

Рецензія

старшого наукового співробітника відділу теоретичної фізики
ФТІНТ ім.Б.І.Веркіна НАН України, кандидата фізико-математичних наук

Кулініча Сергія Івановича

на дисертаційну роботу Люля Максима Петровича

«Динамічні процеси у багаторівневих мезоскопічних системах»,

представлену на здобуття наукового ступеня

доктора філософії за спеціальністю -104 «Фізика і астрономія»

з галузі знань «Природничі науки»

Досягнення останніх років у мікроелектроніці дозволили провести цілу низку вражаючих експериментів у галузях квантової оптики, квантової інформатики. Ці експерименти стимулювали розвиток та узагальнення деяких фундаментальних явищ у теоретичній фізиці. До таких явищ можна віднести перехід Ландау-Зінера (на відміну від здобувача я буду використовувати усталений термін). Від початку система Ландау-Зінера представляла дворівневу систему (з квазіперетином рівнів), яка знаходиться під впливом зовнішнього нестационарного збурення. Класичний результат Ландау і Зінера (здобувач не безпідставно стверджує, що ці імена мають бути доповнені іменами Майорани та Штукельберга) про вірогідність переходу системи в збуджений стан дозволив пояснити безліч ефектів у різних галузях фізики. Свого часу на мене велике враження справила теорія магнітного пробою у фізиці гальваномагнітних явищ, в якій саме результат Ландау-Зінера дозволив пояснити експериментальні ефекти, що спостерігалися.

В даний час актуальним стало узагальнення теорії Ландау-Зінера як мінімум за двома напрямками: (i) дослідження багаторазових ландау-зінеровських переходів та (ii) узагальнення теорії на випадок багаторівневої системи. Дисертаційна робота М.П. Люля якраз і вивчає другий із цих напрямків.

Основні результати дисертаційної роботи.

Змістовна частина дисертації починається з огляду експериментальних робіт, які стосуються надпровідного кубіту, подвійної квантової точки, твердотільного штучного атома. Хочу зазначити, що ці експериментальні роботи опубліковані в таких фахових наукових виданнях, як Nature, Science, Physical Review B. Це також говорить про актуальність і важливість розглядуваної теми.

Основне завдання дисертаційної роботи полягало у теоретичному розгляді результатів деяких з цих експериментальних робіт. Теоретичний розгляд робиться за двома напрямками. Перший – це безпосередньо рішення рівняння Ліндблада, побудова теоретичних інтерференційних картин, порівняння з експериментальними даними. За другим підходом автором були запропоновані кінетичні рівняння (рівняння балансу), які відповідають аналізованій задачі. Другий підхід є більш наглядним, дозволяє отримати низку аналітичних результатів, але, безумовно, він є наближенням.

Спочатку теоретично було вивчено стаціонарний режим та динамічні властивості твердотільного штучного атома (надпровідного кільця з трьома джозефсонівськими контактами) у дворівневому та чотирирівневому наближеннях. Були побудовані відповідні інтерферограми та зроблений порівняльний аналіз цих двох наближень.

Далі було розглянуто підхід рівняння балансу для теоретичного опису чотирирівневої подвійної квантової точки і досліджено стан системи як функцію двох параметрів – енергетичної відстройки та амплітуди збуджуючого сигналу. Було показано, що подвійна квантова точка може працювати в чотирьох режимах в залежності від значення розглянутих параметрів: некогерентний режим, однопрохідний перехід Ландау-Зінера, двопрохідний перехід Ландау-Зінера, а також багатопрохідний перехід Ландау-Зінера. Для кожного з цих режимів була отримана залежність ймовірностей заселення певного рівня від часу. Це дослідження дає інформацію про властивості та поведінку подвійної квантової точки, яку можна використовувати для ініціалізації та керування системою.

У четвертому розділі дисертаційної роботи зроблений детальний аналіз експериментальних даних та побудова залежностей для коефіцієнту відбиття в експерименті, в якому досліджувався кубіт типу трансмон, розміщений перед дзеркалом. Для опису динаміки кубіта було використане рівняння Ліндблада, і була досліджена поведінка коефіцієнта відбиття як функції (i) потужності накачки і частоти зонduючого сигналу при різних частотах накачки; (ii) частоти зонduючого сигналу і часу при різних частотах накачки; (iii) частоти зонduючого сигналу і часу при різних потужностях накачки. Крім того, була досліджена поведінка коефіцієнту відбиття як функція часу при різних частотах накачки і фіксованій частоті зонduючого сигналу. Для всіх цих випадків було зроблено порівняння теоретичних і експериментальних даних, яке показало, що вони добре узгоджуються між собою.

Зауваження до дисертаційної роботи.

Я вже відмічав, що в роботі запропоновано наближення рівнянь балансу для опису тієї чи іншої системи. Це наближення можна назвати напівкласичним, оскільки розглядаються рівняння тільки для ймовірностей заселення того чи іншого рівня, тобто рівняння для діагональних елементів матриці густини. Рівняння для недіагональних елементів не розглядаються, тобто недіагональні елементи матриці густини покладені рівними нулю. Вважаю, що було важливим вивчити умови використання такого наближення. На інтерферограмах доречним було виділити області, які потребують чисто квантового розгляду. Але я розумію, що це, скоріше, завдання для окремого розгляду і його можна вважати побажанням для подальших досліджень.

Загальні висновки

У дисертаційній роботі М.П. Люля досліджено цілий розділ теоретичної фізики – переходи Ландау-Зінера у динаміці багаторівневих систем. Отримані результати свідчать про високий рівень володіння здобувачем методами математичної фізики, умінням застосовувати сучасні методи комп'ютерних обчислень. Можна констатувати, що М.П. Люль вже сформований науковий працівник зі своїм стилем роботи. Зауважу також, що результати дослідження повністю опубліковані у 3 статтях у виданнях, що індексуються у міжнародних наукових базах SCOPUS та Web of Science.

Таким чином, дисертаційна робота М.П. Люля «Динамічні процеси у багаторівневих мезоскопічних системах», є оригінальною, завершеною науковою працею, повністю відповідає спеціальності 104 – «Фізика і астрономія» а її автор, Люль Максим Петрович, заслуговує на присудження наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 104 – «Фізика і астрономія» з галузі знань 10 – «Природничі науки».

Рецензент: ст. наук. співр. ФТІНТ ім. Б.І.Веркіна НАН України,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

С.І.Кулініч



ЗАСВІДЧУЮ

Учений секретар ФТІНТ

ім. Б.І. Веркіна НАН України

кандидат фізико-математичних наук

Кулініч С.І.

Карпенченко, О.М.