

ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА  
**СТАНОВИЩЕ**

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

**Автор на дисертационния труд:** Цветан Иванов Вецов,

докторант във Физическия факултет на Софийски университет „св. Кл. Охридски”

**Тема на дисертационния труд:** „Струнен подход към калибровъчните теории”

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

**Член на научното жури:** член-кор. на БАН, проф. дфзн Емил Рафаелов Нисимов (ИЯИЯЕ-БАН)

**1.Обща характеристика на дисертационния труд**

Представеният за защита дисертационен труд е в областта на теорията на струните, по-специално, в бурно развиващата се нейна подобласт, наречена „гравитационно-калибровъчнополева дуалност“, в частност - „ $AdS_{d+1}/CFT_d$  –съответствие”. Това е съответствие между двойка модели: струнна теория, в която струната динамика е върху пространството на анти-де Ситер с размерност  $d+1$  ( $AdS_{d+1}$ ), от една страна, и конформна квантово-полева теория  $CFT_d$ , дефинирана върху границата на  $AdS_{d+1}$ , от друга страна. Тази граница е конформно еквивалентна на  $d$ -мерно плоско пространство-време. Двете теории са взаимно дуални.

Нека отбележим, че  $AdS_{d+1}/CFT_d$  –съответствието е реализация на холографския принцип, формулиран от Г. ‘т Хоофт, според който описанието на една пространствено-времева област се кодира върху поведението на границата ѝ (напр., върху гравитационния хоризонт).  $AdS_{d+1}/CFT_d$  –съответствието ни дава възможност да получим недостъпна чрез други методи непетурбативна информация при големи константи на връзка за конформните теории на полето от дуалния им струнен модел или, в частност, от нискоенергетична негова граница. Така напрмер, суперструнната ПВ-теория върху  $AdS_5 \times S^5$  пространство е дуално еквивалентна на конформната Янг-Милс калибровъчна теория със 4 суперсиметрии върху  $R_4 \times S^5$ . Интересен факт за суперструнната теория върху това фоново пространство е, че класическата задача представлява напълно интегрируема система – съществува безкраен брой запазващи се товари, които са кодирани в матрицата на монодромите. Въпреки това е трудно да се намерят точни решения. Всяко такова решение дава точна информация за съответната дуална калибровъчна теория. В рамките на съответствието има 3 класа задачи:

(а) Спектрален проблем - намиране структурата на оператора на дилатациите (един от операторите на конформната симетрия). След много усилия и огромно количество работи в литературата, по принцип той се счита за решен.

(б) Намиране на корелационните функции. В тази област в рамките на съответствието кипи много активна дейност увенчана с голямо количество интересни резултати.

(в) Отчитане на приноса на т.н. „ $D_p$ -брани“. След работите на Полчински беше осъзнато, че теорията на струните съдържа освен фундаменталните струни, допълнителни степени на свободи в термини на  $p$ -мерни хиперповърхнини –  $p$ -мерни мембрани („ $p$ -брани“), върху които са зададени граничните условия на отворените струни и които имат физически смисъл. Един важен клас  $p$ -брани са  $D_p$ -браните, които са  $p$ -мерни мембрани, върху които са зададени гранични условия на Дирихле.

В дисертацията се разглеждат и решават проблеми в изброените области (а) –(в) за суперструни в 10-мерно пространство - известно е, че в  $d+1=10$  плоско пространство в основното състояние на квантово-механичния спектър на суперструните не се съдържат нефизичните тахиони (частици с имагинерна маса) . Изследвани са важни аспекти на  $AdS/CFT$ –съответствието като за определен интересен супергравитационен фон се отчита и приносът на  $D_p$ -браните ( $p=5, 7$ ).

Няма съмнение, че разработваните в дисертационния труд проблеми са интересни, актуални и в силно конкурентна област.

**ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА**

Дисертацията съдържа 8 глави, от които:

(а) Глави 1-ва до 4-та имат обзорен характер. В тях дисертантът е направил логически самосъгласувано и стегнато изложение на цели обширни области от квантовата теория на полето, съвременната теория на струните и AdS/CFT–съответствието, които са в основата на получените резултати в дисертационния труд. Тук Цветан Вецов демонстрира, че компетентно се ориентира в постигнатите досега резултати в световната литература. Всички понятия, използвани в следващите глави, са дефинирани, като се обръща внимание на съвременното състояние на проблемите и са коментирани важните тънкости в теорията .

(б) Глави 5-та до 7-ма са посветени на оригиналните резултати на дисертанта (вж. по-долу).

