

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академична длъжност „доцент”  
обявен в ДВ бр. 67/28.08.2020 г.

**с единствен кандидат:** гл.ас. д-р Галин Николаев Гюлчев

**Заявител за откриване на процедурата:** Физически факултет на СУ „Свети Климент Охридски“

**Област висше образование:** 4. Природни науки, математика и информатика

**Професионално направление:** 4.1. Физика

**Научна специалност:** Обща теория на относителността и релятивистка астрофизика

**Рецензент:** проф. д-р Михаил Тодоров, кат. Математическо моделиране и числени методи, ФПМИ, ТУ – София, назначен със заповед РД 38-383/06.08.2020 г. на Ректора на СУ „Свети Климент Охридски“

### 1. Кратки биографични данни на кандидата

Гл.ас. Галин Гюлчев е роден през 1981 г. През 2004 г. завършва бакалавърска степен във ФзФ на СУ „Св.Климент Охридски”, а през 2006 г. – и магистърска степен. В периода 2004-08 г. е физик в Института по астрономия - БАН. От 2008 до 2019 г. е последователно асистент и главен асистент в кат. Физика, Биофизика и Рентгенология в МФ на СУ. От есента на 2019 г. и досега е главен асистент във ФзФ на СУ. В периода 2006-2010 г. е докторант във ФзФ, където защитава и получава ОНС „доктор”. Тема на дисертацията е „Гравитационни лещи”. Бил е на краткотрайно научно посещение в Германия.

### 2. Общо описание на представените материали

Кандидатът е представил следните задължителни документи: професионална автобиография по европейски образец, копия от дипломата за магистър и доктор, документ за заемана академична длъжност, удостоверение за трудов стаж, медицинско и свидетелство за съдимост, справка за покриване на минималните национални изисквания, списък на цитиранията, авторска справка на получените резултати, списък на публикациите, резюмета на рецензираните

публикации, обява в ДВ, справка „Авторите“, справка за показателите по чл.112, доказващи спазването на условията по чл.24, ал. (1) от ЗРАСРБ.

### **3. Обща характеристика на научно-изследователската, преподавателската и научно-приложната дейност на кандидата**

Резултатите са докладвани на авторитетни конференции и семинари в страната и в чужбина. Общата научна продукция на гл.ас. Гюлчев се състои от 28 труда (10 журнални статии със сумарен импакт-фактор 49.7, 12 статии в конферентни поредици, повечето от тях с SJR, 5 статии в arXiv и една монография). Всички журнални статии са с двама или трима съавтори. Тъй като кандидатът е представил документи за дялово участие в постигането на научните резултати, приемам, че неговото участие е поне равностойно. Всички журнални трудове са цитирани многократно, като трудове [А.7, А.9, А.10] са цитирани съответно 65, 64 и 70 пъти. 4 труда от конферентната поредица са цитирани общо 10 пъти – общо 337 забелязани независими цитата, *h*-индекс 7, всички във водещи рецензирани издания и списания с импакт-фактор.

В настоящия конкурс кандидатът участва с 18 работи, в т.ч. 10 журнални статии, всичките с импакт-фактор и квартили Q1 и 8 в просидинги. Всички те са в периода 2007-2019 г. Журналните статии са в издания (*Physical Review D*, *Physical Review Letters* и др.) и са с висок импакт фактор. От просидингите статиите са с SJR в конферентни поредици на AIP. Д-р Гюлчев представя и монография „Гравитационни лещи“ в съавторство с проф. Стойчо Язаджиев, издание на Издателство на СУ „Св. Климент Охридски“. Други данни за публикациите могат да се видят в представената

**Таблица:** Справка за трудовете

Статии – 10 бр.+8 бр. Монография – 1 бр.	В чужбина <i>Physical Review D</i> – 6 бр., <i>Physical Review Letters</i> – 1 бр., <i>The European Physical Journal C</i> – 2 бр., <i>Annals of Physics</i> – 1 бр., <i>American Institute of Physics Conference Proceedings</i> – 6 бр., <i>Издателство на СУ</i> - 1
Доклади на национални и международни научни прояви - 15.	<i>Conferences of Balkan Physical Union</i> – 2 пъти, <i>Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences</i> – 2 пъти, <i>Marcel Grossmann Meeting on General Relativity</i> и др.

