

РЕЦЕНЗИЯ

относно дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен
„Доктор“
професионално направление 4.1. Физически науки
специалност 01.03.19. „Физика на атомите и молекулите“

Автор на дисертационния труд: **Лъчезар Славчев Симеонов**
докторант във Физическия факултет на Софийски университет „Св. Климент
Охридски“

Тема на дисертационния труд: **Приложения на формализма на кохерентно и некохерентно атомно-фотонно взаимодействие: от квантова логика в йонни уловки до стационарна светлина във фотонно кристално влакно**

Научен ръководител: член-кореспондент, професор дфзн Николай Витанов
Физически факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“

Рецензент — Председател на научното жури:
доцент д-р Димитър Магдалинов Младенов,
Физически факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“

1 Актуалност на темата на дисертацията

Оптическите изследвания, в по-съвременното им разбиране, представляват предимно изследвания в областта на физиката на взаимодействието на светлината с веществото. Квантовият аспект на тези въпроси, който е прерогатива на квантовата оптика, представлява изключително силно напоследък преплитане на такива области като квантовата теория на полето и физичната оптика.

Квантовата оптика е извънредно бързо развиваща се област от науката и претърпява в наши дни, без никакво преувеличение, революционни изменения. Тази наука извървя пътя от ранните изследвания на квантово-статистическата теория на лазера, и въобще в областта на кохерентните свойства на излъчването, до такива съвременни концепции като свитите състояния на фотонното поле, лазерната генерация без инверсия на населеностите и едноатомните микролазери и лазери. В най-последно време в квантовата оптика се състояха вълнуващи и интересни събития в областта на експерименталната демонстрация на такива нови ефекти на атомната кохерентност като свръхбавна светлина, имаща групови скорости от порядъка на няколко метра в секунда, бозе-анйщайнова кондензация в разреждени и лазерно охладени системи, както и най-различни аспекти на квантовата информатика, включващи такива модерни концепции като квантовата кохерентност и така наречения ентанглемент.

Също така, изследванията в областта на квантовата оптика спомогнаха много съществено за създаването на нови много мощни методи, с помощта на които могат да бъдат изучени най-основни въпроси на квантовата механика, например, такива като допълнителността и скритите параметри, както и разни други най-различни фундаментални концепции на квантовата физика.

В дадената дисертация са използвани и приложени подходите и методите на квантовата оптика за изследване на различни квантови обекти, например, такива като квантови гейтове в йонни уловки и стационарна светлина във фотонно кристално влакно, както и много модерните напоследък псевдно-ермитови квантови системи. Това, без съмнение, определя тематиката на дисертацията като особено актуална.

2 Структура на дисертацията

Настроящият дисертационен труд с название “**Applications of coherent and incoherent atom-photon interaction formalism — from quantum logic of trapped ion qubits to stationary light in photonic crystal fibers**“ е написан на английски език и се състои от 166 страници, разпределени в увод и 11 глави, в последната от които са събрани някои приложения. Изложението в дисертацията започва с благодарности и завършва със списък на научните публикации, на които се основава дисертационният труд, както и със списък на научните приноси, получени при даденото изследване. Най-накрая е представен списък на литературата, който съдържа 160 източника. За онагледяване на представения материал в дисертацията са включени 15 фигури.

Дисертационният труд е разделен на две части, като материалът включен в първите шест глави формира първата част, във втората част на дисертацията са включени главите от седма до десета, а единадесетата глава е приложение.

В **Първа глава до Шеста глава**, тоест в първата част на дисертацията, е включен материал от квантовата оптика, който е специално приспособен за получаване на оригиналните резултати, представени във втората част. Тук са включени факти, свързани с квантуването на електромагнитното поле и подробно е разгледана теорията, както на кохерентните, така и на некохерентните взаимодействия на атомите със светлината.

В следващите глави са представени оригиналните резултати, включени в дисертацията.

В **Седма глава** е изучен нов точно решаем квантов модел, описващ система с две нива.

Осма глава е посветена на изследването на псевдо-ермитовите системи.

В **Девета глава** е разгледан ускорен квантов гейт в йонна уловка, като се използват припокриващи се лазерни импулси.

