

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за получаване на
образователната и научна степен
Доктор
по специалност 4.1 Физически науки
на тема: „Конструкция и свойства на холографски модели“
Автор: Мирослав Владимиров Радомиров

Изготвил рецензията:

Владимир Кръстев Добрев, д.ф.н., професор, ИЯИЯЕ при БАН

1. Дисертантът завършва Физическия факултет на СУ специалност физика, през 2015 като Бакалвър, през 2017 получава диплома за Магистър. През 2018 е приет за докторант във ФзФ на СУ с научен ръководител проф. дфн Радослав Рашков.

2. *Общо описание на публикациите в/у които се базира дисертацията* – 4 публикации, от които 2 статии в списания с импакт-фактор (една в много престижното списание JHEP) Публикациите са в съавторство с научния ръководител и други съавтори. Приемам, че докторантът има водещ принос в поне една от двете публикации с импакт фактор.

Заклучение:

Кандидатът изпълнява изискванията на ФзФ на СУ за степента „Доктор“, а именно: да има поне три публикации, от които най-малко две статии в реномирани издания, в поне една от които кандидатът трябва да има водещ принос.

3. Дисертацията е на български език в обем 121 страници, като включва: 6 уводни глави, глави 7-ма и 8-ма съдържат оригиналните резултати, глава 9 е заключителна с обобщение на основните приноси, 1 приложение, списък на цитираната литература от 82 заглавия. Авторефератът е в обем 37 страници и адекватно отразява дисертацията.

4. Актуалност на темата на дисертацията

В последните 30 години имаше повишен интерес към (супер-)конформните теории в произволни размерности на пространството-времето. Това се случи след забележителното предложение на

Малдасена, съгласно което границата $N \rightarrow \infty$ на една конформно-инвариантна теория в размерност d се управлява от супергравитация (и струнна теория) в $(d+1)$ -мерно пространство на анти де Ситер (обозначавано често $AdS_{(d+1)}$) в пряко произведение с едно компактно многообразие на вътрешна симетрия. Разбира се връзката м/у тези пространства е изучавана от други гледни точки и преди Малдасена. По-късно в работи на Губсер-Клебанов-Поляков и Витен бе предложена точна формулировка на съответствието м/у наблюдаемите в конформната теория на полето и тези в супергравитацията, а именно корелационните функции в конформната теория на полето се задават от зависимостта на действието на супергравитацията в асимптотическа безкрайност. По-явно казано, едно конформно поле ω съответства на AdS поле ϕ , когато има конформно-инвариантно куплиране $\int \phi_0 \omega$, където ϕ_0 е стойността на ϕ на границата на $AdS_{(d+1)}$. Нещо повече размерността Δ на оператора ω се дава от масата на чстицата описвана от ϕ в супергравитацията. Също така спектърът на Калуца-Клайн възбужденията на $AdS_5 \times S^5$ се намират в точно съответствие с оператори от 4-мерна $N=4$ супер Янг-Милс теория. След тези начални статии имаше експлозия от резултати главно в две направления: 1) изчисляване на конформни корелатори изхождайки от AdS ; 2) намиране на съответствие м/у гравитационни и струнни спектри с тези от конформните теоретии.

Тези развития намериха отражение и в изучаването и приложението на нерелативистките симетрии. Ролята на последните в теоретичната физика винаги е била важна. Понастоящем струнната теория има претенцията да бъде универсална теория обхваща в едно цяло релативистичната квантова теория на полето, класическата гравитация, и естествено, нерелативистичната квантова механика, като ги обединява така че не е даже нужно да се отделят тези компоненти, Като со спомним, че крайъгълният камък на квантовата механика е уравнението на Шрьодингер, не ни изненадва, че групата на Шрьодингер, която е максималната група на симетрия на уравнението на Шрьодингер, понастоящем играе все по-важна роля в теоретичната физика. От математична гледна точка е важно, че най-напред алгебрата на Шрьодингер бе въведена от Нидерер и Хаген като нерелативистична граница на векторно-полева реализация на конформната алгебра. Следващ тласък на това развитие бе даден от Сон, който започвайки от AdS пространство в $d+3$ мерно пространство време с метрика инвариантна спрямо конформната алгебра $so(d+1,2)$, след това

деформира AdS метриката за да редуцира найната симетрия до тази на алгебрата на Шрьодингер.

Като вземем предвид връзката м/у конформната и Шрьодингер алгебрите възниква естествения въпрос за нерелативисткия аналог на съответствието AdS/CFT при което конформната симетрия е заместена от симетрията на Шрьодингер.

