

# РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академична длъжност „доцент“

в професионално направление

4.1. ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ (ТЕОРЕТИЧНА И МАТЕМАТИЧНА ФИЗИКА)

за нуждите на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ),

Физически Факултет, обявен в ДВ бр. БР. 57 от 26.06.2020

Рецензията е изготвена от **професор, дфзн, Светлана Йорданова Пачева**, в качеството ѝ на член на научното жури по **ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ (ТЕОРЕТИЧНА И МАТЕМАТИЧНА ФИЗИКА)** в конкурса съгласно Заповед № РД 38-323 от 21.07.2020 г.г. на Ректора на Софийския университет.

За участие в обявения конкурс е подал документи единствен кандидат: **главен асистент, доктор, Кирил Петров Христов**, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН

## I. Общо описание на представените материали

### 1. Данни за кандидатурата

Представените по конкурса документи от кандидата трябва да съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и [Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“](#) (ПУРПНСЗАДСУ).

За участие в конкурса кандидатът е представил следните документи:

- Списък на публикациите, представени за участие в конкурса - списък от общо **22** заглавия, всички публикувани в Q1 чуждестранни научни издания;
- Списък на всички публикации, **33** на брой.;
- Списък на приносите в публикациите, участващи в конкурса;
- Списък на цитиранията на публикациите, участващи в конкурса;
- Доказателствен материал за удовлетворяване на минималните национални изисквания (по чл. 26 на ЗРАСРБ) и на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за заемане на академичната длъжност „доцент“ в научната област и професионално направление на конкурса);
- Диплома за „доктор“ от Университета в Утрехт, Нидерландия;
- Удостоверение от Университета Милано-Бикока за назначаване на работа за 3 години;
- Удостоверение за назначаване на работа в ИЯИЯЕ-БАН;
- Удостоверение за назначаване на академична длъжност „главен асистент“ в ИЯИЯЕ-БАН;
- Документ за удостоверяване с държавната награда „Питагор“ за млад учен;
- CV- професионална биография.

### 2. Данни за кандидата

Д-р Кирил Христов е роден през 1985 г. в София. Получава бакалавърска степен в Университета в гр. Бремен, Германия, където от 2003 до 2006 г. изучава физика, математика, компютърни науки, геология и астрономия. Бакалавърската му дипломна работа е на тема *“Черни дупки в 5-мерно пространство-време“*. Следва 3-месечен стаж в Института за ядрена физика „Макс Планк“ в Хайделберг, Германия в групата по квантова динамика и силни лазерни полета, който се увенчава с участие в съвместна публикация в реферирано списание, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* Своята магистърска степен Кирил Христов получава през 2008 г. в Утрехтския университет, Нидерландия след защита с особено отличие (*cum laude*) на дипломна работа на тема *„Върху стабилизирането на модулите на струнна теория от тип II B“*. В същия университет Кирил Христов изработва и защитава своята докторска дисертация *„Уроци от вакуумната структура на  $D=4$ ,  $N=2$  супергравитация“* през 2008-2012 г. Следващите 3 години д-р Кирил Христов е приет и работи като постдокторант в

Университета Милано-Бикока в гр. Милано, Италия. През това време на активна изследователска работа той също е съ-ръководител на 1 дипломант (вж. 2 –те общи работи [11] и [13] от Приложение 1), след което се завръща в Родината и работи в ИЯИЯЕ-БАН (2015- 2018 – като асистент, от 2018 до днес - като главен асистент) и като лектор във Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“.

По време на своето образование и научна дейност в Германия, Нидерландия и Италия за своите отлични достижения Кирил Христов е удостоен с престижни стипендии :от Университета в Бремен, Утрехт, с 2 стипендии на името на Хюйгенс от правителството на Нидерландия, стипендия по теоретична физика от фирмата ШЕЛ и др. В България той е удостоен с най-високото държавно отличие – наградата „Питагор“ за млад учен през 2017 г, с наградата „Марин Дринов“ на БАН за млад учен през 2019 г. и с други отличия от ИЯИЯЕ-БАН. През 2017 г. печели Европейския медал за високи научни постижения „Мария Склодовска-Кюри“.