Десета глава е посветена на теоретичното и експериментално изследване на електромагнитно индуцираната прозрачност и на стационарната светлина.

Единадесета глава е приложение, в което са представени някои от по-техничните детайли, фигуриращи в дисертацията.

3 Основни приноси

Основните научни резултати, получени при изследванията в областта на дадената дисертация, могат да бъдат резюмирани по следния начин:

- Въведен е нов аналитически точно решаем квантов времезависим модел, описващ система с две нива. Този модел е построен като модификация на известния модел на Раби, в смисъл че честотата на Раби се отклонява от правоъгълната форма, както е в оригиналния модел, и зависи от времето като хиперболичесен тангенс, тоест честотата нараства монотонно от нула до някаква постоянна стойност. Детюнингът в този случай е равен на константа. Точният пропагатор на модела е получен в термини на присъединени функции на Лъожандр. Граничните режими на модела на Раби и на модела „тангенс хиперболичесен“ са сравнени. С помощта на модела „тангенс хиперболичесен“ са изчислени корекциите към модела на Раби.
- В дисертацията са изучени така наречените псевдо-ермитови квантови системи, чиито хамилтониани не са самоспрегнати оператори, а удовлетворява по-общи от ермитовите условия за спрягане, задаващи се с помощта на ермитов оператор η . Ермитовият случай се получава когато η съвпада с единичния оператор. При условие, че матричните елементи на оператора η не зависят от времето, при доста общи други предположения, са получени закони за запазване. Общата процедура е приложена към частните случаи на системи с две и три нива, като са получени съответните закони за запазване. Обобщението за случай на квантова система с произволен краен брой нива е пряко. В случай на псевдо-ермитова система с две нива са получени аналози на уравнението на Блох и на вектора на Блох.
- В дисертацията е показано как да бъде приложен на практика гейтът на Милбърн, Шнайдер и Джеймс (MSJ) в йонни уловки с помощта на бихроматични лазери, настроени точно на резонанс с първите сини и червени преходи. В тази ситуация MSJ гейтът става по-бърз. Предложено е също така този условен двукубитов фазов гейт да бъде ускорен допълнително като за целта бъдат използвани частично припокриващи се бихроматични лазерни полета. Изчислено е оптималното забавяне между импулсите, при използването на което скоростта на гейта може да бъде учвелячена с 15% в случай на правоъгълна форма на импулсите и достигаща почти до 70% за импулси с форма различни степени на синуса.
- В дисертацията е дадено теоретично описание на стационарна светлина. Направено е сравнение с експеримент, в който, при използването на електромагнитно индуцирана прозрачност, за първи път е демонстрирана стационарна светлина във фотонно кристално влакно.

4 Научни публикации. Цитиране на научните трудове

Общият брой на представените в дисертацията публикации е 4, като в това число:
 А. В реферирани списания — 4

5 Автореферат

Авторефератът правилно и точно отразява съдържанието на дисертацията.

6 Забележки

Съществени критични бележки по дисертацията нямам.

7 Обща характеристика на дисертацията

- Дисертационният труд е посветен на една много актуална тематика, касаеща най-фундаментални въпроси на съвременната квантова оптика.
- В дисертацията са представени както теоретични, така и експериментални изследвания на изучаваните въпроси.
- От голяма важност е, че има възможност за експериментална проверка на получените резултати.
- Научните резултати са публикувани във високо реномираното международно списание **Physical Review A**.
- Остават още доста нерешени интересни задачи по тематика на дисертацията.
- Научните резултати, получени в дисертацията дават възможности да бъдат стартирани нови интересни изследвания в областта на квантовата оптика.

Дисертацията напълно удовлетворява изискванията, отразени в Закона за развитие на академичния състав в Република България, както и вътрешните, специфични изисквания на Физически факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

8 Заключение

Имайки предвид всичко казано досега, без колебание, препоръчвам на многоуважаемото жури да присъди на Лъчезар Славчев Симеонов образователната и научна степен „Доктор“.

С уважение:

доцент д-р Димитър Младенов

21 ноември 2016 година
София