

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертацията: Радостина Жекова Желева,
катедра Теоретична физика, Физически факултет,
Софийски университет „Св. Климент Охридски”

Тема на дисертацията: *„Структура и астрофизика на самогравитиращи обекти в мултискаларни теории”*

Член на научното жури: проф. дфн Лилия Кирилова Ангелова,
Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика,
Българска академия на науките

1. Актуалност и обща характеристика на дисертационния труд

Дисертацията на Радостина Желева е посветена на изучаването на самогравитиращи астрофизични обекти в мултискаларни гравитационни теории. Тази област понастоящем предизвиква огромен интерес във връзка с данните от редица съвременни астрофизични и космологични наблюдения. А именно, изхождайки от Айнщайновата гравитация, наблюдателните данни водят до извода че енергийната плътност на Вселената е доминирана от компоненти наречени тъмна материя и тъмна енергия, чиято същност не е добре разбрана. Това е мотивация за развиване и изучаване на алтернативни гравитационни теории, които модифицират Общата теория на относителността на космологични мащаби. Изследването на последиците от такива теории за астрофизични обекти със силно гравитационно поле (като пространствено-времеви тунели, черни дупки и неутронни звезди) е от огромно значение за разработването на наблюдателни стратегии за тяхното тестване. Особено важен в това отношение е неотдавнашният голям успех в детектирането на гравитационни вълни от сливането на двойки компактни обекти. Анализирването на данни от наблюденията на тези гравитационни вълни отваря напълно нови възможности за тестване и разграничаване на различни гравитационни теории. В този контекст, мултискаларните теории на Гаус-Боне предизвикват особен интерес поради това че (множество) скаларни полета стандартно възникват в теоретични рамки, целящи единно описание на гравитацията и останалите фундаментални взаимодействия. В резултат на всичко

споменато дотук, е ясно че темата на дисертацията на Радостина Желева е изключително актуална за съвременната атрофизика.

Дисертацията има, по същество, четири глави. От тях три излагат новите резултати и четвъртата сумира най-важните научни приноси. Дисертацията е базирана на три публикации в реномрани международни научни списания. И реферата и дисертацията са добре организирани и написани ясно и компетентно.

2. Научни приноси

Основните научни приноси в дисертацията са следните:

(1) Глава 1 е посветена на изследването на проходими въртящи се пространствено-времени тунели с цел намиране на наблюдаеми ефекти, които ги отличават от черни дупки. Пространствено-времените тунели в Общата теория на относителността (ОТО) не са проходими поради определено условие за неотрицателност свързано с тензора на енергията и импулса. За разлика от ОТО, в Гаус-Боне теорията, както и в други модифицирани теории на гравитацията, въпросното условие е нарушено и следователно проходими тунели могат да съществуват. Най-общият вид стационарен и аксиалносиметричен пространствено-времени тунел се описва с класа геометрии конструиран от Тео. В глава 1 на дисертацията са изучени квазипериодичните осцилации от акреционния диск около такъв най-общ вид пространствено-времени тунел. Изследвани са времеподобните кръгови геодезични в екваториалната равнина на тунела и са изведени аналитични изрази за кинематичните им характеристики, както и за радиалните и вертикални епициклични честоти. За специфично решение, описващо въртящ се пространствено-времени тунел, е изследвана зависимостта на епицикличните честоти от ъгловия момент. Изследвани са и видовете подреджания между орбиталните и епициклични честоти в различни части на параметричното пространство. Най-накрая, направено е сравнение на квази-периодичните осцилации с тези в случая на черна дупка на Кер, което показва че пространствено-времените тунели имат специфични отличителни характеристики и, в частност, по-богат резонансен спектър.

(2) В глава 2 е показано съществуването на статични и сферично-симетрични черни дупки в даден вид мултискаларни теории на Айнщайн-Гаус-Боне, в които скаларните полета параметризират три-мерно максимално симетрично пространство. Трябва да се отбележи че мултискаларните теории са качествено различни от теории с единствено скаларно поле. В частност, в мултискаларния случай е възможно съществуването на нови видове компактни обекти, когато геометрията на скаларното многообразие е нетривиална. В глава 2 на дисертацията е разгледан набор от различни куплиращи функции, които определят взаимодействието на скаларните полета с члена на Гаус-Боне в действието. За всяка от тези куплиращи функции, съответните полемни уравнения са решени числено при определени условия, нужни за получаване на

решения описващи черни дупки. Получените числени решения се групират в две главни категории: а) черни дупки със скаларна коса и б) скаларизирани черни дупки. Изучени са систематично редица важни характеристики на тези решения, а именно площта на хоризонта, ентропията и радиуса на фотонната им сфера. Още, показано е че скаларният заряд на тези решения е нула, поради което скаларното диполно излъчване е пренебрежимо. Намерени са и клонове на скаларизирани черни дупки, за определена куплираща функция, които позволяват (в части от параметричното пространство) едновременното съществуване на стабилни скаларизирани черни дупки и стабилни черни дупки на Шварцшилд. Важен резултат е и това че, в наблюдателно отношение, разликата спрямо ОТО е по-голяма за черни дупки с по-малки маси.

(3) В глава 3 са построени числено нови решения, които описват вид статични и сферично-симетрични неутронни звезди в мултискаларни теории на Гаус-Боне с тримерно максимално симетрично скаларно многообразие. Тези решения са нетопологични и спонтанно скаларизирани. Те се получават за определено уравнение на състоянието, което е в съгласие с ограниченията прозилизащи от наблюдения на сливане на двойки неутронни звезди. Също така, за съществуването на тези нови решения е нужен специфичен избор на куплираща функция, която позволява спонтанно скаларизиране. Изучена е зависимостта на енергията на свързване на тези решения от различните параметри на модела и са намерени частите от параметричното пространство, в които има бифуркации на решенията. В частност, показано е че точката на бифуркация зависи силно от Гаус-Боне-константата на взаимодействие, кривината на скаларното пространство и броя на нулите на скаларното поле. Показано е още, че енергията на свързване на скаларизираните решения е по-голяма отколкото на тези в ОТО. Това означава че съответните неутронни звезди са енергетично предпочитани спрямо такива с тривиални скаларни полета.

3. Публикации и тяхното отражение в литературата

Дисертацията се базира на 3 статии публикувани в реномирани международни научни списания, всяко от които е с кuartил Q1. А именно, две статии са публикувани във Physical Review D и една - в European Physical Journal C. Това показва високо ниво на научната дейност. Заслужава да се отбележи и че тези статии вече са цитирани над 30 пъти, което е свидетелство за интереса предизвикан от тях в научната общност.

4. Личен принос на кандидата

Според приложената „Авторска справка за приносния характер на трудовете”, Радостина Желева има съществен принос в една от публикациите (всяка от които е в

списание с квантил Q1), което осигурява изпълнението на препоръчителните изисквания на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски”.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дисертацията на Радостина Желева са описани редица оригинални резултати, които са от значителен интерес за съвременната астрофизика. Дисертацията се базира на три публикации в реномирани международни списания с висок импакт фактор, които вече са набрали десетки цитирания в литературата. Въз основа на всичко това, убедено препоръчвам на Радостина Желева да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор”.

31.03.2023 г.

проф. дфн Лилия Кирилова Ангелова