



## СТАНОВИЩЕ

върху дисертационния труд  
на **Александър Йосков Йосифов**  
задочен докторант в Института за Космически Изследвания – БАН  
за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР“  
в професионално направление 4.1. Физически науки  
на тема

### **„Квантово-Коригирани Черни Дупки и Кюбити“**

от **доц. д-р Петър Тонев Тонев**  
Председател на Научното жури  
от Института за Космически Изследвания и Технологии,  
Българска Академия на Науките

**Биографични данни:** Александър Йосков Йосифов завършва Академията на МВР (2013-2017 г.) със степен „бакалавър“. От октомври 2017 учи задочно по магистърска програма на Шуменски Университет „Епископ Константин Преславски“ и през февруари 2019 г. получава степен Магистър по Астрофизика след защита на дипломна работа на тема „Теория на полукласически черни дупки – развитие и отворени проблеми“. От юни 2019 досега е задочен докторант в Института за Космически Изследвания и Технологии, БАН.

**Научните интереси** на Ал. Йосифов обхващат космология, астрофизика, физика на черните дупки, обща теория на относителността, квантова механика, математика и математическа физика, изследване на тъмната енергия и др.

**Апробация:** Резултатите от дисертационната му работа са представени на 8 международни конференции.

**Публикации:** Ал. Йосифов е представил списък от 6 публикации в реферирани международни чуждестранни списания - три в *Advances in High Energy Physics* две в *Universe* и една в *Electronic Journal of Theoretical Physics*, с общ импакт фактор 8.06. Във всички публикации той е първи автор, което говори за неговата научна активност и водеща роля при изследванията.

**Цитируемост:** Забелязани са общо 8 цитирания.

**Предмет и актуалност на изследването:** Дисертационният труд на Александър Йосифов представя теоретични изследвания на черни дупки, предсказани от общата теория на относителността (ОТО) преди повече от век и чието съществуване е потвърдено напоследък чрез наблюдение на гравитационни вълни при сливане на две черни дупки, както и непосредствено чрез телескоп. Черните дупки поставят ред предизвикателства пред физиката, разрешаването на които несъмнено представлява актуална задача. При тях, в силен гравитационен режим се изявяват противоречията между общата теория на относителността и квантовата механика, изразени чрез информационния парадокс, свързан с изпарението на черни дупки (радиация на Хокинг), при който привидно се нарушава Вторият закон на термодинамиката и

унитарността на квантовата механика. Преодоляването на тези противоречия е предмет на изследване в дисертацията. Изследва се също квантово-информационният проблем за възможността попадналата в черна дупка информация да се възстанови при нейното изпарение.

**Структура на дисертацията:** Дисертационният труд се състои от общо 6 основни Глави и Заключение (представено като допълнителна седма Глава) с общ обем 129 страници, в т. ч. 6 фигури. **Библиографията** включва 165 заглавия. Дисертацията се състои от три обособени части. Първата част има за цел запознаване с проблема на квантовите ефекти при черни дупки и някои важни досегашни резултати – тя обхваща Глави 1 („Въведение“), 2 („Решения на черните дупки“) и 3 („Термодинамика на черни дупки“), което е обосновано при голямата му сложност. Акцентирано е върху радиацията на Хокинг, свързана с информационния парадокс, при който се нарушава унитарността на квантовата механика при черните дупки, с вплетената ентропия и връзката ѝ с холографския принцип; както и с парадокса на „огнените стени“, посочващ необходимостта от значителни макроскопични квантови корекции, за да се запази унитарността на квантовата механика. Втората част, включва Глави 4 („Квантови корекции“) и 5 („Измерване на квантово-коригирани черни дупки“). Тук са представени теоретичните резултати на кандидата, свързани с модификации на общата теория на относителността при макроскопични квантово-гравитационни ефекти в близост до хоризонта на черна дупка (Глава 4) и изследване възможности за наблюдения на предложените квантово-гравитационни ефекти (Глава 5). Третата част на дисертационната работа е представена от Глава 6 („Квантова теория на информацията и черни дупки“), която съдържа изследвания на дисертанта в съответната област.

Представеният **автореферат** по същество отразява добре съдържанието и резултатите от дисертационния труд, въпреки, че формално има несъответствие при описанието по глави.

**Цели на дисертацията:** Основната цел е представянето на модел на изпарение на черна дупка чрез въвеждане модификации в хоризонтален мащаб в общата картина чрез локална квантова теория върху основата на класическата гравитация. Целта на тези модификации е в рамките на модела да се запазят унитарността на квантовата механика и принципа на еквивалентност на общата теория на относителността.

В дисертацията са поставени следните **основни задачи**.

- Развитие на квантово-полевия модел чрез модификация в близост до хоризонта на черна дупка;
- Изучаване следствията на развитието на модела върху изпарението на черна дупка и върху модификации на ефективната квантова теория на полето, позволяващи преодоляване локалното ѝ ограничение;
- Приложение на космологични модели за изучаване на смущения в черна дупка и за извличане на макроскопични отклонения от стандартното описание на общата теория на относителността;
- Определяне времевите скали на извличане материята от “млади” черни дупки в термините на квантов информационно-теоретичен подход и изчислителна сложност.

**Основните резултати** на дисертационния труд са следните:

- Изведени са макроскопични квантово-гравитационни ефекти от реакцията на геометрията на черна дупка в непосредствена близост до хоризонта на постоянните

нехомогенни вакуумни флуктуации, представляващи модификации на общата теория на относителността. Тези ефекти представляват постоянни пулсации на хоризонта, които оставят потенциално наблюдаем отпечатък в излъчените гравитационни вълни.

- Изучават се квантови системи с много нива на свобода от гледна точка на еволюцията на изчислителната им сложност, което допринася за по-добро разбиране на хаотичните свойства на конформни полеви теории.

- Предложена е диагностика на квантов хаос с важно приложение за вътрешната динамика на изпаряваща се черна дупка, показваща, че радиацията на Хокинг е прсевдопроизводна, т.е. от нея не може да бъде извлечена информация чрез използването от външен наблюдател на физически ограничен квантов компютър.

С постигането на тези резултати поставените в дисертацията задачи са изпълнени.

Дисертационният труд има следните **приноси**:

- Приложено е космологично решение върху геометрията на Шварцшилд и е установена връзка с ефекта на Казимир;

- Създаден е модел, при който се запазва унитарната динамика на квантовата механика при процеса на формиране и изпарение на черна дупка на Шварцшилд в резултат на макроскопични квантово-гравитационни ефекти;

- Изведени и параметризирани са потенциално наблюдаеми ефекти в резултат на предложените макроскопични отклонения от общата теория на относителността;

- Получен е нов параметър за квантов хаос в квантови системи от голям брой силно взаимодействащи си кубити, отразяващ еволюцията на изчислителната сложност на системата.

**Забележки:** На отделни места се забелязват правописни грешки, както и неправилен словоред, което не променя крайното ми заключение.

**Заклучение:** Представената дисертация не само удовлетворява, но и надвишава академичните изисквания, като се имат предвид и приложените публикации. На базата на това предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на **Александър Йосков Йосифов** образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 4.1. Физически науки.

София, 9 септември 2021 г.

Председател на Научното жури:

  
доц. д-р Петър Тонев

