

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академична длъжност „доцент” по направление 4.1 "Физически науки" („Гравитация, Теория на относителността”) съгласно обява в ДВ бр.65 / 16.08.2019 г. с **единствен кандидат гл.ас., д-р Петя Георгиева Недкова** от Физическия факултет, катедра по теоретична физика, на Софийски университет „Св. Климент Охридски“

**Автор на рецензията:** проф. дфн Светлана Йорданова Пачева, ИЯИЯЕ-БАН, пенсионер

### 1. Общо описание на представените материали

Кандидатката е представила всички изисквани по процедурата на конкурса документи.

В чисто научен план са представени: (а) списък от **20** научни труда плюс една **монография на тема “*Mathematical aspects of static and stationary higher dimensional spacetimes*”**; за конкурса, заедно със списък на всички **25** научни трудове на кандидатката плюс **монография (б)** електронни копия на публикациите и монографията; (в) списък на забелязани **159** независими цитирания досега.

Сред трудовете на кандидатката се съдържат **17** публикации в международни списания от клас Q1 с високи импакт-фактори (общ  **$ИФ=79$**  и  **$h-index=6$** ) и **8** публикации в сборници от трудове на международни конференции с импакт-ранг, а за монографията в съавторство с проф. дфн Стойчо Язджиев е представена служебна бележка от Университетското издателство „св. Климент Охридски“ удостоверяваща, че монографията е под печат. Кандидатката има водещи приноси в повечето трудове със съавтори, вкл. има водещ принос в значителен дял от съвместната с проф. дфн Стойчо Язджиев монография съгласно негова собствена декларация.

Представен е списък на участия с доклади на кандидатката в **12** авторитетни международни конференции в областта на нейната експертиза, в това число в най-престижните – в три поредни 12-та, 13-та и 14-та „*Marcel Grossmann Meetings on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics, and Relativistic Field Theories*“.

Кандидатката е представила официална справка за участието ѝ в общо **14** национални и международни договори, в частност - участия в големи проекти финансирани от Националния Фонд „Научни изследвания“ и участия в две особено престижни многонационални европейски научни мрежи финансирани по програма COST – COST Action MP1210 “*The String Theory Universe*” (2013-2017) и COST Action CA16214 (PHAROS) “*The Multi-Messenger Physics and Astrophysics of Neutron Stars*” (2017-2021) (в последната е член на Управителния съвет на колаборацията).

## 2. Актуалност на научната тематика.

Основните проблеми, разработвани в трудовете на кандидатката, са:

- (1) систематичен извод на нови точни решения във физиката на черните дупки в пространство-време с допълнително пространствено измерение и детайлно изследване на съществените физически характеристики на получените решения;
- (2) изследване на физическите свойства на компактни астрофизически обекти в модифицирани теории на гравитацията, обобщаващи класическата обща теория на относителността на Айнщайн. Тези проблеми будят широк интерес сред изследователите и тяхната актуалност е несъмнена.

През последните около 100 години - от времето на класическите трудове на Т. Калуца и О. Клайн върху обединението на гравитацията и електромагнетизма в пространство-време с 5 измерения - е извървян дълъг път на по същество революционен прогрес в разбирането на фундаменталните закони управляващи физическите процеси в света на елементарните частици при (свръх)високи енергии и на материалните обекти на галактически и космологични мащаби. Основната мотивация за изследване на гравитацията в многомерни пространствено-времени многообразия понастоящем идва от изключително важната ѝ роля в няколко свързани направления в съвременната физика на елементарните частици и теоретичната астрофизика: (1) теории на „великото обединение“ от тип Калуца-Клайн; (2) струнната теория, обединяваща фундаменталните взаимодействия между елементарните частици при свръхвисоки енергии и в частност- теорията за „холографска“ дуалност между гравитация в пространство-време с едно допълнително измерение, от една страна, и силно взаимодействащи калибровъчни полевни теории в обичайното плоско пространство-време на Минковски, от друга страна; (3) концепцията за гравитация при ниски енергетични мащаби (ниски в сравнение с мащаба на Планк) и с големи размери на допълнителните пространствени измерения (големи в сравнение с тези при моделите от тип Калуца-Клайн) – т.н. “TeV gravity”; съвременните космологични сценарии с „мембранни вселени” (“braneworlds”).