В заключение на тази точка определено може да се каже, че кандидатът е получил солидно образование по теоретична физика и се е отличил с високи постижения в своята изследователска дейност във всички научни институции, в които учи и работи, именно, в едни от най-престижните европейски университети, а също и в ИЯИЯЕ-БАН.

### **3. Обща характеристика на научните трудове и постижения на кандидата**

Д-р Кирил Христов е изграден специалист със силни постижения в една от най-актуалните и бурно развиващи се области на съвременната теоретична и математическа физика: гравитационно-калибровъчно-полевата дуалност в струнната теория и приложенията и за описание на фундаменталните взаимодействия на елементарните частици при свръхвисоки енергии.

За да подчертаем мястото и значимостта на тази тематика нека напомним, че суперструнната теория, дефинирана в 10-мерно пространство-време (и по-общо – обемащата „М-теория“ в 11-мерно пространство-време), в последните десетилетия се счита за най-подходящият кандидат за единно описание на всички фундаментални взаимодействия, инкорпорирайки по естествен и математически последователен начин квантовата теория на елементарните частици и теорията на гравитацията. Струнната теория се оказва тясно свързана със, и може да даде отговори на фундаментални въпроси и в други области на физиката — в космологията (еволюция на ранната Вселена, космологичната константа), ядрената физика (стълкновения на релятивистични тежки йони), физиката на кондензираната материя (ефект на Хол, нестандартни механизми на свръхпроводимост).

Първостепенна роля тук играе т.н. гравитационно-калибровъчнополева дуалност (или *холографско* съответствие) между (квантова) гравитация в  $(d+1)$ -мерно пространство-време (по-точно, струнна динамика в специфичен гравитационен фон) от една страна, и обичайна квантова калибровъчна теория на полето в  $d$ -мерно плоско пространство-време (по-точно, калибровъчна теория на полето върху асимптотичната граница на  $(d+1)$ -мерния гравитационен фон) от друга страна. Така струнната теория при силна връзка се оказва дуално еквивалентна на слабо свързана теоретико-полева теория и обратно, гравитационно-калибровъчнополевата дуалност е изключително важен инструмент за разбиране на физиката на квантовите калибровъчни системи при силна константа на връзка. Същевременно тази дуалност показва, че свойствата на гравитацията при много малки разстояния би трябвало да са независими от спецификата на пространствено-временната асимптотика на големи разстояния. Следователно гравитационно-калибровъчнополевата дуалност е от съществено значение за разбиране на загадките на квантовата гравитация, на първо място - процесите на раждане и "изпарение" на черни дупки и на свързания с тях информационен парадокс.

Кандидатът до момента на представяне на документите за настоящия конкурс има общо 33 труда, от които 28 са публикувани в Q1 чуждестранни научни издания (23- в JHEP, 3 – във Phys. Rev.D, 1 – в Nucl.Phys. B, 1 – в Phys. Lett. B (междувременно 2 от тези статии, обозначени като препринти в базата данни <https://arxiv.org/> вече са публикувани: 1 статия е публикувана в JHEP и 1 – в престижното Q1 списание Phys. Rev. Lett ).

За конкурса кандидатът представя 22 публикации (вж. Списъка на избрани публикации), от които - 18 публикации в JHEP, - 3 публикации във Phys. Rev.D и 1 публикация в Nucl.Phys. B.

Кандидатът е представил Справка за изпълнението на минималните национални

изисквания по чл. 2б от ЗРАСРБ за научната област Физически науки, професионално направление 4.1 Физически науки (Теоретична и математична физика) за заемане на академичната длъжност „доцент“.

В нея се забелязват някои неточности:

- (1) В Група Г, въз основа на данните от Справка\_3.pdf от представените документи, е нанесен общ брой точки 262. Проверката в базата данни *inspire* дава 217 независими цитирания, което отговаря на общ брой 434 т.
- (2) Общият брой точки в Група Е е 85, а не нанесените 65т.
- (3) Общият брой публикации от група 1 (Q1) през последните 3 години (2017-2019), пункт 23. От Допълнителните изисквания на Физическия факултет, са 7, а не 5.

Тези неточности, обаче, само показват че в изброените пунктове критериите са изпълнени със запас.

