

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд на Лъчезар Славчев Симеонов
на тема

“Приложения на формализма на кохерентно и некохерентно атомно-фотонно взаимодействие: от квантова логика в йонни уловки до стационарна светлина във фотонно кристално влакна”

за придобиване на образователната и научна степен
“доктор” по научната специалност 4.1 Физика на
атомите и молекулите

от: проф. Владимир Стефанов Герджиков, ИЯИЯЕ при
БАН

18 ноември 2016 г.

1 Сведения за докторанта

Г-н Лъчезар Славчев Симеонов е роден през 1988 г. в Габрово. Завършва Физически факултет на СУ като бакалавър (2011 г.), а през 2013 г. става магистър по „Теоретична и математическа физика“. От 2013 г. е редовен докторант във Физически факултет на СУ. През 2013 е бил за три месеца в Дубна, а след това е бил на специализация в Техническия университет в Дармщадт, Германия (2014–2015).

2 Актуалност

Темата на дисертацията е в една важна и бурно развиваща се област на нелинейната оптика изискваща дълбоко познаване както на квантовата механика, така и на лазерната физика. При това се изисква не само дълбоко познаване на съвременната математика, но и владееене на тънкостите на експеримента.

3 Познава ли дисертантът състоянието на проблема?

От цялостното изложение в дисертацията, както и от списъка на цитираната литература от повече от 160 заглавия личи, че дисертантът е добре запознат с основните

результати и публикации по тази тематика.

4 Адекватност на избраната методика

Дисертантът има дълбоки познания както в областта на съвременната квантова механика, така и в областта теоретичната и математическа физика. Това му е позволило да подходи напълно адекватно към решаване на поставените му задачи.

5 Приноси на дисертационният труд

Дисертацията се състои от две части. В първата част (съдържаща 6 глави) се излагат и допълват основните теоретични резултати от квантовата механика и нелинейната оптика, необходими за получаването на основните резултати в дисертацията. Във втората част (съдържаща 4 глави, апендикс и списък на цитираната литература) са изложени основните резултати на дисертацията

Ще се спра накратко върху по-важните аспекти и на двете части.

Първата част носи уводен характер. В нея има кратка обосновка на актуалността на поставените задачи, както и на важни резултати от теорията на квантовата и нелинейна оптика. Важен момент, облекчаващ построяването на теорията е пренебрегването на надлъжната част на електромагнитното лъчение и отчитането само на напречната му част. Спецификата на поставената задача позволява заредените частици (фермиони) да се разглеждат като частици в резервоар, в който лазерното лъчение може да се третира като квантови вакуумни флуктуации. Това е обяснено в първите глави 1, 2 и 3 на първата част като са изложени двата подходящи метода за тяхното описание. Първият описва Брауновото движение на тези частици използвайки силите на Ланжвен. Другата възможност е да се използват уравненията на Блох-Ланжвен при което се появяват и членове, описващи дисипацията на енергия.

В глави 4, 5 се въвежда матрицата на плътността и формализма на уравнението на Лиувил. В последната глава 6 на първа част се описва явлението електромагнитно-индуцирана прозрачност. За целта уравненията на Блох са обобщени за случая на атоми с много нива. Така развитата теория позволява да се опише явлението стационарна светлина, което е централния резултат на тази дисертация.

Втората част на дисертацията започва с глава 7, в която е намерено точно решение на модел, обобщаващ модела на Раби. Става дума за квантова система с две нива върху която действа външен импулс със денастройка. Приема се, че честотата зависи от времето като $\Omega(t) = \Omega_0 \tanh(t/\tau)$ а денастройката е константа. Показано е, че вероятността за преход не се анулира. Това означава, че възбудените по този начин системи с две нива ве могат да се върнат в началното си състояние.

Глава 8 е посветена на динамичните инварианти на псевдоермитовите Хамилтониани. Трудността тук се дължи не само на факта, че Хамилтонианът не е ермитов, но и на това, че той явно зависи от времето. Подобни системи са характерни за

нелинейната оптика. Авторът е разгледал подробно случаите, когато системата има две и три нива.