(в) Заключителната 8 глава е посветена на възможни бъдещи направления на развитие на тематиката на дисертацията

(г) Дисертацията съдържа 7 приложения с извод или формулировка на важните формули. Библиографията се състои от 178 заглавия.

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и правилно отразява съдържанието и научните приноси на дисертационния труд.

## 2. Основни научни приноси

Основните приноси в дисертацията, изложени в глави 5, 6 и 7, са следните:

(1) Суперструните притежават локална фермионна симетрия – т.н. капа симетрия, отговорна за правилния брой фермионни степени на свобода. За геометрията на Пилх-Уорнър е намерено капа-симетричното влагане на D5 и D7 брани, съвместимо с уравненията за движение.

(2) Получени са скаларните флуктуации около класическите капа-симетрични влагания на D5 и D7-брани в тази геометрия, които дават възможност на дисертанта да получи явният вид на мезонните спектри. Забележително е, че резултатите са напълно аналитични.

Резултатите (1) и (2) са изложени в глава 5 и представени в електронния архив:

R. C. Rashkov and T. Vetsov, "Holographic mesons in global Pilch-Warner background geometry", [arXiv:1502.04493v1 [hep-th]].

(3) Получени са 3-точкови корелационни функции с 2 „тежки” и един „лек” оператори в максимално суперсиметричната калибровъчна теория на Янг-Милс с 4 суперсиметрии. Пресметнати са и някои 4-точкови корелатори, съдържащи леки дилатонни и първични кирални оператори за решения на пръчковидни струни. На тези резултати е посветена глава 6 на дисертацията и публикациите:

D. Arnaudov, R. C. Rashkov and T. Vetsov, "Three- and four-point correlators of operators dual to folded string solutions in AdS<sub>5</sub>xS<sup>5</sup>", Int. J. Mod. Phys. A 26, 3403 (2011)

D. Arnaudov, R. C. Rashkov and T. Vetsov, "Three-point correlators of operators dual to folded string solutions in AdS<sub>5</sub>xS<sup>5</sup>", Bulg. J. Phys. 38, 329 (2011)

(4) За определен клас от т.н. факторизиращи се класически струнни решения върху AdS<sub>5</sub>xS<sup>5</sup> пространството са изследвани Лаксовите оператори и са получени съответните им алгебрични криви (производящи функционали на законите за запазване в съответната напълно интегрируема система) . Тези точни класически решения са основа за намиране на квазикласически струнни решения – област, която сама е предмет на голям интерес. Резултатите са изложени в глава 7 и в следния препринт от електронния архив:

D. Arnaudov, R. C. Rashkov and T. Vetsov, "On the algebraic curves for circular and folded strings in AdS<sub>5</sub>xS<sup>5</sup>"

## 3. Публикации и тяхното отражение в литературата

Резултатите в дисертацията се съдържат в общо 4 труда, сред които два публикувани - 1 статия в *International Journal of Modern Physics A* и 1 статия – в *Bulgarian Journal of Physics*, плюс 2 препринта в електронния архив.

**ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА**

Дисертантът е участвал с 3 доклада на 3 национални конференции и с постер на 1 международна конференция в България.

Заслужава да се подчертае, че резултатите в дисертацията са получили вече международно признание. Така например, статията в *International Journal of Modern Physics A* има забелязани 22 независими цитирания досега, сред които и от водещи международни експерти в областта на AdS/CFT-съответствието.

**4. Значимост на приносите за науката и практиката**

Резултатите в дисертационния труд без съмнение са интересни и представляват принос развитието на важни аспекти на AdS/CFT-съответствието, което от своя страна ни дава възможност за разбиране на калибровъчните теории при силна константа на връзка. Забелязаните цитирания доказват, че работите на Цветан Вецов са получили и висока международна оценка. Задълбочените знания и опит, които дисертантът е придобил, представляват основа за следващи успешни изследвания в областта на теоретичната физика.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Въз основа на горните преценки, а именно безспорните качества на дисертационния труд и съответните публикации на резултатите както и немалкият брой цитирания, сред които на водещи учени в областта, считам че представената дисертация напълно отговаря на критериите за дисертациите в съответната област и без колебание препоръчвам на високоуважаемия Факултетен съвет на Физическия факултет на СУ „св. Кл.Охридски“ да присъди на Цветан Вецов образователната и научна степен „доктор“.



22.04.2015 г.

Подпис:

(член-кор. Емил Рафаелов Нисимов)