В заключение, след направената от мен проверка на предоставените материали, потвърждавам, че

(а) минималните национални изисквания по чл. 2б от ЗРАСРБ за заемане на академичната длъжност „доцент“ са удовлетворени по всички пунктове, като по повече от тях са много над изискванията;

(б) представените от кандидата научни трудове [11]-[22], както е видно от Справка\_2.pdf, не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност (в случая- придобитите от кандидата научно-образователната степен „доктор“ и академичната степен „главен асистент“ ;

(в) няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

#### **4. Характеристика и оценка на преподавателската дейност на кандидата**

Д-р Кирил Христов има значителна преподавателска дейност. Тя започва още по време на бакалавърското му образование в Университета в гр. Бремен, където той води упражнения по обща физика, класическа физика, квантова механика и специална теория на относителността. По време на докторантурата си той води упражнения в магистърски курсове по квантова теория на полето и теория на елементарните частици, по теория на гравитацията, статистическа теория на полето. От 2016 г. чете курсове за магистри във Физическия факултет на СУ по квантова теория на полето, изнася цикъл от лекции на международна школа за млади учени, организирана там.

**Заключение:** Учебно-преподавателският опит от 1500 часа на кандидата далеч надхвърля минимума от 540 часа, изискван според Допълнителните критерии на Физическия факултет на СУ.

#### **5. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса**

##### **5.1 Главните приноси на д-р Кирил Христов могат да бъдат групирани в следните подтематики:**

##### **5.1.1 Изучаване на различни аспекти на проблема за стабилизирането на модулите в струнните компактификации - включва работи [1,2] от списъка на публикациите.**

Важен проблем в 10-мерната суперструнна и 11-мерната М-теория е компактификацията, - представянето на  $d$ - мерното многообразие,  $d=10, 11$ , в което е потопена суперструната като фактор на 4-мерно „наблюдаемо“ пространство и  $(d-4)$ -мерно компактно „вътрешно“ пространство. След компактификацията ефективната 4-мерна теория съдържа много модули – скаларни полета, породени от деформацията на вътрешното пространство.

Липсата на потенциали за тези полета води до израждане на вакуума на теорията и до невъзможност за предсказване на данни (например, за константите на взаимодействие в ефективната теория). Това е т.н. проблем за *стабилизиране на модулите*. Възможно решение е генерирането на суперпотенциал за модулите чрез въвеждането на съвместими със

симетриите на теорията фонови потоци, зададени чрез калибровъчни полета от по-висок ранг (обобщения на електромагнитното и Янг-Милсовите полета).

Предложен е нов сценарий за стабилизация на т.н. аксионни (негеометрични) модули в механизмите на струнните компактификации с фонови потоци, което се постига чрез пертурбативни корекции към съответния Келеров потенциал и непертурбативно чрез пресмятане на приносите на т. н. D3-инстантони към съответния суперпотенциал. Допълнителна мотивация за изследването на аксионните (негеометрични) модули е тяхната роля за космологията като възможни генератори на космологична инфлация.

### **5.1.2 Намиране на нови решения с максимална суперсиметрия и нови решения за BPS черни дупки в супер-гравитационни теории с разширена суперсиметрия и с допълнителна калибровъчна симетрия (работи [2,3,4,5,6,7,10,14,22]).**

Централен обект в тези изследвания са 4-мерните суперсиметрични струнни основни състояния („вакууми“) и тяхното нискоенергетично ефективно описание чрез класически решения в супергравитационните теории. Накратко, по-съществените резултати тук са:

(а) Получени са (работа [2]) явни решения с максимална суперсиметрия в 4-мерната разширена  $N = 2$  „калибрирана“ супергравитация (т.е., с допълнителна калибровъчна симетрия). Част от тези решения са идентифицирани като „вакуумни“ решения във формализма на фонови компактификации на струнната теория.

(б) Построени са (работа [3]) явни решения за черни дупки тип BPS (Bogomolny-Prasad-Sommerfeld) в 4-мерната разширена  $N = 2$  „калибрирана“ супергравитация. Една от основните мотивации тук е разбиране на микроскопично ниво на природата на ентропията на асимптотически плоски черни дупки.

(в) Изследвани са подробно (работи [4,5,6]) ограниченията върху решенията за суперсиметрични черни дупки налагани от изискването да бъдат тип BPS, т.е., с минимално допустими маси явни функции на асимптотичните товари характеризиращи пространствено-времените многообразия с асимптотики – плоски (Минковски), анти-де Ситер и „магнитен“ анти-де Ситер.

