

СТАНОВИЩЕ

за дисертационния труд за придобиване на научна степен „доктор на физическите науки“ в професионално направление 4.1. Физически науки (Физика на атомите и молекулите), по процедура за защита във Физически факултет (ФзФ) на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)

Рецензията е изготвена от проф. дфн Александър Александров Драйшу от Физически факултет на СУ, чл.-кор. на БАН, 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: “Критични явления и квантова метрология със силно корелирани квантово-оптични системи”

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

1. Данни за представените документи

Кандидатът доц. д-р Петър Иванов е представил дисертационен труд и автореферат, а така също и задължителните таблици за Физически факултет от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“. Представени са и шест други документи (автобиография, Декларация за авторство, Справка за съответствие с минималните национални изисквания и минималните изисквания на ФзФ, копия на дипломи за придобити ОКС „бакалавър“ и ОНС „доктор“ и подробно описание на цитатите на статиите, на които се основава дисертацията).

Представените от кандидата документи по защитата 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“ (ПУРПНС-ЗАДСУ).

2. Данни за кандидата

През 2002 г. колегата Иванов се дипломира като физик във ФзФ на СУ. След редовна докторантура (2004г.-2008г.) придобива ОНС „доктор“. От 2012г. е главен асистент, а от 2015 г. – доцент в катедра Теоретична физика на ФзФ. (Следва да спомена, че бях член на научното жури по тази процедура на дисертанта и останах с отлично впечатление от кандидатурата му тогава.)

3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Научните публикации, включени в дисертационния труд, отговарят на минималните национални изисквания (по чл. 26, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на научна степен „доктор на физическите науки“ в професионално направление 4.1. При изисквани поне 14 публикации, всичките 23 публикации, с които дисертантът участва в процедурата, са от група I (17 – от квантил Q1 и 6 – от квантил Q2). Той е водещ автор в 21 от тях (минимално изискване – 9). Доц. Иванов участва в процедурата с 220 независими цитирания на негови трудове, отразени в дисертацията от общо 452 цитата, при което е формиран h-индекс 12 (при минимален изискван б). Данните ясно показват, че минималните национални изисквания и специфичните изисквания на ФзФ са значително надхвърлени по всички критерии, типично – около два пъти. Включените в дисертационния труд научни публикации не повтарят такива от предишната процедура за придобиване на ОНС „доктор“. Резултатът от направената проверка потвърди убеждението ми, че в дисертацията и в автореферата няма данни за плагиатство. Дисертантът е декларирал същото в приложената към документите Декларация за авторство.

Основните интереси на доц. Петър Иванов са в областите на квантовите фазови преходи, квантовата метрология, поведението на йони в капан на Паул, в областта на квантовия хаос и термализация, както и в областта на квантовата информация.

В дисертацията са изследвани многочастични модели, които показват квантов фазов преход и често са неинтегруеми, но могат да бъдат симулирани с йони в капан на Паул. Квантовият фазов преход се описва с параметър на подреждане, който се изменя в точката на преход. Подходящи условия се реализират като ниска температура, близка до абсолютната нула, се постига чрез използване на лазерно охлаждане, а контрол върху параметрите се осъществява чрез прилагането на лазерни полета. Идеята на описанието на такива процеси е да се ползва математическо сходство между даден модел и симулирания в контролирана квантова система. Такава система, която може да бъде използвана за квантови симулации, са лазерно охладени йони в капан на Паул (квадруполна конфигурация от електроди с приложени едно постоянно и второ бързо (радиочестотно) осцилиращо електрични полета, водещи до стабилен хармоничен минимум за заредената частица). В такава система дисертантът е описал поларитонни възбуждания в едномерна решетка и е показал, че моделът описва преход към свръхфлуидна фаза. Анализирал е и модел на смесен йонен кристал, състоящ се от частици със спинове с различна стойност. Фазовата диаграма на модела е изследвана за система от три спина. Особен интерес за

мен бе Раздел 6, в който „класическото лазерно поле“ се състои от фотони с евентуално ненулев орбитален ъглов момент. Дисертантът е анализирал метод за прехвърляне на орбитален ъглов момент от външно лазерно поле върху фотони в оптичен резонатор, чрез използване на атомна среда като посредник в стимулиран Раманов адиабатен преход. В Лабораторията по фемтосекундна фотоника на ФзФ има разработени редица експериментални методи за генериране на сингулярни снопове, които може би биха заинтересовали дисертанта в бъдещата му работа.

