

# РЕЦЕНЗИЯ

относно дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен  
„Доктор“  
професионално направление 4.1. Физически науки  
специалност 01.03.01 „Теоретична и математическа физика“

**Автор** на дисертационния труд: **Васил Кирилов Тинчев**  
докторант във Физически факултет на Софийския университет „Св. Климент  
Охридски“

**Тема** на дисертационния труд: **Сенки на самогравитиращи компактни обекти**

**Научен ръководител:**  
професор дфзн Стойчо Стоянов Язаджиев  
Физически факултет на Софийския Университет „Св. Климент Охридски“

**Автор на рецензията — Председател на научното жури:**  
доцент д-р Димитър Магдалинов Младенов  
Физически факултет на Софийския Университет „Св. Климент Охридски“

## 1 Актуалност на темата на дисертацията

През 2015 година се навършиха 100 години откакто общата теория на относителността беше създадена от Алберт Айнщайн и Давид Хилберт. Повече от четиридесет години след създаването си общата теория на относителността беше експериментално проверена в съвсем малко на брой тестове. Това са класическите три теста, съставляващи емпиричната основа на теорията, а именно: допълнителното отместване на перихелия на Меркурий, отклонението на светлинния лъч в гравитационното поле на Слънцето, и накрая, гравитационното червено отместване. Въпреки тези съвсем оскъдни на брой експериментални потвърждения, които от съвременна гледна точка могат да бъдат разглеждани само като качествени проверки на Общата теория на относителността, тази революционна теория измени драстично нашите представи за пространството и времето, гравитационното поле, както и за Вселената като цяло.

В дадения момент само астрофизиката и космологията, опериращи с енергии недостъпни за ускорителите, които могат да бъдат построени дори в доста отдалечено бъдеще, възможно ще позволят да бъдат проверени разнообразните предсказания на съвременната теоретична физика и на физиката на елементарните частици, такива като съществуване и образуване на екзотични частици и обекти от типа на монополи, аксиони, черни дупки, космически струни, доменни стени и уърмхоли, както, може би, и съществуването във Вселената на тъмна материя и тъмна енергия.

Това безспорно са едни от най-удивителните феномени и представляват едни от най-забележителните предсказания на теоретичната физика. Отношението на астрономите-практици, в последно време, започва да се сменя от някога пълното им недоверие към съществуването на тези обекти, но тук можем да вземем предвид и това, че до не толкова отдавна никой от тях не е приемал, например, черните дупки сериозно, до сегашното все по-нарастващо желание за всестранното изучаване на тези забележителни обекти и установяване на възможно най-тясно взаимодействие между теорията и наблюденията.

За тази цел през последните няколко години са предприети изследвания, свързани с измерването на контура на сенките на самогравитиращи компактни обекти. При наблюдаващото се в последно време изключително бурно развитие на астрофизиката и космологията, интересът към изучаването на сенките на самогравитиращи компактни обекти все повече нараства, тъй като надеждата е, че при тези изследвания ще бъдат решени някои от фундаменталните проблеми, стоящи пред съвременната физика.

Измерването на сенките на самогравитиращи компактни обекти може да бъде определено като едно от интересните и обещаващи направления в съвременния стадий на развитие на астрономията, астрофизиката и космологията. Изучаването на такива ефекти може да даде изключително важна информация за нашето цялостно разбиране на процесите, протичащи във Вселената. Например, да бъде получен отговор на такива важни въпроси като съществуването на свръхмасивни черни дупки в центъра на галактиките и как се изменя геометрията на пространство-времето около самогравитиращ компактен обект. Задаването на решение на уравненията на Айнщайн, описващо геометрията на пространство-времето около даден самогравитиращ компактен обект, позволява по контура на неговата сянка да бъдат определени такива важни характеристики като маса, момент на импулса, както и някои други специфични параметри, характеризиращи даденото решение. Също така, измерването на контура на сенките на самогравитиращи компактни обекти и последващото сравнение с теоретичните предсказания може да бъде и допълнителен тест на общата теория на относителността, както и на алтернативните ѝ варианти.

Тук е нужно да се отбележи и това, че числото на теоретичните и експериментални работи, посветени на изучаването на сенките на самогравитиращи компактни обекти бързо и устойчиво нараства. От друга страна, трудностите при наблюдението и отсъствието на достатъчно число реалистични теоретични предсказания не са позволили до сега да бъдат получени надеждни резултати.

Но като вземем предвид изключително бързият ръст на технологиите, можем да се надяваме, че това ще позволи в скоро време точността на експериментите да достигне стойности, при които ще бъдат получавани надеждни резултати. Вече са стартирани и успешно работят няколко научни проекта, които мерят сенки на самогравитиращи компактни обекти, сред които наземно базираната система от телескопи Event Horizon Telescope, които работят в милиметровия диапазон, радиотелескопите RadioAstron и Milimetron, както и ренгеновият интерферометър MAXIM, всичките от които са орбитално базирани. Съвсем нов и обещаващ е и проектът Black Hole Cam.

