

# СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд

за придобиване на научна степен „доктор на физическите науки“

в професионално направление 4.1. Физически науки,

по процедура за защита във Физически факултет (ФзФ)

на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)

Рецензията е изготвена от: Професор дфзн Радослав Христов Рашков,

(академична длъжност, научна степен, име, презиме, фамилия - месторабота)

Физически Факултет на СУ “Кл. Охридски”, в качеството му на член на научното жури съгласно Заповед № РД -38-249 / 20.05.2022 г. на Ректора на Софийския университет.

**Тема на дисертационния труд: “Critical phenomena and quantum metrology with strongly correlated quantum-optical systems”**

**Автор на дисертационния труд: доц. д-р Петър Александров Иванов**

## **I. Общо описание на представените материали**

### **1. Данни за представените документи**

*Кандидатът Петър Александров Иванов е представил дисертационен труд и Автореферат, а така също и задължителните таблици за Физически ф-т от [Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“](#). Представени са и всички изискуеми за защитата документи (във вид на служебни бележки и удостоверения от работодател, ръководител на проект, финансираща организация или възложител на проект, референции и отзиви, награди и други подходящи доказателства) както и документи, покрелящи постиженията на кандидата.*

Представените по защитата 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).

### **2. Данни за кандидата**

*(Професионални и биографични данни за кандидата)*

*Кандидатът Петър Иванов получава висшето си образование във Физически факултет на Софийския университет "Св.Климент Охридски". В периода 10.1998-09.2002 той получава последователно бакалавърска и магистърска степен.*

*От март 2004 става редовен докторант във Физически факултет, Софийски университет "Св.Климент Охридски", където звъриша през 2008 успешно защитавайки докторска степен.*

*От юни 2021 П. Иванов е главен асистент в кат. Теоретична физика на Физически факултет, а от юни 2015 става доцент към същата катедра.*

### **3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата**

Научните интереси на д-р Петър Иванов покриват широк спектър проблеми от областта на квантовите системи. В частност, фокус е поставен върху квантови фазови преходи и тяхното приложение. Такива системи се характеризират с висока комплексност и обикновено са неинтегруеми, като аналитично им описание е възможно само в термодинамична граница. Квантово-оптичните системи са подходящи обект за реализирането и наблюдаването на квантови фазови преходи, тъй като изискването за ниски температури и контрол на параметрите е постижимо. Такива системи са подходящи за симулирането и изучаването на различни спинови и спин-бозонни модели, които биха могли да имат квантови фазови преходи.

Квантовите многочастични системи са сложни квантови обекти чиято динамика се характеризира с множество параметри. Квантовите параметри кодиращи информацията за основното състояние на системата формират т.нар. информационно пространство. Това пространство може да се метризира, като в най-общия случай метричният тензор в описва Риманова геометрия. В квантовия случай се дефинира т.нар. квантова метрика на Фишър. От физична гледна точка рязката промяна в основното състояние характеризираща наличието на фазов преход означава, че параметричното описание на две иначе близки състояния ги отделя на далечно разстояние едно от друго по отношение на метриката на Фишър. Това предполага значението на информационното пространство и квантовата информация на Фишър в квантовата метрология. Същността на метода се състои в това, че статистическата неопределеност при измерването на даден параметър е обратно пропорционална на квантовата информация на Фишър давайки възможност за прецизна квантова метрология. Друга информация, закодирана в квантовата информация е индикацията за квантов хаос.

В представената дисертация са изложени редица постижения на автора в описаните по-горе направления. По мое мнение представените резултати са от голяма важност за изучаването на квантовите фазови преходи и тяхното приложение и намират широк отклик сред специалистите в областта. Без да изброявам всички постижения, бих споменал квантовите симулации на взаимодействащи поларони с йонни кристали, изследване на фазови преходи с формирането на спин-бозонни кондензати, спинови модели включващо

ефективно спин-спин сдвояване и т.н. Следва да се отбележат и постиженията свързани с квантовата метрология, като има предложени редица методи за измерване с голямо повишение на точността. По оригинален начин е използвано информационното пространство и метриката на Фишър (или метрика на Бюрес). Предложените приложения са от голям интерес, което се потвърждава и от цитираните работи. Интерес представляват, в частност за мен, изследванията върху квантовия хаос в квантовия модел на Раби.