Трябва да се подчертае, че в контекста на „холографската“ дуалност компактните обекти - черни дупки в 5-мерното „дуално“ пространство-време играят решаваща роля за адекватно „дуално“ описание на фундаментални физически процеси при силна връзка в 4 измерения, където не съществуват работещи непертурбативни методи както в квантовата хромодинамика (кварк-глюонна плазма при стълкновения на ултарелативистки тежки йони), така и във физиката на кондензираните среди (свръхпроводимост и свръхфлуидност).

От друга страна, много автори сега считат, че стандартната теория на относителността е необходимо да се модифицира още на класическо ниво (в

допълнение към проблема с непренормируемостта на теорията на квантово ниво). Основната мотивация за съвременните модификации на теорията на Айнщайн е необходимостта за: (а) адекватно описание на космологичната динамика както на ранната Вселена, така и на късната фаза от еволюцията на Вселената, а именно – ускореното ѝ разширение; (б) все още „мистериозните „тъмна“ енергия и „тъмна“ материя в космологичната еволюция; (в) обяснение на крупномасштабната структура на Вселената; (г) изследване на физическите процеси в силни гравитационни полета.

### **3. Кратко описание на научно-изследователската дейност и основните научни приноси**

Изследваните основни проблеми в трудовете на кандидатката и съответните главни научни приноси могат да се категоризират по следните тематични подобласти:

#### **3а. Намиране на нови точни решения на уравненията на гравитацията в пространствено-времеви многообразия с размерност $D>4$ и изследване на термодинамичните им свойства**

Резултатите по тази тематика се съдържат в по-голямата част от публикациите на кандидатката. Сред най-важните тук бихме отбелязали:

(а) Нов клас точни решения в  $D=5$  Айнщайн-Максуел-дилатонната гравитация описващи системи от черни дупки и „мехури“ на Калуца-Клайн с асимптотически неизчезващ магнитен векторен потенциал по направление на компактното Калуца-Клайново пространствено измерение.

(б) Нови точни решения описващи конфигурации от редуващи се 5-мерни „мехури“ на Калуца-Клайн и 5-мерни магнито-диполни черни пръстени в присъствие на самогравитиращо електромагнитно поле.

(в) В явен вид е намерено ново стационарно аксиално-симетрично решение в 5-мерната Айнщайнова теория във вакуум, което описва въртящ се черен пръстен с един ъглов момент в присъствие на два Калуца-Клайнови „мехури“.

(г) Нови точни решения за статични черни дупки върху асимптотически локално плоски гравитационни инстантони (от тип *Taub-bolt* и *Taub-NUT*) в 5-мерната Айнщайнова и Айнщайн-Максуел-дилатонна гравитация,

(д) Ново точно решение за деформирани черни дупки, което е първото в литературата явно решение за въртяща се деформирана черна дупка в присъствие на допълнително пространствено измерение.

(е) Детайлно са изследвани термодинамичните свойства на гореспоменатите решения описващи компактни астрофизически обекти притежаващи хоризонт на събитията, и гравитационни инстантони в обобщената многомерна Айнщайн-Максуел-дилатонна гравитация.

### **3б. Класификация на решенията описващи пространствено-времени тунели (“wormholes”) в Айнщайн-Максуел-дилатонна гравитация**

В тази тематика най-същественият резултат е формулировката и доказателството за пръв път в литературата на теорема за единственост на статичните проходими “wormhole” решения в присъствие на фантомни полета (скаларни и/или електромагнитни) в рамките на Айнщайн-Максуел-дилатонната гравитация.

### **3в. Скаларизирани черни дупки в обобщени скаларно-тензорни гравитационни теории**

Съществен нов резултат по тази тема са получените числено решения описващи скаларизирани черни дупки (т.е., с нетривиална “scalar hair”) в скаларно-тензорната гравитация куплирана с топологичния инвариант на Гаус-Боне. Изследвана е тяхната ентропия и е намерена интересна връзка с бифуркацията на гореспоменатите решения в зависимост от областите в параметричното пространство.

### **3г. „Сенки“ и релятивистки образи на акреционни дискове на компактни астрофизически обекти**

Получени са и детайлно са изследвани свойствата на образите на „сенките“ на черни дупки, “wormholes” и голи пространствено-времени сингулярности. Важен нов резултат в литературата са получените сенки на въртящи се “wormholes”. Този резултат бързо получава най-авторитетно международно признание от международната астрофизическа колаборация *Event Horizon Telescope*.

