

СТАНОВИЩЕ

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

Становището е изготвено от: **проф дфн Вера Маринова Господинова, ИОМТ-БАН**

в качеството на член на научното жури съгласно Заповед № РД 38-251/23.05.2022 г. на Ректора на Софийския университет.

Тема на дисертационния труд: “Приложение на Схеми за Кохерентен Квантов Контрол в Класическата Физика”

Автор на дисертационния труд: Мухамад Ал-Махмуд

I. Общо описание на представените материали

1. Данни за представените документи

Кандидатът Мухамад Ал-Махмуд е представил дисертационен труд на тема “Приложение на Схеми за Кохерентен Квантов Контрол в Класическата Физика”, Автореферат и задължителната таблица на Физически ф-т от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“, съгласно която кандидатът има 50 точки по група от показатели А и 30 точки по група от показатели Г. Съгласно допълнителните изисквания на ФзФ - 1 точка от показател Е 25, 1 точка от публикации по показател Е 27 (съществен принос на кандидата) и 8 точки от участие в конференции (показател Е 30). Така по процедурата кандидатът Мухамад Ал-Махмуд участва с общо 90 точки.

Представената дисертация е в обем от 160 страници и се състои от Уводна част, 7 глави и заключение, придружени със списък на публикациите на дисертанта, участия в международни конференции и семинари и списък на литературата. Илюстративният материал е от 50 фигури. Списъкът на цитираната литература обхваща 332 заглавия. Авторефератът е представен на български език и изцяло отразява структурата и съдържанието на дисертационния труд, като акцентира върху най-важните резултати и постижения. Написан е на 51 страници и съдържа 15 фигури.

Представените по защитата документи от кандидата изцяло 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

Мухамад Ал-Махмуд завършва Бакалавърска степен на обучение в Ливански университет, Ливан през 2015г, след което, в периода 2016-2019, се обучава в Магистратура в Университета

Лориан, Мец, Франция. През 2018г започва докторантура по Европейски проект EU Horizon-2020 ITN 76507 към Софийски университет, в групата на проф. дфн. Николай Витанов (Квантова оптика и квантова информация, Катедра по теоретична физика), под ръководството на доц. дфн. Андон Рангелов.

Има редица специализации в Технически Университет, Darmstadt, Германия (в периода Окт-Дек 2019), в Университета в Мец, Франция (2017г-2021г), в Института по Физика на Твърдото Тяло към БАН през 2019г, в Университета Paris Saclay University, Париж, Франция (2018), в Институт Макс Планк за квантова оптика Мюнхен, Германия (2019).

3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Дисертацията е фокусирана върху аналогии между класическата физика и квантовата механика като: (i) аналогии между кохерентни техники за квантов контрол и някои класически системи, като манипулиране на поляризацията на светлината и нелинейно честотно преобразуване в среда без загуби и разсейване, или (ii) аналогии между неермитовата квантова система с три състояния и каскадното създаване на нелинейна честота в среда със загуби, както и върху демонстриране на техни приложения.

Основната цел на дисертацията е, чувствителните класически системи да се проектират стабилни и широколентови, по аналог на квантовите системи, които успешно се манипулират от кохерентни квантови схеми за управление (например от композитни импулси). Поставените в дисертацията задачи са предимно теоретични и се основават на прилагане на математически формализъм на матрицата на Джоунс, използвана за описване на еволюцията на поляризационните състояния в последователност от вълнови пластини, използвани за изграждане на поляризационни ротатори. В резултат, успешно са проектирани и експериментално демонстрирани два типа устройства: (i) нерещипрочна поляризационна вълнова пластина, чието действие зависи от посоката на разпространение на светлината, и (ii) независим от входната поляризация оптичен изолатор, с две нива на изолация. Представените демонстрации откриват нови възможности за практически приложения.

Дисертацията се написана на основата на Уводна част, 7 глави и заключение, както и списък на литературните източници. **Уводната част** е обзорна и е посветена на аналозиите като стратегия за анализиране и придобиване на нови знания на основата на математически подход. Накратко, с примери, са разгледани квантово-класическите аналогии, класически-класически аналогии, аналогията между оптиката и механиката, както и квантово-квантовата аналогия, където напълно различни системи, моделирани от сравними математически уравнения, разкриват изненадващо единство.

Глава 2 обхваща няколко последователни техники за квантов контрол, като композитните импулси (CPs) и Rapid Adiabatic Passage (RAP), които се използват за манипулиране на квантови системи с две състояния. Обсъдена е и концепцията за

манипулиране на квантови системи с три състояния с разпадащо се междинно състояние. В следващите глави са използвани техните класически аналогии.

Глава 3 разглежда някои класически системи, които са първоначално чувствителни, като манипулиране на поляризацията и нелинейно преобразуване на честотата, включително оптично параметрично усилване и каскадно нелинейно честотно преобразуване в разсейваща среда. Авторът е предложил теоретично и демонстрирал експериментално нов дизайн на композитен и ширококолов поляризационен ротатор, прилагайки композитните импулси в поляризационната оптика, съставен само от три вълнови пластини, две полувълнови пластини и една пълновълнова пластина за централната дължина на вълната. В допълнение, се разглежда идеята за не реципрочен поляризационен превключвател, базиран на комбинация от реципрочен превключвател и не реципрочни ротатори. **Глави 2 и 3** служат като теоретично въведение към цялата дисертация.

Глава 4 свързва подхода, представен в Глава 2 с поляризационната манипулация в Глава 3 с цел изграждане на устойчиви и ширококолови поляризационни ротатори. Проектирани са две устройства, не реципрочен забавител на оптични вълни и независим от поляризацията оптичен изолатор, базиран на идеята за не реципрочен поляризационен превключвател. Така предложеното устройство може да се използва като полувълнова пластина в една посока и четвъртвълнова пластина в обратната посока. Друг пример е произволното забавяне на вълната в една посока и нулево забавяне в противоположната.