Дисертационният труд се състои от 313 страници, 13 глави и 12 приложения. В дисертацията са включени 23 статии, а цитираните заглавия са 311. Авторефератът се състои от 129 страници и напълно отразява дисертационния труд.

Оставяйки наукометричните данни за съществената част и анализирайки дисертацията, автореферата и включените статии, заключенията ми са:

- а) научните публикации, включени в дисертационния труд 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 придобиване на образователната и научна степен „доктор“ (за придобиване на научна степен „доктор на физическите науки“) в съответната научната област и професионално направление;
- б) включените в дисертационния труд научни публикации не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност. Това е отразено и в приложените таблици.
- в) няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените дисертационен труд и Автореферат.

#### **4. Характеристика и оценка на преподавателската дейност на кандидата (ако има изискване в ПУРПНСЗАДСУ за това)**

*Оценка на учебно-педагогическа дейност на кандидата*

Въпреки, че за целите на защитата не е необходимо, бих искал да добавя, че доц. Петър Иванов развива и интензивна преподавателска дейност. Учебната му натовареност не само надхвърля определения университетски хорариум, а и далеч надхвърля средната за Физически факултет. Качеството на преподаване е високо оценено от студентите, което обяснява защо е търсен преподавател.

Бих искал да изброя лекционните курсове и семинарите към тях, като пропусна инцидентното водене на други такива: Квантова Механика (лекции и упражнения за бакалавърска програма, специалност Медицинска Физика); Методи и приложения на Квантовата Механика (лекции и упражнения за студенти от специалност Квантова, Космическа и Теоретична Физика - ККТФ); Теоретична Механика (лекции и упражнения за специалност ККТФ); Квантови Фазови Преходи (избираем курс); Квантови симулации и Квантова Метрология (магистърска програма по Квантова Информатика).

Доц. Петър Иванов е бил ръководител на успешно защитили 5 бакалавъра и един магистър.

## **5. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите**

Първата глава на дисертацията е кратък, но информативен увод в тематиката. Уводни елементи са дадени и като връзка между отделните компоненти/глави на дисертацията.

Следващите 5 глави са тематично свързани и са посветени на изследването на критични явления в квантово-оптични системи. На първо място бих отбелязал предложени механизъм за симулиране на модела на Джейнс-Къминг-Хъбард с йони в капан на Паул, където се очаква наличие на квантов фазов преход. Числените резултати показват добро съвпадение с аналитичните резултати. По-късни експериментални работи следват предложени теоретичен механизъм. Представено е и детайлно изследване на наблюдаемите величини, характеризиращи квантовия фазов преход. Резултатите представени в серията работи по симулиране включващи: симулиране на модел на взаимодействащи поларитони, симулиране на взаимодействащи спинове и ансамбъл от бозони в йонен кристал, спин-спинови ефекти, спин-фононен кондензат и др. представляват съществен принос и са високо оценени от експертите в областта (цитирани са над 180 пъти).