Кандидатът представя данни за разработените и/или четени лекционни курсове в СУ „Свети Климент Охридски“ – Медицински и Физически факултет, както следва: лекции (включително и на английски език), семинарни упражнения и практикуми по Теоретична астрофизика и Увод във физиката на черните дупки; ръководител на една бакалавърска дипломна работа, защитена в Астрономическата обсерватория на Софийски университет. Д-р Гюлчев е ръководител на един научно-изследователски проект и на един проект за научен

форум, и двата финансирани от НИС на СУ „Св. Климент Охридски“. Отделно е участвал като член на научни колективи в други 10 проекта. Има краткосрочна визита в Германия в групата по Теоретична астрофизика в университета в Тюбинген и научно сътрудничество с Македония и Кипър.

От казаното дотук и след справка с Правилника на СУ и Специфичните правила на Физическия факултет е видно, че той покрива изискванията за заемане на академичната длъжност „доцент“. Покрива и минималните национални изисквания по физически науки, по чл. 2б от ЗРАСРБ и няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

#### **4. Анализ на научните и научно-приложните приноси**

Кандидатът е представил подробно резюме, в което са описани и обосновани авторските претенции за научни и научно-приложни приноси. Разгледаните проблеми след получаване на ОНС „доктор“ могат да се разделят на 5 групи:

- *Изследване на релативисткия ефект на гравитационната леща създаден от компактни обекти, включително черни дупки и голи сингулярности при големи ъгли на отклонение на светлинните лъчи*

В поредица от публикации, трудове [А.6, А.9, А.10, Б.2, Б.6, Б.7, Б.8, В.1 ] е направено задълбочено изследване на ефекта на гравитационната леща и наблюдателните следствия, до които водят алтернативните теории на гравитацията, в граничните случаи на големи ъгли на отклонение на светлинните лъчи. Обект на изследване са заредени невъртящи се и въртящи се черни дупки, следващи съответно от дилатонната гравитация и дилатон-аксионната гравитация на Айнщайн-Максуел. Разгледани са също така и голи сингулярности, получаващи се от теорията на Айнщайн с безмасово скаларно поле и черни дупки, получени в рамките на Айнщайн-(анти-)Максуел-(анти)-дилатонната теория на гравитацията.

В трудове [А.10, Б.7] е установено е, че за аксиално-симетричното, стационарно пространство-време на Кер-Сен фотонната повърхнина има топологията на двумерна сфера. Чрез прилагане на стандартни аналитични техники е намерено общото степенно разложение на релативистичния ъгъл на отклонение на светлинните лъчи в малка околност на фотонната сфера и е установена неговата логаритмична разходимост за светлинни лъчи, намиращи се върху фотонната повърхнина. Констатирана е и невъзможността използваното приближение да бъде приложено в случая на екстремално въртяща се черна дупка.

Един от съществените резултати в труд [А.10] са екваториалните точки от критичните криви, за които е установено, че намаляват с нарастване на ъгловия момент и заряда на черната дупка.

Същите техники за изследване на релятивистичния ефект на гравитационната леща са използвани успешно и в публикации [А.9, Б.6] за компактен обект без хоризонт на събитията, представляващ въртяща се аксиално-симетрична гола сингулярност, която е решение на полевите уравнения на гравитацията при наличие на безмасово скаларно поле. Направените изследвания показват, че при определени стойности на скаларния заряд и ъгловия импулс въртящата се гола сингулярност притежава фотонен регион, имащ топологията на двумерна сфера, поради което е способна да създаде релятивистки изображения. Един от съществените резултати на числения анализ показва, че в случай на отсъствие на фотонна сфера силната гола сингулярност проявява репулсивно въздействие върху светлинните лъчи в близост до сингулярността, като допуска отрицателни стойности в ъгъла на отклонение, което демонстрира, че тя проявява не само пречупващи, но и отражателни свойства.