Глава 5 е посветена на прехвърляне на заселеност между три квантови състояния чрез разпадащо се междинно състояние с каскадно генериране на нелинейна честота в среда със загуби. Представена е аналогия между неермитовата квантова система с три състояния и каскадното раждане на нелинейна честота в среда със загуби, с цел устойчиво генериране на нови честоти в нелинейни кристали. Представени са и числови симулации за LiNbO₃ кристали.

В Глава 6 е представен универсален дизайн на не реципрочна вълнова пластина, базиран на комбинация от реципрочен и не реципрочен поляризационен ротатор, поставени между две четвъртвълнови пластини.

Глава 7 представя независещ от входната поляризация оптичен изолатор (конфигурация тип Саняк) изградена чрез използване на два не реципрочни поляризационни превключвател

Заклучението представя общи изводи и гледни точки.

Резултатите от изследванията са публикувани в 5 статии (3 от тях са с квантил Q1 и 2 с квантил Q2-и двете попадащи в група I), като 4 от публикациите са с импакт фактор и една със SJR. Научните публикации, включени в дисертационния труд напълно отговарят на минималните национални изисквания (по чл. 26, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 4.1 Физически науки. В допълнение, включените в дисертационния труд научни публикации не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност.

Няма доказано по законо установения ред плагиатство в представените дисертационен труд и Автореферат.

Дисертацията е написана на много високо професионално ниво, оформена е много прецизно с илюстрации и фигури, представени са важни формули и уравнения, което я прави много балансирана. Следва да отбележа, че несъмнено ще бъде в голяма полза за бъдещи студенти, докторанти и обучаващи се.

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

Мухамад Ал-Махмуд има изявена учебно-педагогическа дейност, като преподаване в Université de Lorraine, Мец, Франция през 2019г и Университетски технологичен институт (IUT), където води експериментално и теоретично обучение по Електричество, Електромагнетизъм, Моторизация и Системи.

В периода 2017-2020г е провеждал обучение на свободна практик в Университета в Мец, Франция, като е преподавал уроци за гимназисти на теми: Физика, математика и програмиране

През 2014-2016 се е занимавал с училищно преподаване в Модерно образователно училище, Ливан на ученици от 7-ми, 8-ми и 9-ти клас по математика и физика.

През 2012-2016 е провеждал обучение на свободна практика в Ливан -Уроци за ученици от начални и средни училища на теми: Физика, математика и химия

5. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса

Авторът е предоставил **5 нови научни приноса** (теоретични и експериментални), които напълно приемам и подкрепям.

Като **нов научен принос**, включващ теоретична и експериментална част, трябва да се отбележи аналогията между техниката на композитните импулси и поляризацията на смветлината с цел проектиране на устойчив и широколентов поляризационен ротатор от три вълнови пластини.

Също така, **нов теоретичен научен принос** е въвеждането на „дефекти“ на определени места в квази фазовият синхронизъм на нелинеен кристал, като е постигната аналогия с композитните импулси от квантовата физика. Тази аналогия има за цел да направи оптичното параметричено усилване устойчиво и широколентово.

Друг **нов, теоретичен научен принос** е създадената аналогия между квантова система с три нива и разпадащо се междинно състояние с каскадно генериране на честота в нелинейна среда със загуби. Тази аналогия позволява да се превърнат загубите от средата в предимство при генерацията на новата честота

Следва да се отбележи и проектираната **за първи път** нересципрочна поляризационна вълнова пластина, чието забавяне зависи от посоката на разпространение на светлината, което е **нов научен принос**, включващ теоретична и експериментална част

Като най-съществен **теоретичен и експериментален принос** е демонстрирания нов тип оптичен изолатор, независим от поляризацията на светлината, съставен от две нересципрочни вълнови пластини в конфигурация на Sagnac. Най-важното предимство е, че няма разлика между оптичните пътища на двете ортогонални поляризации, което позволява да се запази поляризацията между вход и изход.

Докторанта е представил 4 публикации в списания с импакт фактор като *Physical Review Applied* (IF 4.985); *Applied Sciences* (IF 2.679); *Applied Optics* (IF 1.980); *Journal of Optics* (IF 2.516) и *OSA Continuum* (SJR 0.53, Q2). В 4 от тях Мухамад Ал-Махмуд е водещ автор, като в таблицата със справка за съответствие с минималните национални изисквания и минималните изисквания на ФЭФ, е посочено, че Мухамад Ал-Махмуд има съществен принос. Считам, че проведените изследвания, получените резултати и формулираните приноси са лично дело на докторанта.

Посочени са 8 участия на международни конференции и 4 представяния на семинари. Забелязани са 8 независими цитата.

6. Критични бележки и препоръки

Нямам критични бележки

7. Лични впечатления за кандидата

Не познавам лично кандидата, но присъствах на неговата онлайн предзащита проведена през м. Май 2022 г и останах с отлични впечатления от получените резултати и начина на представянето им. Също така трябва да отбележа, че кандидата работи в много силен и световноизвестен екип, с водещи български и чуждестранни учени, сред който е и проф. Germano Montemezzani, което несъмнено води до професионалното израстване и опит на докторанта.

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 на Мухамад Ал-Махмуд напълно 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“**. 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 и напълно подкрепям присъждането на образователната и научна степен „доктор“.

II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление 4.1 Физически науки, на Мухамад Ал-Махмуд.

24.06. 2022 г.

Изготвил рецензията: проф. дфн Вера Маринова
(академична длъжност, научна степен, име, фамилия)