

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен
„доктор”

Автор на дисертационния труд: Димо Любомиров Арnaudов,
докторант във Физическия факултет на Софийски университет „св. Кл. Охридски”

Тема на дисертационния труд: *„Пертурбативни и непертурбативни аспекти на дуалността между струни и калибровъчни теории”*

Научен ръководител: проф. дфн Радослав Христов Рашков (ФзФ-СУ)

Рецензент - член на научното жури:

проф. дфн Емил Рафаелов Нисимов (ИЯИЯЕ-БАН)

1. Обща характеристика на дисертационния труд

Дисертационният труд е написан на български език, с обем от 123 стр., състои се от увод, 6 глави, от които глави 4-та до 6-та съдържат оригиналните резултати, заключение, 6 приложения, 11 фигури, библиография от 157 заглавия.

Още първото основно впечатление при запознаване с дисертационния труд е, че дисертантът добре познава състоянието на изследванията в света по проблемите в дисертацията и компетентно се ориентира в твърде широкообхватната научна литература по дисертационната тематика.

Избраната методика на изследване е напълно адекватна на поставените цел и задачи на дисертационния труд. Тя се основава на използването на широк диапазон методи от съвременния апарат на теоретичната физика и математиката, в това число: непертурбативни подходи в квантовата теория на полето; непертурбативни методи в струнната теория; съвременни математични концепции и подходи в общата теория на относителността; методи от теория на интегрируемите системи и хамилтонови динамични системи с връзки; методи на диференциалната геометрия; методи от теория на групите; методи от теорията на специалните функции.

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и правилно отразява както съдържанието, така и основните научни приноси на дисертационния труд.

2. Актуалност на дисертационната тематика

Тематиката на дисертацията спада към една от най-активно развиваните понастоящем области в съвременната теоретична физика. Основната мотивация идва от фундаменталната концепция/хипотеза в струнната теория на фундаменталните взаимодействия между елементарните частици при свръхвисоки

ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

енергии за „холографска“ дуалност между гравитация в пространство-време с едно допълнително измерение и калибровъчни полеви теории в обичайното плоско пространство-време на Минковски разглеждано като граница на обемащото многомерно пространство-време.

Тук първостепенна роля играе т.н. *анти-де-Ситер/конформно-полева (AdS/CFT) дуалност* (или *холографско съответствие*) на Малдасена като пръв и най-базисен пример на дуалност между квантова гравитация в $(d+1)$ -мерно пространство-време (по-точно, струнна динамика в специфичен гравитационен фон $AdS_5 \times S^5$) от една страна, и обичайна квантова теория на полето в d -мерно плоско пространство-време (по-точно, конформна теория на полето върху асимптотичната граница на AdS_5) от друга страна. В този контекст струнната теория при силна връзка се оказва дуално еквивалентна на слабо свързана теоретикополева теория и обратно, което означава, че *AdS/CFT* съответствието е изключително важен инструмент за разбиране на физиката на квантовите калибровъчни системи при силна константа на връзка. Същевременно дуалността на Малдасена показва, че свойствата на гравитацията при много малки разстояния би трябвало да са независими от спецификата на пространствено-временната асимптотика на големи разстояния. Отгук следва, че *AdS/CFT* съответствието играе съществена роля за разбиране на такива фундаментални проблеми на квантовата гравитация като процесите на раждане и "изпарение" на черни дупки и на свързания с тях информационен парадокс.

Друга фундаментална характеристика на струнната динамика е, че в редица физически важни случаи съществените ѝ свойства се описват от *интегрируеми* динамични (хамилтонови) системи. Това забележително откритие дава нов тласък на взаимобогастващото взаимодействие между теорията на елементарните частици при свръхвисоки енергии и теорията на нелинейните солитонни процеси.

Настоящата дисертация е посветена главно на систематичното непертурбативно изследване на калибровъчни полеви теории с помощта на нетривиални решения в струнната теория в рамките на квазикласическия подход към гравитационно-калибровъчнополевата дуалност.

3. Кратка характеристика на основни научни приноси

Дисертацията се състои от три дяла. Първият дял има обзореен характер, където след общия увод глави 1-ва до 3-та дават систематичен но стегнат обзор на известните и най-важни резултати касаещи общата идеология и главните конструкции в гравитационно-калибровъчнополевата дуалност. В частност, въведени и са описани свойствата на три основни класа класически струнни решения играещи първостепенна роля в дуалността - въртящи се, "пръчковидни" и "гигантски магнони".

Третият дял обхваща 6 приложения съдържащи кратки описания на някои ключови подходи и резултати от литературата съществено използвани при пресмятанятията в дисертацията: геометрия на пространства на анти-де Ситер; квантова теория на полето с конформна симетрия; вертексен подход в струнната теория; $N=6$ суперсиметрична калибровъчна теория на Черн-Саймънс в $(2+1)$ -мерно пространство-време.

ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

Оригиналните резултати се съдържат във втория дял (глави 4-та до 6-та).

Основните приноси в дисертацията могат да се категоризират формално като:

- (i) доказване с нови средства на съществени нови страни на съществуващи научни проблеми и теории;
- (ii) получаване и доказване на нови научни факти.