Използваните аналитични техники за изследване на релятивистичния ъгъл на отклонение на светлината в околност на фотонната сфера са приложени и в трудове [А.6, Б.2], в които са изучени наблюдателните следствия от ефекта на гравитационната леща, породен от възможното съществуване на тъмна енергия в околност на черни дупки, получени в рамките на Айнщайн-(анти)Максуел-(анти)-дилатонната теория. За целта тъмната материя е моделирана като фантомно скаларно поле и/или фантомно електромагнитно поле. Установено е, че изследваните статични черни дупки притежават фотонна сфера и са пресметнати съществуващите релятивистки изображения, ъгловото разстояние между най-външното релятивистко изображение и всички останали релятивистки изображения, както и отношението на техните лъчисти потоци на енергията.

В труд [Б.8] са представени числени изследвания на релятивисткия ефект на гравитационната леща, породен от статичната и сферично-симетрична дилатонна черна дупка на Гарфънкъл-Хоровиц-Стромингер. Показано е явното въздействие на дилатонното поле върху наблюдаемите за ефекта на лещата величини. Всички величини, свързани с ефекта на гравитационната леща, са сравнени с резултатите, следващи от разпространението на светлината около фотонните сфери на черните дупки на Гибънс-Маеда-Гарфънкъл-Хоровиц-Стромингер и Райснер-Нордстрьом.

В монографията [В.1] е направен подробен анализ на релятивисткия ефект на гравитационната леща в алтернативните теории на гравитацията, реализиращ се в околност до фотонните региони на компактните обекти, където време-пространството притежава значителна кривина. Обърнато е специално внимание на използваните съвременни математически техники за анализ на изотропния геодезичния поток в най-простия случай на статично и сферично-симетрично пространство-време, така и в необходимия за релятивистката астрофизика сценарий на стационарно и аксиално-симетрично

пространство-време при моделиране на въртящи се компактни обекти, действащи като гравитационни лещи.

- *Изследване на честотите на квазинормалните моди на черни дупки и тяхната връзка с релятивистичния ефект на гравитационната леща, и изучаване на квазипериодичните осцилации*

Един от начините за получаване на информация за физическите свойства на различните компактни обекти е чрез излъчените от тях гравитационни вълни и изучаване на характерните честоти на „звънене“, а именно, честотите на квазинормалните моди (КНМ). КНМ позволяват да се установи вида на различните компактни обекти – черни дупки и неутронни звезди, както и да се разграничат различните видове теории на гравитацията, поради това, че прогнозираат различни характеристични спектри, и позволяват да се определят глобалните асимптотични заряди като маса, заряд и ъглови импулс на наблюдаваните черни дупки и неутронни звезди.

Върху тази идея са базирани изследванията и резултатите в трудове [А.7, Б.5], състоящи се в намирането на сравнително прости връзки между КНМ и релятивисткия ефект на гравитационната леща и е предложен метод за измерване на честотите на КНМ на сферично-симетрични черни дупки посредством местоположенията на наблюдаваните релятивистки изображения и взаимното увеличение на техните светлинни потоци. Един от съществените приноси на кандидата тук е свързан с аналитичното имплементиране на уравнението на фотонната сфера за статично и сферично-симетрично пространство-време в честотите на КНМ и пряката им връзка с измеряемите величини, характеризиращи релятивистките изображения. Друг важен резултат в работата е намирането на обща аналитична връзка между експонентата на Лапунов, времезакъснението между първото и второто релятивистко изображение и относителния поток на енергията на изображенията, както и връзка между ъгловата скорост на последната кръгова изотропна орбита и времезакъснението между релятивистичните изображения. Получените съотношения могат да бъдат приложени при установяване на местоположението на източниците на гравитационни вълни и да дадат информация какви честоти на гравитационните вълни можем да очакваме от черна дупка, действаща едновременно като гравитационна леща и източник на гравитационни вълни.

