите за придобиване на научни степени във Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ **препоръчвам на уважаемото жури да присъди на Мирослав Владимиров Радомиров, редовен докторант към катедра Теоретична физика на ФзФ-СУ по научно направление 4.1 Физически науки (Теоретична и Математическа физика), образователната и научна степен „доктор“.**

София, 14.07.2021г.

Рецензент:

(доц. д-р Наум Карчев)