Най-съществената част от тези приноси се заключава в следното:

- 3.1** В глава 4-та се изследват подробно решения тип "пулсиращи струни" в струнна теория с динамика в обемащо пространство-време с геометрия от типа $AdS_5 \times Y_5$, където Y_5 са пространства на Сасаки-Айнщайн. Тази геометрия е по-обща от първоначалната $AdS_5 \times S^5$ и е по-интересна от физическа гледна точка, тъй като съответните дуални калибровъчни теории са по-близки до квантовата хромодинамика. В рамките на квазикласическия подход са пресметнати съответните поправки към енергиите на струнните конфигурации, където според дуалността тези енергии съответстват на аномални размерности на квантовополеви оператори в дуалната калибровъчна теория.
- 3.2** Глава 5-та е посветена на пресмятане на корелационни функции в дуалната калибровъчна теория в режим на силна връзка прилагайки вертексия подход в струнната теория. Намерени са нови типове 3- и 4-точкови корелатори с използване на струнни решения тип "пръчковидни". Намерени са също логаритмично разходящите се квантови поправки към 3-точкови корелатори с помощта на дуални струнни решения върху $AdS_5 \times S^5$ от тип "кръгови въртящи се" и "гигантски магнони".
- 3.3** В глава 6-та са пресметнати 3-точкови корелационни функции в калибровъчни теории (по-близки до реалистичните), чиято дуална струнна динамика се развива в обемащи време-пространства с други различни фонови геометрии: (а) $AdS_4 \times CP^3$, чиято дуална калибровъчна теория "живее" в $(2+1)$ -мерно пространство време и е суперсиметрична конформна Черн-Саймънс теория с разширена $N=6$ суперсиметрия; (б) деформирана $AdS_5 \times S^5$ геометрия на Луин-Малдасена, чиято дуална калибровъчна теория е т.н. γ -деформирана калибровъчна теория на Янг-Милс с обикновена $N=4$ суперсиметрия. Използвани са различни типове класически струнни решения - точковидна струна, кръгова, "пръчковидна", "гигантски магнон", "шиповидна" струна.

Считам, че дисертантът има равностоен и съществен принос във всичките му съвместни трудове с научния му ръководител и други (старши) съавтори. Основания за това твърдение са както декларациите от страна на самия научен ръководител, така и личните ми впечатления.

ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

4. Публикации и тяхното отражение в литературата

Резултатите в дисертацията са публикувани общо в 7 научни труда. Сред тях са 2 статии във *Physical Review D*, по една статия в *International Journal of Modern Physics A*, *Journal of Physics A*, *Fortschritte der Physik*, плюс 2 доклада в пълен текст в сборници трудове на международни конференции (публикувани в *Bulg. J. Phys.* и *AIP Conf. Proc.*). Споменатите списания са сред водещите в света международни физически списания с импакт-фактор. Специално бих отбелязал значителния брой независими цитирания от чуждестранни учени за относително твърде краткия период изминал след публикацията на трудовете по дисертацията - 48 на брой. В частност, една от работите на дисертанта е цитирана вече 19 пъти, а друга - 11 пъти. Сред цитиращите го чуждестранни автори фигурират имената на водещи международни експерти в областта.

5. Значимост на приносите за науката и практиката

Главната ценност на резултатите в дисертационния труд се състои в техния принос за строгото обосноваване на фундаменталната концепция за „холографска” дуалност между гравитацията във време-пространства с допълнително измерение от една страна, и различни типове калибровъчни полевни теории описващи физиката на границата на обемащото многомерно пространство-време, от друга страна: на първо място - квантовата хромодинамика, релятивистката хидродинамика и физиката на кондензираните среди.

6. Лични впечатления

Димо Арнаудов демонстрира отлична ерудираност, задълбоченост и самостоятелност. Имам много благоприятни впечатления от високата му научна компетентност и творческа активност в качеството му на участник в научния колектив на Договор ДО 02-257/18.12.2008 - завършващ понастоящем голям интердисциплинарен и междуинституционален проект финансиран от националния Фонд „Научни изследвания”.

7. Забележки

Нямам критични забележки по същество и по отношение на резултатите в дисертацията. Единствено бих отбелязал пропуската на дисертанта да включи в самата дисертация отделен списък с кратка формулировка на основните приноси (такъв списък е включен в автореферата). Препоръчвам на дисертанта по възможност да преведе дисертационния си труд на английски език и да го публикува в международния електронно-препринтен архив <http://arxiv.org/>.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение нека отбележим следните главни достойнства на защитаваният дисертационен труд:

ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

(а) Резултатите отразени в дисертацията представляват новост и забележим принос в съвременната струнна единна теория на фундаменталните взаимодействия във физиката на елементарните частици при свръхвисоки енергии.

(б) В дисертацията се решават актуални нетривиални проблеми, които са от съществено значение за развитието на дадената област в условията на силна международна конкуренция.

(в) Дисертантът демонстрира много добра ерудиция, компетентност и самостоятелност, в частност показва професионални умения при боравене със сложен съвременен апарат от теоретичната и математическата физика.

(г) Публикациите на резултатите в дисертацията са в елитни международни физически списания с висок импакт-фактор и за кратък период са събрали внушителен брой цитирания, вкл. от водещи учени в света.

Приносите в дисертацията изцяло отговарят на, и дори надвишават, стандартните изисквания за присъждане на образователната и научна степен „доктор”. Въз основа на горните преценки убедено препоръчвам на високоуважаемото жури да присъди на Димо Любомиров Арнаудов образователната и научна степен „доктор”.

28.05.2012 г.

проф. дфн Емил Рафаелов Нисимов