За пръв път в литературата е изследван образ на акреционен диск около компактен обект отличен от черна дупка, именно - гола сингулярност в присъствие на скаларно поле.

**3д. Монография** – по същество тя представлява квинтесенция на значителна част от най-важните и впечатляващи резултати в журналните публикации на кандидатката.

Изложението в книгата е стройно, систематично и стегнато, във форма подходяща както за любознателни активни студенти и докторанти, така и за професионалисти в същата или близки области на физиката. Фактът, че е на английски език, несъмнено ще привлече значително по-широка читателска аудитория. Може с голяма степен на сигурност да се предположи, че тази книга би била приета за издаване и в такива елитни чуждестранни издателства за научна литература като Шпрингер, например.

## **4. Кратка характеристика на учебно-преподавателската дейност**

Едновременно с успешната и многопрофилна теоретична изследователска работа, кандидатката има и значителна педагогическа дейност (предимно) във Физическия факултет на СУ. Досега е изнесла лекции за студенти по 6 основни курса и 2 съвременни спецкурса; водила е упражнения по 6 основни курса.

Според автобиографията на кандидатката, пълната ѝ преподавателска заетост е еквивалентна по повече от 7 години пълна аудиторна натовареност. Заедно с това кандидатката е била ръководител на две успешно защитени бакалавърски дипломни работи (едната – в чужбина, която впоследствие е публикувана с нейно съавторство във *Physical Review D*).

## 5. Значимост на научните приноси

Характерът на основните научни приноси на кандидатката може да се определи като **получаване на нови знания** за фундаменталните закони в гравитационната физика – космология и астрофизика. В по-глобален план резултатите в трудовете на кандидатката са принос към дългосрочната програма на международната общност на учените от областта на физиката на елементарните частици и високите енергии, астрофизиците и космолозите за търсене на **отговори на такива трудни концептуални научни проблеми** като наличието на допълнителни измерения на пространство-времето, по-дълбокото разбиране за природата на черните дупки и останалите компактни астрофизически обекти, природата на "тъмната материя" и "тъмната енергия" във Вселената, и др.

## 6. Лични впечатления

Познавам добре кандидатката като един от най-активните млади учени - участници в два големи съвместни (ИЯИЯЕ-БАН, ФзФ и ФМИ на СУ "св. Кл.Охридски") интердисциплинарни проекти (Договор ДО 02-257 от 18.12.2008 и Договор ДФНИ Т02/6 от 14.12.2014, финансирани от Националния Фонд „Научни изследвания“). Имам отлични впечатления и от демонстрираните от кандидатката компетентност и задълбоченост в изнесените от нея доклади на нашия семинар в ИЯИЯЕ-БАН по тематиката на нейната актуална научна дейност.

## 7. Заключение

- Основните резултати съдържащи се в трудовете по конкурса представляват новост и съществен принос в една интересна и съвсем актуална област на съвременната теоретична и математическа физика.
- В представените трудове по конкурса се решават актуални и дълбоко нетривиални проблеми от съществено значение за развитието на дадената научна област и са получени нови знания в условията на силна международна конкуренция.
- Кандидатката показва отлично познаване на литературата, задълбочено вникване и разбиране на същността на проблемите и основните трудности, които трябва да бъдат преодолени за успешното решаване на важните задачи по дадената тематика.
- Кандидатката демонстрира професионално владение на сложен съвременен математичен и теоретичен апарат, както и умения за

ефективното му прилагане в научните си изследвания.

- Публикациите на кандидатката са в най-елитни световни списания или сборници трудове на най-авторитетни международни конференции. Броят на цитиранията на трудовете ѝ надвишава обичайния среден в света обем на цитирания в съответната област на теоретичната и математическа физика. Това показва, че трудовете ѝ са получили признание и висока оценка от международната научна общност.

**Въз основа на гореизложеното, което несъмнено доказва, че кандидатката удовлетворява по-високи критерии от стандартните за съответната длъжност, без колебание препоръчвам на високопочитаемия Факултетен съвет на Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“ да избере гл.ас. д-р Петя Георгиева Недкова на академичната длъжност „доцент“.**



29.11.2019 г. Автор на рецензията:

(проф. д-р Светлана Пачева)