(г) Разгледано е (работа [7]) общото решения за не- BPS екстремални статични асимптотически плоски и бавно въртящи се черни дупки в 4-мерната  $N = 2$  супергравитация с абелева допълнителна калибровъчна симетрия в случая на отсъствие на скаларен потенциал. Показано е, че няколко суперсиметрии продължават да се запазват в близката до хоризонта област, което означава, че съществува съществена връзка между микроскопичните описания на ентропията на асимптотически плоски черни дупки и BPS черни дупки с анти-де Ситер асимптотика.

(д) Получени са (работа [10]) нови решения за въртящи се черни дупки в 4-мерната „калибрирана“ супергравитация. В частност, показано е че съответните хоризонти могат да имат много различни компактни или некомпактни топологии.

(е) Предложен е (работа [14]) метод за обобщение на решенията тип черна струна в 5-мерна „калибрирана“ анти-де Ситер супергравитация, запазвайки явната суперсиметрия чрез добавяне на Уилсънови „контури“ (интегрални по затворени контури) на съответното калибровъчно поле.

(ж) Построени са (работа [22]) клас нови явни решения за въртящи се черни дупки в 4-мерно анти-де Ситер пространство-време, получени като решения на „калибрирана“  $N = 2$  супергравитация. Намерено е микроскопичното описание на ентропията с помощта на AdS/CFT холографията в термини на водещия принос на обобщения суперконформен индекс на дуалната суперконформна теория.

### **5.1.3 Термодинамика на черни дупки:**

#### **(5.1.3а) Ентропия на Бекенщайн-Хокинг в термини на микросъстояния (работи [11,12,13,15,17,20]).**

(а) Изследвани са (работа [11]) атрактори, черни обекти (черни дупки, черни струни, черни мембрани, черни пръстени) и потоци на холографската ренормализационна група в 5-мерни „калибрирани“ супергравитационни теории.

(б) В работи [12,13] се изследва подробно размерната редукция на BPS атракторите в „калибрирани“ супергравитационни теории с анти-де Ситер и плоско-пространствена

асимптотика. Съответната взаимовръзка между черни струни и черни дупки е съществен инструмент за микроскопичното разбиране на ентропията на черните дупки.

(в) В работа [15] са изследвани атракторите на BPS черните дупки в 4-мерната „калибрирана“ супергравитация в присъствие на допълнителни суперсиметрични членове в супергравитационното действие с висши производни. Намерени са съответните корекции в израза за ентропията на Бекенщайн-Хокинг.

(г) Изведена е (работа [17]) ентропията на Бекенщайн-Хокинг за клас от BPS черни дупки в масивен тип ПА супергравитационен фон  $AdS_4 \times S^6$  чрез микроскопично изброяване на суперсиметричните основни състояния в холографско-дуалната полева теория.

### **(5.1.3б) Фазови преходи (работа [9])**

Изследвани са термодинамичните свойства на клас от сферически-симетрични статични черни дупки в 4-мерно пространство-време на анти-де Ситер  $AdS_4$  с магнитни товари и скаларна „коса“. Намерен е нов фазов преход от първи род между малки и големи черни дупки с „коса“. В дуалната 3-мерна теория съответният фазов преход е от тип течност-газ.

### **(5.1.3в) Ентропия на Бекенщайн-Хокинг чрез принцип за екстремизация (работи [16,18,19])**

(а) Показано е (работа [16]), че ентропията на Бекенщайн-Хокинг за клас от електронатоварени въртящи се BPS черни дупки в  $AdS_5 \times S^5$  може да се изведе от самосъгласуван принцип за екстремизация, който съответства на т.н. атракторен механизъм за въртящи се BPS черни дупки в 5-мерната „калибрирана“ супергравитация.

(б) Изследвани са (работа [18]) атракторите на BPS черни дупки в конформна 4-мерна „калибрирана“ супергравитация и е приложена техниката на т.н. супергравитационна „локализация“ за пресмятане на квантовата функция на ентропията в  $AdS_2 \times S^2$  геометрията близо до хоризонта на черната дупка.

(в) Подходът и резултатите на работа [16] са обобщени в работа [19], където е показано, че ентропията на електронатоварени, въртящи се BPS черни дупки в  $AdS_7 \times S^4$  може да се изведе също така от самосъгласуван принцип за екстремизация.