Друг способ за изследване на време-пространството в околност на черните дупки и масивни звезди и тестване на гравитацията в режим на силни гравитационни полета е изучаване на квазипериодичните осцилации (КПО) на рентгеновия поток, излъчен от двойни звездни системи [А.5]. Едно от главните възможни приложения на КПО, което ги прави толкова привлекателни, е измерването на ъгловия момент на централния масивен обект в излъчваща рентгенови лъчи двойна система. Докато КПО с ниски и средни честоти се

смята, че се дължат на физични процеси в акреционните дискове, то високочестотните КПО са отражение на природата на време-пространството в околност на компактните обекти, в т.ч. черни дупки и неутронни звезди. Една от основните хипотези за създаването на тези характерни КПО е нелинейният резонансен модел (НРМ), съгласно който КПО са свързани с характерните епициклични и орбитални честоти на трептене на пробни частици, орбитиращи около компактния обект и удовлетворяващи нелинейно резонансно съотношение. Въз основа на тези идеи в публикация [А.5] са изследвани свойствата на трите характерни честоти на частица, разпространяваща се по кръгова орбита в екваториалната равнина на симетрия на време-пространството на Томимацу-Сато, а именно радиалната, вертикалната и орбиталната кеплерова честота на въртене. За изчисляване на честотите са приложени стандартни вариационни методи върху уравненията на геодезичните линии, а за тяхното решаване са създадени специални числени кодове.

- *Получаване на сенките на компактни обекти, включително черни дупки и пространствено-времеви тунели*

Трудове [А.4, В.1] са посветени на моделиране на сянката на екзотични компактни обекти и техния анализ при различни физически сценарии. Идеята за съществуване на сянка на компактните обекти в това число черни дупки, голи сингулярности и пространствено-времеви тунели е обект на изследване през последните 50 години. Изследванията, свързани със съществуване на сянка на компактните обекти получиха експериментално потвърждение едва преди няколко години.

Освен черните дупки, пространствено-времевите тунели и голите сингулярности, притежаващи фотонна сфера, също са способни да създадат изображения на сенки, наподобяващи тези на черните дупки. Кандидатът има съществен пронос към откритията в тази научна област при изследване на сянката на въртящ се проходим пространствено-времеви тунел, описана в работи [А.4, В.1]. Направените изследвания демонстрират, че пространствено-времевите тунели също притежават фотонна сфера, каквато в случая е ролята на гърловината, и следователно са способни да формират релятивистки изображения. Установено е също така, че за определени класове от пространствено-времеви тунели гърловината играе ролята на потенциална бариера за светлинни лъчи с подходящи прицелни параметри, като по този начин оказва влияние върху контура на сянката. Разгледани са две решения, описващи пространствено-времеви тунели и са изучени структурата на образите на техните сенки и физическите механизми за тяхното формиране. За някои от образите контурът на сянката е негладка крива, като ефектът се дължи на въздействието на две фамилии от неустойчиви сферични орбити на фотоните. Изучените решения представляват примери, при които механизмът за формиране на негладки контури на сянката може да се опише в явен вид. Един

от основните приноси на кандидата в направеното изследване е създаването на уникални специализирани числени кодове и съгласно експертизата му в областта на релативистичната астрофизика и във физическа интерпретация на получените резултати.

- *Построяване и изследване на релативистките образи на акреционни дискове в пространство-време на компактни обекти, включително черни дупки и голи сингулярности*

Идеята за появата на сянка на компактните обекти е свързана и с формирането на акреционни дискове около тях, при наличие на азимутална симетрия.

В труд [А.1] за първи път е изследван образът на акреционен диск около компактен обект, който не представлява черна дупка. Разгледана е гола сингулярност в присъствието на скаларно поле, като за описание на акреционния диск формиран в нейната околност е използвано приближението на тънък диск. Избран е астрофизично най-значимият случай, когато решението притежава фотонна сфера, а излъчването на акреционния диск се описва от модела на Новиков-Торн. Получените релативистки изображения на диска са сравнени с образа на акреционен диск около черна дупка на Шварцшилд, като е показано, че в случаите, когато съществува фотонна сфера двата компактни обекта водят до качествено сходни изображения. Приносите на кандидата покриват целия изследователски процес, свързан с направеното изследване – физическата постановка на задачата и математически модел, създаването на уникални специализирани числени кодове за проследяване на фотонното движение посредством интегриране на изотропните уравнения на геодезичните линии за произволна аксиално-симетрична пространствено-времева метрика, физически интерпретиране на резултатите и тяхното визуализиране.