Друга важна линия на изследвания е квантовата метрология. Тя се предхожда първо от въведение в квантовата информационна геометрия (Глава 7), която в последствие играе важна роля. Концепцията за информационно пространство и неговата геометрия възниква от факта, че пространството от модули описва (почти) напълно динамичната система. Още по-важно това е когато системата е квантова и могат да се използват геометричните свойства на информационното пространство. В случая на критични явления разстоянието между две близки квантови състояние разделени от критична точка може да бъде голямо и това може да е индикация за фазов преход. В дисертацията е изложена концепцията за класическа метрика на Фишър и нейния квантов аналог (т. нар. метрика на Бюрес). Възможности за ефективно приложение дава фактът, че в околност на критична точка квантовата метрика на Фишър показва разходящо поведение. От изследванията в този аспект бих искал да отбележа предложената квантова метрология в модела на Дике, който описва квантов фазов преход от втори род между нормална и свръх-радиантна фази. Без да се спирам на приложенията за измерване на слаби сили, бих искал да само отбележа и наличие на съществени резултати в квантовата метрология със системи показващи дисипативен фазов преход, които имат голям потенциал за приложение в квантовите технологии. Към интересните приложения бих отбелязал предложени нов метод за оптимална оценка на фононната температура, който се базира на трансфер на информация за топлинните разпределения на фононите към спин-колективните степени на свобода. Тези разглеждания са представени в Глава 11.

Бих искал отделно да подчертая приносите на дисертанта в изследването на появата на хаос и преход към равновесие в квантовия модел на Раби. Известно е, че в стационарния случай уравнението на Шрьодингер води до уравнение на Хойн. Изомонодромния поток в случая се описва от петото уравнение на Пенлеве, което в частност показва интегрируемост по Янг-Бакстер за определени стойности на параметрите. Интересно е да се отбележи, че моделът на Раби показва квантов фазов преход и това, между другото може да се проследи чрез поведението на метриката на Фишър. Изследвани са "out-of-time-order correlator" (ОТОС) в квантовия модел на Раби, който показва квантов фазов преход в ефективна термодинамична граница. Показано е, че ОТОС нараства експоненциално, което дава възможност да се определи квантовата експонента на Ляпунов. От друга страна бързото нарастване на ОТОС води до преход към равновесие на спиновата системата.

Наукометричните данни са както следва: от общият брой статии на доц. д-р Петър Александров Иванов (42), 23 статии са включени в дисертационния труд. Индекс на Хирш е  $h=12$ , а независимите цитирания са 448. От включените в дисертацията статии 17 са в квартал Q1, а 6 - в Q2. От всичките 23 статии д-р П. Иванов има съществен принос в 21.

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

Нямам критични забележки по същество. Дисертацията е композирана по кохерентен и лесно проследим начин, но за читателя/рецензиращия има едно неудобство. То се състои в това, че в дисертацията и Автореферата не са експлицитно посочени в кои статии са съответните приноси на дисертанта и трябва допълнително да се търсят. Това, рабира се, по никакъв начин не намалява стойността на дисертационния труд.

## **7. Лични впечатления за кандидата**

Познавам Петър Иванов твърде отдавна и бидейки колеги в кат. Теоретична физика последните 10 години за да не споделя лични впечатления за него. За толова време като колеги сме имали всякакви ситуации, но Петър винаги е подхождал принципно и с позитивност. Открит и пряк, Петър е желан колаборатор и участник в колективи. През времето на познанството ни съм бил свидетел на отдадеността на Петър Иванов към теоретичната физика и науката с която е свързал професионалната си реализация. Нямам съмнение в неговата компетентност и висок професионализъм. Като човек, Петър е прекрасен колега, на който винаги можеш да разчиташ.

## **8. Заключение**

След като се запознах с представените дисертационен труд, Автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научно-приложни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на

изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на образователната и научна степен „доктор на физическите науки“**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, Автореферат и научни трудове.

Давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

## **II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди присъди **научната степен „доктор на физическите науки“** в професионално направление 4.1 Физически науки на д-р **Петър Александров Иванов**.

28.08.2022 г.

Изготвил рецензията:

Проф. дфзн Радослав Рашков

(академична длъжност, научна степен, име, фамилия)

### **Забележка:**

Рецензията се изготвя задължително на български и на английски език и е в препоръчителен обем 6 – 7 стандартни печатни страници.

Становището се изготвя задължително на български и на английски език и е в препоръчителен обем 4 – 5 стандартни печатни страници.

Рецензията/становището се предава в законоустановения срок на научния секретар по конкурса в електронен вид и в три подписани екземпляра на хартиен носител, запечатани в плик.