Второто основно направление на изследванията на дисертанта са критични системи с оглед на приложенията им за квантова метрология. Показано е, че системи, които търпят квантов фазов преход могат да бъдат използвани за свръхпрецизна квантова метрология – за прецизно определяне на неизвестен параметър чрез квантова система. Квантовият фазов преход води до рязка промяна на основното състояние на системата. От гледна точка на информационната геометрия разстоянието между две близки квантови състояния, разделени от квантов фазов преход, може да бъде голямо. За да се дефинира геометрия между квантови състояния, трябва да се въведе концепцията за разстояние като мярка за различимост. В Раздел 7 е дефиниран параметър, характеризиращ колко две квантови състояния се различават спрямо безкрайно малко изменение на параметрите. Уравн. 130 показва, че този параметър има вида на тензор. В Раздел 8 е предложен квантов метрологичен протокол, базиран на квантовия модел на Дике, който показва квантов фазов преход от втори род. Показано е, че слабо поле, което нарушава симетрията на модела, може да бъде измерено с Хайзенбергова граница на прецизност. В Раздел 9 е предложен квантов сензор за слаби сили, реализиран с един йон или със система от йони в капан на Паул. Показано е, че сили от порядък 10^{-24} N могат да бъдат измерени чрез наблюдение на времевите осцилации на спиновите състояния на йона/йоните. Раздел 11 е посветен на измерване на ниски температури в линеен йонен кристал. След Доплеровото лазерно охлаждане (до около 100 μ K), прилагането на лазерно поле позволява информацията за температурата да бъде прехвърлена върху атомни заселености. Температурата се определя чрез проективни спин измервания. Разгледани са и Ридбергови атоми в оптични резонатори, които могат да бъдат използвани за създаването на топологични фазови преходи. Раздел 12 е посветен на появата на квантов хаос в модела на Раби. Квантовият хаос е свързан с експоненциално нарастване на неедновременната корелационна функция. Моделът на Раби показва квантов фазов преход в ефективна термодинамична граница.

4. Преподавателска дейност на кандидата

Учебно-педагогическа дейност на доц. Петър Иванов е свързана с четенето на лекции и с воденето на упражнения по Квантова механика за студенти от специалност Медицинска физика, а за студенти от специалност Квантова и космическа теоретична физика - с курсовете Методи и приложения на квантовата механика и Теоретична механика. Чел е още курс по Квантови симулации и квантова метрология за магистърска програма по Квантова информатика и избираем курс по Квантови фазови преходи. Няма представени данни за ръководени от доц. Петър Иванов дипломанти, но, след поискване, ми бе дадена информация за шестима успешно защитили дипломанти.

5. Анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържани в материалите за участие в конкурса

Научните приноси на дисертанта доц. Петър Иванов са в областта на теоретичната квантова механика. Оценявам ги като създаване на нови теории и формулиране на нови хипотези, съществено обогатяващи знанията в областта. В заключителната част на дисертацията си дисертантът посочва експериментална работа от преди около 10 години, в която е демонстриран квантов фазов преход на поларитони в йонен кристал, като работата следва теоретична публикация с негово съавторство. Общият брой на цитиранията на публикациите на доц. Петър Иванов е 452, като 220 от тях са цитати на статии, залегнали в настоящата дисертация. Имайки предвид публикационната му активност през последните няколко години, вярвам, че резултатите му ще продължат да бъдат подобаващо отразявани в чужди публикации.

6. Критични бележки и препоръки

Критични бележки по дисертационния труд нямам. Авторефератът практически пълно възпроизвежда дисертацията, което не е обичайно. Пълнотата на информацията в автореферата и, общо, литературната осведоменост на дисертанта, за мен са извън всяко съмнение. Автобиографията е в обем от четири страници, последвани от страници, които нямат отношение към материала и следва да се отстранят.

7. Лични впечатления от кандидата

Личните ми впечатления са за един високомотивиран и способен млад професионалист, израснал в групата на професор Николай Витанов, поел по собствен път в науката и ползващ се с уважението на колегията.

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 напълно **отговарят и надхвърлят изискванията** на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на научната степен „доктор на физическите науки“**. В частност кандидатът надхвърля (типично два пъти) минималните национални изисквания в професионалното направление. Не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, автореферат и научни трудове.

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

ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

21.08.2022 г.

Изготвил рецензията:

(проф. дфн Александър Александров Драйшу)