

СТАНОВИЩЕ

за докторската дисертация

за придобиване на образователна и научна степен "доктор" по физически науки,
във Физическия факултет на СУ "Св. Климент Охридски".

Рецензията е изготвена от: проф. Стефан Герен, Университет на Бургундия, Дижон, Франция

Тема на дисертацията: " Разработване на композитни импулси заквантовите технологии

Автор на дисертацията: Хайк Л. Геворкян

20.09.2023 – Дижон (Франция)

Данни за кандидата

Наук Gevorgyan получава своята бакалавърска степен в Ереванския държавен университет, Армения през 2016 г. и магистърска степен (теоретична физика) в същия университет през 2018 г. Успоредно с това той започва две други магистърски степени през периода 2016-2017 г.: „Магистър по киберсигурност ” в Руско-Арменския университет и „Магистър по агробизнес и мениджмънт” (съвместна програма с Texas A&M University) в Арменския национален аграрен университет. През този период той е награден за най-добър студент за 2015 г. на Република Армения (първа награда) и най-добър студент за 2017 г. (победител) в Ереванския държавен университет. След това получава международна магистърска степен през 2017-2018 г., „Физика, фотоника и нанотехнологии“ в Университета на Бургундия, Дижон (Франция).

След това е записан в две докторски програми в Ереванския институт по физика (Отдел за експериментална физика) по темите „Кохерентно излъчване на плътно-модулирани групи от високоенергийни заредени частици в микро- и макро-радиатори“ (ръководител: L.A. Gevorgian, 2018 г. -2021 г., незавършена докторска степен) и в СУ „Св. Климент Охридски, като ранен изследовател на Европейската мрежа (ITN) „Лимкет” (2018-2021 г.), с ръководител проф. Николай В. Витанов в периода 2018-2023 г. Настоящият преглед се отнася до последното.

Кандидатът беше командирован в моята лаборатория (ICB) в Дижон през януари 2020 г., което беше прекъснато от пандемията от COVID. През този период Хайк Геворкян беше много активен. Въз основа на скорошни работи, посветени на пряк път към адиабатичност и оптимален квантов контрол, той анализира и предложи няколко възможности, за да оптимизира съществуващите композитни импулсни техники.

Забелязваме също, че другата докторантура е довела до две публикувани статии в реферирани списания. Кандидатът е автор на 28 устни или постерни съобщения на национални или международни конференции от 2013 г.

Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Настоящата дисертация най-общо е в областта на квантовия контрол, като по-специално е посветена на важното свойство устойчивост. Това е от голямо значение, тъй като представлява основно средство за въвеждане на квантовите технологии в действие.

Работата се фокусира върху композитните импулси (CP), техника, широко изучавана в групата на Н. Витанов, с приложения за обработка на квантова информация, изискваща ултрависока точност и за (класическа) поляризационна оптика. CPs са разработени от дълго време (от 1940 г. в поляризационна оптика и през 1980 г. в NMR), но тяхната „оптимална“ реализация, например за възможно най-кратко време, липсва в литературата. Това е една от основните теми на дипломната работа, където се предлага систематично извеждане на CP чрез аналитични и числени методи.

Втората основна тема се отнася до разширяването на CPs до детерминистично генериране на произволно свръхслабо възбуждане, обикновено под 10^{-2} . Такова свръхслабо възбуждане може да бъде необходимо в някои приложения на квантовите технологии, като DLCZ протокол, за който едно възбуждане се споделя между хиляди атоми, за да се получи голямо състояние на Дике от много кубити, споделящи едно възбуждане. Стандартните протоколи използват много слабо или силно разстроено управляващо поле, което е чувствително към вариациите в експерименталните параметри. В литературата не съществуват алтернативни надеждни стратегии. CP стратегията използва неслаби полета, които позволяват висока прецизност и устойчивост, както е убедително демонстрирано в дипломната работа.