- *Изследване на ефекта на гравитационната леща, създаден от компактни обекти, включително черни дупки, голи сингулярности и пространствено-времеви тунели при малки ъгли на отклонение на светлинните лъчи и масивните частици*

В трудовете [А.3, А.8, А.9, Б.4] е изследван нерелативисткият ефект на гравитационната леща предизвикан от клас фантомни черни дупки и пространствено-времеви тунели, от заредената, стационарна и аксиално-симетрична дилатон-аксионна черна дупка на Кер-Сен, както и от стационарни, аксиално-симетрични голи сингулярности в полевата теорията на Айнщайн с безмасово скаларно поле в приближението на слаби гравитационни полета и малки ъгли на отклонения на светлинните лъчи.

В труд [А.3] първо е изследван светлинният ъгъл на отклонение, предизвикан от черната дупка на Гарфънкъл-Хоровиц-Стромингър и черна дупка в теорията на Айнщайн-Максуел с анти-дилатонно поле, използвайки

оптичната геометрия и теоремата на Гаус-Боне. Направените изследвания красноречиво показват, че ефектът на гравитационната леща е повлиян от фантомното скаларно поле. В следствие в работата е изследван ъгълът на отклонение на светлината от три вида пространствено-времеви тунела: тунели с ограничена и неограничена функция на масата, както и пространствено-времеви тунел с метрика, нечувствителна към червеното отместване. Използваните методи на изследване се състоят в получаване на светлинния ъгъл на отклонение посредством теоремата на Гаус-Боне, след изчисляване на Гаусовата оптична кривина на разглежданото пространство-време, при налагане на условието, че светлинните лъчи се разпространяват в области с малка кривина. Едновременно с това са приложени стандартни аналитични техники върху уравненията на изотропните геодезични линии, с чиято помощ алтернативно е изведен ъгълът на отклонение на светлинните лъчи в приближението на малки отклонения на лъчите. Резултатите демонстрират, че конкретният избор на функцията на формата и функцията на масата играе решаваща роля в крайния резултат за ъгъла на отклонение на светлината. В допълнение в работата е конструирано точно уравнение на гравитационната леща, посредством което са предсказани теоретично нерелативистките пръстени на Айнщайн за малки ъгли на закривяване на светлинните лъчи.

В трудове [А.8, Б.4] е изследван аналитично ефектът на гравитационната леща, предизвикан от заредена, стационарна, аксиално-симетрична дилатон-аксионна черна дупка на Кер-Сен като в рамките на разглежданото приближение за ъгъла на отклонение на светлинните лъчи са намерени пертурбирани решения на изотропните уравнения на геодезичните линии с точност от трети ред. Основният принос в изследването е пресмятане на позициите на двете изображения, създадени при разпространение на лъчите в слаби гравитационни полета и съответстващите им увеличения в пост-нютонново приближение.

В труд [А.9] е изследван аналитично ефектът на гравитационната леща, предизвикан от масивни компактни обекти в галактичните ядра, моделирани като стационарни, аксиално-симетрични голи сингулярности в полевата теорията на Айнщайн с безмасово скаларно поле. В приближението на слаби гравитационни полета са приложени стандартни аналитични техники за пресмятане на позициите на двете създадени изображения, съответстващите им абсолютни увеличения, както и центроидалната крива в пост-нютонново приближение

В допълнение на светлинния ефект на гравитационната леща в труд [А.2] е направено проучване на гравитационното отклонение на масивни частици в пространство-времето на голата сингулярност на Джанис-Нюман-Уиникър и в геометрията на въртящ се Кер-подобен пространствено-времеви тунел с цел експериментално разграничаване на двете изследвани геометрии. Използваният подход се основава на координатна трансформация, правеща линейния елемент



на пространство-времето изотропен, при което се възпроизвежда светлинния показател на пречупване на ефективната оптична среда. Като алтернатива на използвания метод, ъгълът на отклонение е изчислен независимо с помощта на уравнението на Хамилтон-Якоби, което води до същия резултат.

