

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертация

за получаване на научна степен „Доктор“

В професионалната научна област 4.1. Физически науки (Физика на атомите и молекулите)

по процедура за защита във Физически факултет
на Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Рецензията е подготвена от доц. д-р Боян Тонев Торосов, Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките, като член на научното жури съгласно Заповед № РД 38-372 / 03.06.2024 г. на ректора на Софийски университет.

Заглавие на дисертацията: Квантова процесна томография: Методи за висока точност

Автор на дисертацията: Станчо Г. Станчев

I. Общо описание на представените материали

1. Описание на представените документи

Кандидатът Станчо Г. Станчев е представил дисертация и резюме на тезата, както и задължителните таблици за Факултета по физика от Регулациите за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“. Има и допълнителни документи (като автобиография, диплома за магистърска степен, декларация за авторство, антиплагиатска декларация и референция за изпълнение на минималните изисквания), подкрепящи постиженията на кандидата.

Документите, представени за защита от кандидата, отговарят на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и правилника за неговото прилагане, както и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Софийски университет „Св. Климент Охридски“.

2. Информация за кандидата

Станчо Станчев е завършил магистратура по Електротехника в Технически университет Варна през 1999 г. След това е работил за няколко компании като техник, технолог и технически организатор до 2020 г., когато започва своите докторантски изследвания в Софийски университет „Св. Климент Охридски“ в групата по Квантова оптика и Квантова информация под ръководството на проф. Николай В. Витанов. Неговата работа по време на докторантурата е фокусирана върху разработването на методи за висока точност в квантовата процесна томография.

3. Общо описание на научните постижения на кандидата

Основен фокус на дисертацията е разработването на нови методи за процесна томография, които позволяват характеризирането на квантов канал с висока точност и прецизност. Изследването е проведено под ръководството на проф. Николай В. Витанов. Дисертацията се базира на три научни публикации, всички от които са публикувани в списания с висок импакт фактор. Като първи автор предполагам, че приносът на кандидата във всички три публикации е съществен. Ето

защо дисертацията отговаря на минималните изисквания за придобиване на научната степен доктор. Освен това, научните публикации в дисертацията не повтарят тези от предишни процедури за придобиване на научна степен и академична длъжност. Накрая, според антиплагиатската декларация, няма установен плагиат в представената дисертация и Автореферата.

4. Анализ на основните научни и приложни постижения на кандидатата, както е видно от документите за участие в процедурата

Основните научни и приложни приноси на настоящата дисертация са в областта на квантовата томография с приложения в квантовото изчисление. По-специално, използвайки метода на многократно прилагане на един и същи квантов канал, приложен многократно, може да се подобрят традиционните методи за квантова процесна томография.

Дисертацията е представена в седем глави.

Първата глава е кратко въведение, което мотивира изследването, проведено в дисертацията, и представя кратък преглед на нейната структура.

Втора глава запознава читателя с някои аспекти на теорията на квантовата информация, използвани по-късно в дисертацията. По-специално, разяснени са формализмите на отворените квантови системи и разгледани са репрезентациите на напълно положителни и следосъхраняващи карти.

Трета глава изучава темата за характеризацията на устройствата. Описани са някои стандартни подходи като случайно бенчмаркиране, квантова процесна томография и томография на набор от гейтове.

В четвърта глава е разработен методът на мулти-пасовата квантова процесна томография.

В пета глава са намерени мулти-пасови пропагатори за системи със симетрия на Майорана или Морис-Шор.

Шеста глава прилага резултатите от предходната глава за решаване на проблема с характеризацията на Раманови кюбитни гейтове.

Седма глава представя заключенията.

Приносите от тази дисертация могат да бъдат класифицирани като обогатяване на съществуващите знания и приложение на научните постижения в практиката.

Характеризацията на квантови устройства, която е основната тема на тази дисертация, се отнася до процеса на измерване, анализиране и разбиране на свойствата и поведението на квантовите компютри. Същността е да се изучат характеристиките на квантовите процесори, като точност на гейтовете, източници на шум и др. Характеризацията на квантовите устройства е съществена част от развитието и прилагането на квантовите изчисления, което позволява напредъка на практическите квантови системи. По-специално, разработени са редица техники за тази цел, като случайно бенчмаркиране, квантова томография на състоянието, квантова процесна томография, томография на набор от гейтове, класически сенки, неврал-сенчести томографии и др. В процеса на дисертацията е

разработен метод за многократно прилагане на квантов канал. Тази техника се показва, че подобрява точността и прецизността на стандартната квантова процесна томография.