Третата част от работата е разширяването на CP към приложения в поляризационната оптика. По-специално, широколентовите нерезипрочни поляризационни вълнови пластини са изследвани въз основа на добре известната аналогия между поляризационния вектор на Джоунс и квантовото състояние. Интересът от производството на нерезипрочни поляризационни вълнови пластини (т.е. с функционалност, зависеща от посоката на разпространение на светлината) е показан чрез убедителния пример за оптичен изолатор.

Глава 1 от дипломната работа е посветена на сравнително кратко въведение в квантовия контрол и по-специално в CP техниките. Глава 2 предоставя повече подробности за CP техниката, прилагана за (променливи или постоянни) ротационни операции и предлага ултра-стабилни CP решения (с повече от 5 импулса), характеризирани с по-кратко време от известното в литературата. Това е публикувано във Phys. Rev. A [48]. Глава 3 прилага техниката за проектиране на композитен фазов гейт със свръхвисока точност. Препринт е публикуван в arXiv [60]. Тези две глави демонстрират забележителната гъвкавост на CP с ултрависока прецизност и широка устойчивост на грешки.

В глава 4 Н. Gevorgyan прилага CP, които формират теснолентови и пропускащи въртящи се гейтове. Използват се три типа оптимизация: SU(2), modified-SU(2) и регуляризация. Фигура 4.1 събира различните семейства CP, но тъй като съдържа твърде много информация, е трудно да се разчете. Заглавието на Глава 4 споменава приложението за квантови детектори, което е интересен и обширен въпрос в квантовите технологии. Изпълнението на това приложение обаче е неясно в ръкописа.

Глава 5 е посветена на детерминистичното генериране на произволно широколентово свръхслабо възбуждане с различни стратегии на симетрични и антисиметрични последователности на CP. Тази работа е била приета съвсем наскоро във Phys. Rev. A.

Глава 6 разглежда способността на техниката за ултрастабилен или ултрачувствителен контрол за сметка на прецизността. Това намира приложения в поляризационната оптика, както е представено на Конгреса Optica High-brightness Sources and Light-driven Interactions (2022 г. - реф. [61]).

Глава 7 представя разширението на CP за приложения в поляризационната оптика, по-специално широколентови нерезципрочни поляризационни вълнови пластини и оптичен изолатор. Тази глава е довела до публикация в Optics Communications, приета съвсем наскоро [62].

Критични бележки и препоръки

Докторската дисертация е написана на добър английски език, добре е организирана и представена. CPs са изчерпателно представени, показващи солидни познания на кандидата за тази техника. Въпреки това е жалко, че не се споменават скорошни конкурентни проучвания за оптимален контрол с помощта на оформени импулси.

Досега дисертацията е довела до три публикувани рецензирани статии с добро качество (две във Physical Review A и една в Optics Communications), доклад от конференцията, друг препринт на arXiv и представена статия. Хайк Геворкян е първият автор на всички тези статии, което изразява признание за неговия значителен принос. Тези многобройни (публикувани, приети и потенциални) публикации демонстрират високото качество на дисертацията. В допълнение, кандидатът е представил 7 съобщения в международни конференции, свързани с неговата докторска дисертация.

Имам следните въпроси, на които кандидатът да отговори по време на защитата:

- Няколко решения за втората компенсация на грешката на X гейта имат площ 5 π . Как може човек да се увери, че няма други CP решения с по-малка площ?

- Глава 4 споменава приложение за квантови сензори, но не предоставя никаква информация за това как получените профили могат да бъдат използвани за квантови сензори. Предлагам да дадете подробности за това приложение.

Изводи

Убеден съм, че теоретичните резултати, представени в дисертацията, ще имат силно въздействие в областта на квантовите технологии, тъй като те имат много потенциални значими приложения. Дисертацията, авторефератът и научните публикации на г-н Геворкян надвишават изискванията на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Затова подкрепям присъждането на образователната и научна степен „доктор“.

Prof. Stéphane Guérin