В този контекст, от изключителна важност се явява задачата, при която изпъл-

звайки експерименталните данни самогравитиращите компактни обекти да бъдат ясно разграничавани и разпознавани. В резултат на изследванията, проведени в дисертацията са получени именно такива разграничителни наблюдателни следствия, които позволяват, използвайки контурите на сенките на самогравитиращите компактни обекти те да бъдат разпознавани и разграничавани един от друг. Именно това и обуславя важността и актуалността на изследванията, проведени в дадената дисертация.

## 2 Структура на дисертацията

Дисертационният труд е написан на български език и се състои от 76 страници, разпределени в 6 глави, първата от които представлява кратък увод. В дисертацията е представен списък на използваната литература, който съдържа 80 заглавия, подредени по ред на цитиране в текста. Накрая дисертацията завършва с приложение, в което са включени научните приноси и списък на публикациите, на които се основава дисертационният труд. В дисертацията също така са включени 15 фигури.

В първите три глави са представени предварителни сведения, необходими при изследванията в областта на дисертацията.

В **Първата глава**, която както беше отбелязано по-горе представлява съвсем кратък увод, е отбелязана актуалността на проблемите, свързани с изучаването на самогравитиращи компактни обекти.

Във **Втората глава** са дадени необходимите сведения от общата теория на относителността, които се използват по-нататък в дисертацията.

**Трета глава** е посветена на оптиката в изкривено пространство-време. Описано е разпространението на светлината в рамките на общата теория на относителността, като са получени уравненията на изотропните геодезични линии, които естествено следват от приближението на геометричната оптика.

В следващите глави са представени оригиналните резултати, включени в дисертацията. В тях се намира контура на сянката на различни самогравитиращи компактни обекти.

В **Четвърта глава** се изследват уърмхоли от гледна точка на намиране на тяхната сянка.

В **Пета глава** е изучен контура на сянката на въртяща се черна дупка, пронизана от космическа струна.

В **Шеста глава** е изследван контура на сянката на черна дупка на Кер с екзотична материя.

В **Приложение А** кратко и ясно са резюмирани приносите на дисертационния труд.

В **Приложение Б** са представени научните публикации, на които се базира дисертацията.

## 3 Основни приноси

Основните приноси на дисертацията могат да бъдат резюмирани по следния начин:

- Изследван е въртящ се уърмхол на Тео от гледна точка на намиране на контура на неговата сянка. Този въпрос е много важен за гравитационната физика и астрофизиката, защото не е ясно дали някои от самогравитиращите компактни обекти не представляват всъщност уърмхоли. Например, няма теоретически забрани уърмхоли да се окажат и черните дупки, които както сега се предполага, се намират в центровете на някои от галактиките.

Резултатите са представени в серия от графики, в които сенките на въртящия се уърхол са получени при различни стойности на параметрите, характеризиращи въртенето и при различни ъгли на инклинация. Получените в дисертацията контури на сянката на въртящ се уърмхол са сравнени с контура на сянката на черна дупка на Кер.

- Изучена е система от въртяща се черна дупка, задаваща стационарно и аксиално симетрично пространство-време, и пронизана по оста си на въртене от космическа струна. За тази система от черна дупка и космическа струна са изведени уравненията, задаващи контура на сянката.

Резултатите са представени в серия от графики, в които контурите на сенките на системата черна дупка-космическа струна са получени при различни стойности на параметрите, характеризиращи въртенето и при различни ъгли на инклинация. Получените резултати са сравнени със случая на черна дупка на Кер.

- Също така проведен е и числен анализ на системата черна дупка-космическа струна, като са получени зависимостите на момента на импулса на системата като функция на радиуса на нейната сянка и като функция на параметъра на закривяване. Резултатите са представени при различни стойности на ъгъла на инклинация и на параметъра, характеризиращ космическата струна.

- Изследвана е еднопараметрична деформация на решението на Кер, което както е известно задава стационарно и аксиално симетрично вакуумно пространство-време, която се задава с конкретна зависимост на масовия параметър само от радиалната координата. Показано е, че тази деформация описва въртящ се самогравитиращ компактен обект, взаимодействащ с екзотична материя, в смисъл че нейният тензор на енергията и импулса не удовлетворява необходимите енергетически съотношения.

В този случай на деформирана черна дупка на Кер, взаимодействаща с екзотична материя, са изведени уравненията, задаващи контура на сянката. Резултатите са представени в серия от графики, в които контурите на сенките в този случай са получени при различни стойности на параметъра на деформация на метриката на Кер и нейният момент на импулса, както и при различни ъгли на инклинация. Получените резултати са сравнени със случая на черна дупка на Кер.