Дисертацията започва с три въвеждащи глави, където първо се дава мотивация защо изследването е проведено, и след това много задълбочен и добре написан преглед, който покрива темите за основите на квантовата информация, формализма на отворените квантови системи и методите за квантова характеристика.

Глава 4 представя техниката на Мултипасова Квантова Процесна Томография, която демонстрира как може значително да се подобри точността и прецизността на стандартната квантова процесна томография. Тази техника се използва като допълнение към други методи, като например спомагателно-асистирана процесна томография. Техниката е приложена върху гейтове \sqrt{X} и CNOT, използвайки шумен симулатор и реален IBM квантов процесор.

В глава 5 са изведени мултипасовите пропагатори за квантови системи със симетрия на Вигнер-Майорана или Морис-Шор. Тези резултати могат да намерят приложение в няколко области, като например в разработването на методи за квантов контрол за мултистатни системи или за оценка на ефективността на различни последователности за динамично разделяне на кюбити и кюдити.

Глава 6 е изградена върху резултатите от предходната глава и представя томографски метод, предназначен за характеристика на високоточни Раманови кюбитни гейтове, които се подчиняват на трансформацията на Морис-Шор. Предложеният метод използва кохерентно усилване на грешките в гейта чрез многократно повтаряне на същия гейт. Като анализираме вероятностите от многократно използване, установяваме тяхната зависимост от четири ключови параметъра: грешка в импулса, дегтюнинг, съотношение на запълване и брой на импулсите (пасове).

Заклученията на дисертационната работа са представени в глава 7. Използваните публикации, както и конференнтните презентации на автора, са обобщени в приложението.

5. Критични забележки и препоръки

Дисертацията е много добре написана и лесна за следване. Особено ми хареса използваният стил на LaTeX, използваните пакети LaTeX и форматирането на фигурите. Всичко това направи четенето безпроблемно и приятно. Също така смятам, че въведените глави 1-3 биха били много полезни за всеки читател, който иска да придобие първоначални познания по темата за характеристика на устройства. Кандидатът е положил ясни усилия да представи сложна тема по достъпен начин и това заслужава признание.

Кандидатът направи ясен опит да представи сложна тема по достъпен начин и това заслужава признание.

Имам следните въпроси/коментари по дисертацията:

- На стр. 9, постулат 2, време-зависимото уравнение на Шрьодингер е въведено и авторът обяснява, че то описва еволюцията на изолирана (затворена)

система. Ако обаче Eq. (2.3) е валидно само за изолирана система, защо тогава Хамилтонианът е време-зависим?

- Изразите за ρ под уравненията (2.151) и (2.156) изглеждат грешни. Не трябва ли ρ да е реално число между 0 и 1?
- Името на глава 3 е „Квантова характеристикация, верификация и валидация“. Въпреки това, тя обсъжда само характеристикацията и не обяснява нищо за частта „верификация и валидация“. По-специално, не е ясно каква е разликата между верификацията и валидацията.
- В глава 4 (секция 4.6), са представени данни за конструирани Паули трансфер матрици. Използвани са шумен симулатор и реално устройство. Изглежда, че първият ред на тези матрици винаги съдържа само нули, с изключение на първия елемент, който е единица. Означава ли това, че в системата няма изтичане или че методът не може да бъде приложен за карти с намаляващи следи?

6. Лични впечатления за кандигата

Познавам кандигата откакто той се присъедини към групата по Квантова оптика и Квантова информация на проф. Николай В. Витанов. Моите впечатления са, че той е много мотивиран и усърден. Също така е много инициативен, търси дискусии с колегите си, но също така е готов да приеме обратна връзка и съвети. Освен това, той е доста отворен за бързо приемане на нови високотехнологични технологии, които биха му помогнали в неговата работа.

7. Заключение

След запознаване с представената дисертация, автореферата и другите материали и въз основа на анализа на тяхното значение и съдържанието в тяхните изследвания и приноси, потвърждавам, че научните постижения в дисертацията отговарят на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и съответните правилници на Софийски университет "Св. Климент Охридски" за придобиване на научната степен "доктор". По-специално, кандигатът надхвърля минималните национални изисквания в професионалната област и не е установено плагиатство в дисертацията, резюмето и научните статии, представени на конкурса.

Давам положителна оценка за дисертацията.

II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното, препоръчвам на научното жури да присъди образователната и научна степен "доктор" в професионалната област 4.1 Физически науки на Станчо Г. Станчев.

30 август 2024 г.

Погпис на рецензента:

(доц. г-р Боян Торосов)