- *Изследване на нерелативисткия ефект на гравитационната леща, създаден от купове от галактики при малки ъгли на отклонение на светлинните лъчи*

В класически аспект ефектът на гравитационната леща се разглежда от галактики и купове от галактики. Изследването, направено в труд [Б.3] има за цел да изучи ефекта на гравитационната леща от галактичния куп Coma Cluster (Abell 1656), като се установи големината на ъгъла на отклонение на светлинните лъчи и се направи оценка на фокусното разстояние на лещата. Един от получените резултати е, че наблюдател, намиращ се на Земята не може да наблюдава ефекта на леща, създаден от клъстера в случай на отдалечен светлинен източник. Друг от резултатите показва, че съдържанието на тъмна материя в галактичния клъстер Coma Cluster променя фокусното разстояние на гравитационната леща 34 пъти.

## **5. Значимост на приносите за науката и практиката. Отражение в трудовете на други автори**

Приложените трудове ясно показват приносите и акцентите в научната продукция на кандидата. Несъмнено те дават насоки за следващи важни изследвания и прогнози. Всички публикации съдържат оригинални и полезни резултати, приложени към значими проблеми. Проведените изследвания имат основно теоретична стойност с възможности за експериментално потвърждение и предсказване. Не буди никакво съмнение, че гл.ас. Гюлчев е овладял и може да използва с нужната доза професионализъм съответните математически методи и техники и тяхната алгоритмизация и които допълва със задълбочени познания по физика, нужни за целите на изследванията, които провежда. Получените резултати несъмнено са получили нужното международно признание, видно както от броя на цитатите, така и от рейтинга на списанията, където са цитирани трудовете на автора.

## **6. Критични бележки и препоръки**

Нямам въпроси и бележки по същество. Документите са подготвени старателно и дават реална представа за научната активност на кандидата. Начинът на изложение и обяснение подсказват, че авторът задълбочено познава и разбира разглежданата материя.

Справката с процедурните правила за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на СУ и минималните критерии на НАЦИД в

областта физически науки показва, че гл.ас. Гюлчев е изпълнил и значително надвишил заложените в тях препоръчителни наукометрични параметри, необходими за встъпване в академичната длъжност „доцент“: група А – 50 т. при изискуеми 50; група В – 175 т. при изискуеми 100; група Г – 235 т. при изискуеми 200; група Д - 140 т. при изискуеми 50. Научните трудове са публикувани във водещи списания с висок импакт-фактор и принадлежащи на квартил Q1. Значителен е и броят на цитатите – 337 и то все в качественни издания.. Мисля, че той има нужната квалификация и е готов да проведе на високо професионално ниво специализирани курсове по астрофизика и астрономия и това ми е основната препоръка към него в бъдещата му работа. Също така мисля, че нивото на познание на тази трудна материя предполага д-р Гюлчев да продължи да развива това направление и да привлече студенти и докторанти за обучение.

## **7. Лични впечатления**

Познавам кандидата от конференциите по Гравитация, астрофизика и струни (GAS) през 2002 и 2004 г. в Китен, където той (още като студент) взе дейно участие в решаването на поставените задачи. С доклади и рецензирани публикации в AIP CP взе също така участие в конференциите по приложна математика (AMEE'07 и AMiTaNS'10) в Созопол. Впечатленията ми са отлични.

## **Заклучение**

След като се запознах с цялостната научно-изследователска дейност на кандидата и като имам пред вид заложените в ЗРАСРБ и Правилника за приложението му в направление „Физически науки“ критерии, убедено давам **положителна оценка** за цялостната работа. Намирам за основателно да предложа на ФС на Физическия факултет на СУ **гл.ас. д-р Галин Николаев Гюлчев** да заеме академичната длъжност „Доцент“ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1. Физика (Обща теория на относителността и релятивистка астрофизика) във Физическия Факултет на СУ „Свети Климент Охридски“, София.

## **РЕЦЕНЗЕНТ:**

Проф. д-р Михаил Тодоров  
кат. „Математическо моделиране и  
числени методи“,  
ФПМИ при ТУ - София

15 ноември 2020 г.  
София