Този въпрос има вече положителен отговор в много статии.
Разглежданата дисертация е принос в това направление.

5. Основни научни резултати

Според двойствеността на AdS / CFT се предполага, че полу-класическите струни в пространството-време на Шрьодингер са холографски дуални на дипол в CFT. Конкретно са разгледани пулсиращи струни в петмерно пространство на Шрьодингер Sch_{r5} умножено по S^5 . Намерени са класически струнни решения, пулсиращи изцяло в Шрьодингер частта на фона. Теорията е квантувана квази-класически и е получена вълновата функция на задачата. Намерени са корекциите на енергията, които поради дуалността трябва да дадат аномалите размерности на някои оператори в диполната CFT.

Стремежът към разширяване на холографската кореспонденция с нерелативистки сектори естествено включва фона на Шрьодингер и техните дуални в теорията на полето. Този фон се получава чрез прилагане на специални (TsT) трансформации към максимално симетрични AdS5 x S⁵ пространство-време. След трансформациите новата геометрия придобива нетривиално антисиметрично B-поле, което е струнна аналогия на магнитно поле.

В тази постановка е разгледан е стандартния израз за Намбу-Гото струнно действие и е намерен съответния хамилтониан. Също така е квантувана теорията полукласически и са получени вълновата функция, енергийният спектър и аномалните размери на операторите от дуалната калибровъчна теория.

В горната постановка също е разгледан стандартния израз за струнното действие на Поляков и са намерени съответните струнни уравнения на движение. Намерени са някои явни решения на уравненията и са анализирани техните свойства.

Аналогично на по-горното разглеждане е холографското съответствие с пулсиращи струни в пет измерения, но тук пространството на Шрьодингер се куплира с тор $T^{1,1}$, който има като теория на полето двоен дипол в CFT. Първо се намират конкретни решения за пулсиращи струни и след теорията се квантува полукласически. Получена е вълновата функция на проблема и детайлно са изучени корекциите на енергията, които трябва да са свързани с аномалите размерности на някои оператори в диполната CFT.

5. Научни приноси

В глави 7-ма и 8-ма се съдържат научните приноси изложени в дисертацията, като 7-ма глава е фокусирана върху изследване на пулсиращи струни в $Schr5 \times S5$, а в 8-ма глава е направен аналогичен анализ пулсиращи на струни в $Schr5 \times T^{1,1}$.

Приносите съдържащи се в 7-ма глава са:

1. Получен е общият вид на класическите уравнения за движение на затворена бозонна струна в пространството $Schr5 \times S5$.
2. С подходящо избран пулсиращ анзац са намерени решенията на класическите уравнения, които се изразяват със специални функции на Якоби. Направен е анализ на решенията при различен избор на параметрите на теорията.
3. Приложен е методът на квазикласическо квантуване на получената пулсираща струна, при който е получено уравнението на Шрьодингер.
4. С подходящо разделяне на променливите е намирен явния вид на вълновата функция на уравнението на Шрьодингер заедно с условията за квантуване, от които следва директно спектъра по енергии на струната.
5. По теория на пертурбациите са намерени квантовите поправки към енергията в аналитичен вид. Тези поправки са идентифицирани с аномалните размерности на оператори от дуалната полева теория.

Приносите в 8-ма глава са:

1. Получен е общият вид на класическите уравнения за движение на затворена бозонна струна в пространството $Schr5 \times T^{1,1}$.

Приноси 2-5 са аналогични на тези в Глава 7 за случаят тук.

6. Обща характеристика на дисертацията и приносите в нея:

Темата на дисертацията е в един актуален раздел на теоретичната физика. Текстът на дисертационния труд показва, че дисертантът познава добре състоянието на проблема. Избраната методика на изследване е адекватна на поставените цел и задачи на дисертационния труд. Приносите могат да се класифицират като получаване и доказване на нови факти и като обогатяване на съществуващите знания.

7. Критични бележки. Заглавието на дисертацията не е съвсем адекватно на съдържанието. Би трябвало думата „нерелативистка/о/и“ да присъства в заглавието. Разбира се, това не променя оценката на труда.

8. Заключение: по мое мнение дисертацията изпълнява напълно изискванията за ОНС 'Доктор' приети от ФзФ на СУ. Затова предлагам на Научното жури да присъди образователната и научна степен 'Доктор' на Мирослав Владимиров Радомиров.

Дата: 15.7.2021г.

/проф. дфн Владимир Добрев/