## **5.1.4 Холографска дуалност за 4-мерни черни дупки и суперконформни теории (работи [8,21])**

(а) Изследвани са (работа [8])  $N = 1,2$  суперконформни и суперсиметрични теории в 3-мерни многообразия с Лоренцова сигнатура от гледна точка на холографията с черни дупки. Намерено е, че присъщите конформни спинори на Килинг съществуват когато има конформен Килинг-вектор, който е светоподобен или временноподобен. Показано е, че резултатите в 3-мерния случай съответстват на очакваните чрез холографията резултати от 4-мерните асимптотически анти-де Ситер черни дупки.

(б) Намерено е в явен вид фоновото супергравитационно пространство, което е дуално на т.н. Омега-деформация (*a'la* Некрасов) на 4-мерната суперконформна полева теория в пространство-време на Минковски.

## **5.2 Основните приноси на кандидата могат формално да се категоризират като:**

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

## **5.3 Значимост на приносите за науката и практиката**

Главната ценност на научните резултати на д-р Кирил Христов 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 обемното многомерно пространство-време, от друга страна – както в контекста на физиката на елементарните частици при (свърх)високи енергии, така и физиката на кондензираните среди. В частност, резултатите представляват нетривиален теоретичен принос към извличането на експериментално проверяеми феноменологични следствия от

обединителната струнна теория на всички фундаментални взаимодействия в Природата. Също така тези резултати са от значение и за съвременната космология.

#### 5.4 Отражение на резултатите на кандидата в трудовете на други автори

Трудовете на кандидат имат общо досега 721 независими цитирания според *INSPIRE-HEP*, вж. <https://inspirehep.net/authors/1061224?ui-citation-summary=true&ui-exclude-self-citations=true>

*INSPIRE-HEP* е основната, най-пълна и най-авторитетна база данни в областта на теоретичната физика и физиката на високите енергии.

h-индексът на трудовете на кандидата е 14 (междувременно е нараснал на 15).

#### 6. Критични бележки и препоръки

Нямам критични забележки по същество освен отбелязаните в т.3 по-горе несъществени неточности в Справката за изпълнението на минималните национални изисквания по чл. 26 от ЗРАСРБ. Както беше отбелязано там, всъщност поправените данни след моята проверка показват още по-убедително изпълнението с голям запас на съответните минимални национални изисквания.

#### 7. Лични впечатления за кандидата

Д-р Кирил Христов е мой колега в Лабораторията по теория на елементарните частици (ЛТЕЧ) в ИЯИЯЕ-БАН. Докладите, които е изнасял на нашия редовен семинар винаги са били ясни, добре обмислени, задълбочени и предизвикващи интерес. За мен, той е утвърден специалист в областта на (супер)струнната теория, супергравитацията, теорията на черни дупки, приложения на холографския принцип. Той умее самостоятелно да поставя задачи и да намира оригинални решения. Умее успешно да работи в сътрудничество с други колеги. От около 2 години успешно ръководи на семинара на ЛТЕЧ и в това си качество е организиран посещението на няколко активни чуждестранни учени като лектори, и контактите с които са били много полезни за нас. В новата обстановка, благодарение на неговата активност, семинарът ни действа дистанционно с помощта на ZOOM.

#### 8. Заключение за кандидатурата

След като се запознах с представените в конкурса материали и научни трудове и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения изцяло отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за заемане от д-р Кирил Христов на академичната длъжност „доцент“ в научната област и професионално направление на конкурса. **Потвърждавам също**, че д-р Кирил Христов удовлетворява със значителен запас минималните национални изисквания в професионалното направление и че не е установено плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

Давам своята категорична **положителна** оценка на кандидатурата.

### II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното, **без колебание препоръчвам** на научното жури да предложи на компетентния орган по избора на Физическия факултет при СУ „Св. Климент Охридски“ да избере **д-р Кирил Петров Христов** да заеме академичната длъжност „доцент“ в професионално направление 4.1 Физически науки (Теоретична и математична физика). Така Катедрата по Теоретична физика на Физическият факултет ще получи един талантилив млад учен, а студентите – отличен преподавател и учител.

05.10.2020 г.

Изготвил рецензията: професор, дфзн Светлана Пачева