В глава 9, въз основа на получените по-горе резултати се предлага физическа реализация на гейта Milburn, Schneider, James (MSJ) чрез прилагане на частично припокриващи се бихроматично лазерни полета. Намирането на физическа реализация на такива гейтове, както и осигуряването на тяхната стабилна работа е важна стъпка за построяването на оптични и квантови компютри.

Глава 10 съдържа най-важния резултат на дисертацията, а именно получена е стационарна светлина във фотонно кристално влакно. Съществуването на такава стационарна светлина е обосновано теоретично използвайки явленията електромагнитно-индуцирана прозрачност. С помощта на система от лазери пробен светлинен импулс може да бъде забавен, като забавянето се увеличава линейно с оптичното дълбочина. При определени условия това забавяне може да достигне една импулсна дължина, при което светлината е компресирана в атомната среда. Това явление е било наблюдавано и експериментално в лаборатория на Техническият университет в Дармщадт.

Последната глава 11 съдържа някои вспомогателни детайли за използваните в дисертацията пресмятания.

6 Преценка на публикациите по дисертационния труд

Дисертацията на г-н Симеонов се основава на 4 статии, публикувани във Phys. Rev. A. От гореизброените публикации самостоятелни няма. Три от тях са в съавторство с ръководителя му; четвъртата е съвместна с трима учени от университета в Дармщадт, с които колектива на професор Витанов има установено сътрудничество.

Излишно е да обяснявам, че Phys. Rev. A. е едно от най-реномираните списания по физика, както и това, че изискванията от правилника на Физически факултет за придобиването на образователната и научна степен “доктор” са удовлетворени със запас.

Забелязани са три независими цитирания на работи му включени в дисертацията.

Г-н Симеонов е участвувал в 7 международни конференции с 6 доклада и един постер.

Според мен в дисертацията с нови средства са изследвани съществено нови страни в областта на квантовата механика и нелинейна оптика, и са получени важни нови резултати за съвременната физика.

7 Личният принос на дисертанта

Приемам, че г-н Симеонов има съществен личен принос за резултатите включени в дисертацията. В три от публикациите той е пръв в списъка на съавторите, в четвъртата е втори.

През последната година на докторантурата си г-н Симеонов е водил упражнения по комплексен анализ и квантова механика.

Имам лични впечатления от г-н Симеонов както от предзащитата му, така и от доклада му на третия Национален конгрес по физика тази есен. Макар и ограничени, те са много положителни.

8 Критични бележки и препоръки

Забелязах някои грешки от технически характер както в дисертацията, така и в автореферата. Така в параграф 1.3 се използват едни и същи обозначения за операторите на раждане и унищожение \hat{a}_i и \hat{a}_i^\dagger както на бозони, така и на фермиони. Формула (1.30) съдържа очевидна техническа грешка. Пак в първа глава прекалено голямо внимание се отделя на някои от известните факти от класическата и квантовата електродинамика.

Третирането на Хамилтонианови системи, чиито Хамилтониани явно зависят от времето не е достатъчно подробно обяснено. Очевидно то не може да стане по класическия метод. Изискват се допълнителни усилия да се установи дали изведените интеграли на движение са в инволюция помежду си.

Тези бележки не могат да променят високата ми оценка за качеството на научните резултати.

9 Заключение

Давам висока оценка на резултатите получени от дисертанта.

Както броят, така и качествата на публикациите превишават изискванията за образователната и научна степен "доктор".

Въз основа на всичко казано по-горе съм убеден, че представеният дисертационен труд съдържа ценен научен принос, който не само удовлетворява но и надхвърля традиционните изисквания. Убедено препоръчвам на членовете на журито по защитата, да гласуват за присъждане на научната и образователна степен Доктор на Лъчезар Славчев Симеонов.

София,
18 ноември 2016

/професор, д.ф.н. В. Герджиков/