

## **РЕЦЕНЗИЯ**

**върху дисертационен труд за получаване на  
образователната и научна степен  
Доктор  
по специалност 4.1 Физически науки  
на тема: „Ограничения върху теории на гравитацията в  
силен режим чрез анализ на компактни астрофизични  
обекти “  
Автор: Виктор Ивайлов Данчев**

**Изготвил рецензията:**

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

### *1. Данни за кандидатурата*

Представените по процедурата документи от кандидата 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 процедурата кандидатът е представил дисертационен труд. Представил е също CV, в което подробно са представени негови дипломи, стажове, участие е конференции и други научни мероприятия, неговите компютърни умения. Даден е и списък на всички негови публикации, които включват 6 публикации извън споменатите по-горе. Представена е и неговата атестация във ФзФ на СУ, където е включена също неговата преподавателска дейност. В рубриката стаж впечатлява неговата дейност във фирмата , ЕндуроСат АД, София, на която през 2021 той става технически директор.

Дисертантът завършва Физическия факултет на СУ специалност физика, през 2018 като Бакалавър, през 2019 получава диплома за Магистър. През 2020 е приет за

докторант във ФзФ на СУ с научен ръководител чл-кор. проф. дфн Стойчо Язаджиев и научен консултант д-р Даниела Донева.

*2. Общо описание на публикациите в/у които се базира дисертацията.*

Това са 3 публикации в списания с импакт-фактор и квантил Q1. Публикациите са в съавторство с научния ръководител (2) и научния консултант. Приемам, че докторантът има съществен принос и в трите публикации.

**Заключение:**

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 английски език в обем 150 страници, като включва: 7 глави, от които първите 4 глави имат уводен характер, а оригиналните резултати са изложени в глави 5-та, 6-та и 7-ма; списък на цитираната литература от 157 заглавия; накрая се излагат компактно резултатите съдържащи се в дисертацията и се напомня кои са публикациите в/у които е базирана дисертацията.*

*Авторефератът е на български език в обем 56 страници и адекватно отразява дисертацията.*

*4. Актуалност на темата на дисертацията*

В последните 20 години все повече се вижда нуждата от разглеждане на алтернативни теории на гравитацията спрямо Общата теория на относителността (ОТО). Измереното в края на ХХ-ти век ускорително разширение на вселената е основната експериментална мотивация за разглеждането на алтернативни теории на гравитацията. Макар в ОТО да може да се получи наблюдавания ефект, той изисква допълнителни екзотични типове материя и енергия (общо наречени тъмна

енергия), които се характеризират с отрицателна плътност на енергията. Повечето алтернативни теории на гравитацията включват естествено подобни източници и механизми да се получи сходен тип плътност ефективно от допълнителни нелинейни ефекти.

Други теоретични идеи също засега не работят. Например, към ОТО не може да се приложат принципите на квантовата теория на полето (КТП), понеже наивната квантова ОТО не може да бъде пренормирана. Друга модна теория е теорията на струните, но и при нея засега не се получава самосъгласувана квантова теория на гравитацията. Друг неуспешен опит е т.н. loop quantum gravity.

Така че поне засега като добра перспектива изглежда да се търсят самосъгласувани модификации на ОТО на класическо равнище. Разбира се, съществуват множество алтернативи на ОТО, но повечето не предсказват никакви измерими разлики при слаби полета (на мащаба на Слънчевата Система). Именно за това е важно изследването на гравитацията в силен режим. Различните теории водят до различна структура и свойства на компактни обекти като неутронни звезди, които се описват в силен режим. Масата, радиусът, инерчният момент и структурата на времепространството извън такива обекти зависят от теорията, така че наблюдения на тези обекти и сравнение със симулации могат да ни отведат до потенциалния наследник на ОТО.

В дисертацията са разгледани **най-актуалните** три различни класове алтернативни теории на гравитацията, които са обещаващи кандидати за разширение на ОТО, тъй като спазват всички ограничения от наблюденията на космологичен и астрофизичен мащаб. Целта на дисертацията е изследване на компактни обекти в тези теории като се използва тяхното ограничение в силен режим на гравитацията посредством различни налични наблюдения.

Рецензията би била непълна, ако не споменем експертното владение от страна на автора на множество

числени методи нужни поради нелинейността на задачите. Повечето от тези методи са имплементирани от автора на програмен език C или Python и оптимизирани за съответните задачи. Специфично за Монте-Карло веригата на Марков (MCMC) е използвана готова библиотека на Python.