## 4 Научни публикации. Цитиране на научните трудове

Общият брой на представените в дисертацията публикации е **3**, като в това число:

A. В реферирани списания — **3**

A1. Physical Review D — **1**

A2. International Journal of Modern Physics D — **1**

A2. Chinese Journal of Physics — **1**

Забелязаните досега независими цитирания са **15**.

## 5 Автореферат

С някои малки изключения авторефератът правилно и точно отразява съдържанието на дисертацията.

## 6 Забележки

Съществени критични бележки по дисертацията нямам. Имам по-скоро някои препоръки и забележки по оформлението на дисертационния труд, които с необходимост изразяват само личното ми мнение.

Част от имената на учените, които са споменати в текста на дисертацията, са написани на кирилица, това е по-малката част, а доста по-голямата част, е написана на латиница, като не се разбира точно по какъв критерий това е направено. Имената на такива класици, математици и физици, като Карл Фридрих Гаус, Бернхард Риман, Софус Ли, Херман Вайл, Айзък Нютон, Джеймс Кларк Максвел, Херман Минковски, Алберт Айнщайн, на всички нас са пределно добре известни още от училищната и след това от студентската учебна и популярна литература по физика и математика, така че писането на техните имена в английска транскрипция, лично на мен, ми се струва съвсем неуместно. Още повече, че в текста се срещат, например, изразите „Нютонова теория на гравитацията“, „Нютонова гравитационна константа“, и „Айнщайнова теория на гравитацията“, написани на български език.

Изложението в Глава 2 и, особено, в Глава 3 е стандартно и, бих казал, малко схематично, като може би може да се използва само като справка за използваните означения. Според мен, ако вече е решено да се включва в дисертацията глава, посветена на определена тема, то би следвало да се дава по-подробно и по-информативно изложение, което не остава в рамките на началните дефиниции и методи. Това е обаче въпрос на стил и личен вкус.

Също тук бих искал да отбележа, че в посочените уводни глави се срещат някои неточности, които тъй като не влияят на иначе високото качество на дисертацията, тук няма да изброявам.

## 7 Обща характеристика на дисертацията

- Дисертационният труд на Васил Тинчев е посветен на една от най-актуалните тематики на съвременната гравитационна физика и астрофизиката, а именно на изучаването на различни видове компактни обекти.
- Целите на дисертацията са да бъде измерена сянката от самогравитиращи компактни обекти, а именно от въртящ се уърмхол, от въртяща се черна дупка, пронизана от космическа струна и от въртяща се черна дупка на Кер с екзотична материя.
- В дисертацията са поставени и успешно решени интересни за гравитацията, астрофизиката и космологията задачи.
- При решението на поставените задачи са използвани, както аналитични техники, така и модерни техники на математическото моделиране и числения анализ.
- В резултат на изследванията, проведени в дисертацията, са получени наблюдателни следствия, което дава възможност при един бъдещ евентуален експеримент да бъдат направени важни за гравитационната физика изводи. А именно, проведените изследвания позволяват да бъде поставена основата на бъдеща допълнителна проверка на общата теория на относителността, като наблюдателните следствия да бъдат сравнени със съответните величини, получаващи се при изучаването на алтернативните теории на гравитацията. Безспорно, този факт бих окачествил като една от много хубавите страни на дисертацията.
- Научните резултати са публикувани във високо реномирани международни списания, такива като, например, **Physical Review D**. Публикациите са написани на много добро професионално ниво и са известни и по достойнство оценени от международната физическа общност, което, от своя страна, ясно си личи по това, че вече са цитирани от някои от активно работещите специалисти в областта на дисертацията.
- При преглед на използваната литература, както в дисертацията, така и в публикуваните научни трудове, ясно се вижда, че дисертантът много добре познава изследваната област.

Дисертацията на Васил Тинчев е написана в групата на професор дфзн Стойчо Язаджиев, в която научните критерии са изключително високи и напълно съответстват на световните стандарти, установени в съвременната гравитационна физика и астрофизиката и, следователно, напълно удовлетворява изискванията за степента, която се защитава.

Дисертацията напълно удовлетворява и изискванията, отразени в Закона за развитие на академичния състав в Република България, както и вътрешните, специфични изисквания на Физически факултет на Софийския Университет „Св. Климент Охридски“.

## 8 Заключение

Вземайки предвид всичко казано досега, без колебание, препоръчвам на многоуважаемото жури да присъди на Васил Кирилов Тинчев образователната и научна степен „Доктор“.

С уважение:

доцент д-р Димитър Младенов

18 март 2016 година  
София