### *5. Основни научни резултати и приноси*

В глава 5 са изложени резултатите за нов клас компактни обекти, наречени топологични неутронни звезди в тензор-мулти-скаларни теории (ТМСТ) на гравитацията. За пръв път са изследвани бавновъртящи топологични неутронни звезди. Показано е, че този клас компактни обекти в ТМСТ на гравитацията спазват стандартни универсални съотношения, свързващи инерчния момент, масата и радиуса на обектите независимо от уравнението на състоянието. Освен това е показано, че параметрите на самите фитирания за универсалните съотношения са различни не само между ТМСТ и ОТО, но и между компактни обекти с различен топологичен заряд в ТМСТ. Въпросните изследвания са направени за две различни куплиращи функции. По-конкретно са разгледани нов клас компактни обекти, наречени топологични неутронни звезди, в рамките на тензор-мулти-скаларни теории (ТМСТ) на гравитацията. Изследвани са за пръв път техните свойства при бавно въртене и е показано, че се подчиняват на две добре известни универсални съотношения (независещи от уравнението на състоянието), посредством които може да се различава не само теорията, но и топологичния заряд на тези обекти.

За пръв път са пресметнати числено важни свойства за акреция около топологични неутронни звезди като най-вътрешната стабилна кръгова орбита (ISCO), орбитални и епициклични честоти за различни статични и бавновъртящи конфигурации. Показано е, че всички тези свойства не водят до различни наблюдателни очаквания спрямо ОТО за

монотонната куплираща функция. От друга страна, показано е, че може да има качествени разлики в поведението за немонотонната куплираща функция, които могат да се използват за наблюдателни характеристики на топологичните неутронни звезди след по-задълбочено изследване.

В глава 6 са изследвани са нов клас универсални съотношения за маса, радиус и централно налягане/плътност/скорост на звука в локалния максимум на масата за даден клон от решения за скаларизирани неутронни звезди, като е показана тяхната валидност за пръв път в клас СТТ теории (досега са изследвани само за ОТО).

Доказано е, че СТТ спазват този тип универсалност и е показано, че съотношенията имат различни параметри според параметрите на теорията, като за целта са използвани 53 уравнения на състоянието (УНС). Показано е как може да се наложи ограничение върху УНС или теорията според началните предположения, като се използват познати физически връзки между свойства на материята. Изследвана е универсалността при добавяне на небарионни УНС, което не е правено преди и в ОТО. Показано е, че параметрите на фитовете на този клас универсални съотношения зависят силно от теорията и нейните параметри, и че могат да се използват потенциално за поставяне на ограничения върху уравненията на състоянието или самите теории, според наблюдения и теоретични ограничения върху различни величини.

В глава 7 са изложени резултатите относно ограничения на скаларни Гаус-Боне (сГБ) теории на гравитацията посредством директен анализ на Бейс в/у двойки неутронна звезда – бяло джудже.

Получени са силни ограничения върху скаларизацията в скаларни Гаус-Боне (сГБ) теории, използвайки измервания на промяната на орбиталния период за 3 двойки бяло джудже – неутронна звезда и 12 уравнения на състоянието посредством анализ на Бейс.

Получените ограничения върху параметрите на теорията са транслирани към ограничения върху максималната маса и топологичен заряд на скаларизирани сГБ черни дупки. Тези ограничения са получени за пръв път. Вероятностната функция за ограничаването на параметрите е получена от разликата между предсказаната и наблюдаваната промяна в орбиталния период на системите, породени от излъчване на гравитационни вълни. Освен това, получените ограничения са прехвърлени върху скаларизирани черни дупки за една от куплиращите функции, която позволява скаларизация без черните дупки да са в режим на бързо въртене. Тези ограничения показват, че скаларизираните черни дупки в теорията не могат да надхвърлят около 10-20 слънчеви маси, според точните уравнения на състоянието. От друга страна, скаларният им заряд може да достигне сравнително големи стойности.

*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.

Научните трудове отговарят на минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за ОНС „доктор“ научната област и професионално направление на конкурса;

Представените от кандидата научни трудове не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност;

Няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените по конкурса научни трудове. Даже има съответни справки за липса на плагиатство.

*7. Критични бележки.* Техническа забележка: приложените файлове на 2 от статиите, в/у които се основава дисертацията, не са представени техните журнални варианти. Това няма отражение в/у оценката на дисертацията.

*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 Виктор Ивайлов Данчев.

Дата: 04.5.2023г.

/проф. дфн Владимир Добрев/