

Рецензія

старшого наукового співробітника відділу теоретичної фізики
ФТІНТ ім.Б.І.Веркіна НАН України, кандидата фізико-математичних наук
Кулініча Сергія Івановича
на дисертаційну роботу Івахненка Олега Володимировича
«Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах»,
представлену на здобуття наукового ступеня
доктора філософії за спеціальністю 104 – «Фізика і астрономія»
з галузі знань 10 – «Природничі науки»

Дисертаційна робота О.В. Івахненка присвячена вивченню неадіабатичної динаміки дворівневої системи під дією зовнішнього збурення. Актуальною дана проблема залишається з 30-х років минулого століття і відома як «перехід Ландау-Зінера». У дисертації основний наголос зроблено на вивченні багаторазових Ландау-Зінерівських переходів. Важливість цієї проблеми в даний час обумовлена, перш за все, експериментальними можливостями, що відкрилися зовсім недавно та можливістю прикладного застосування спостережуваних ефектів. Про актуальність цієї проблеми свідчать і публікації здобувача – основні результати опубліковані в таких відомих наукових фахових виданнях, як Physical Review B, Scientific Reports, Physics Reports.

Основні результати дисертаційної роботи.

У вступі автором обговорюється актуальність теми, що розглядається. Для мене актуальність цієї теми очевидна. За свою вже тривалу наукову діяльність мені неодноразово доводилося мати справу з Ландау-Зінерівським переходом. Хотів би лише додати, що ця проблема дуже актуальна не тільки у фізиці оптичних явищ, а й у фізиці конденсованого стану, зокрема, у теорії магнітного пробою. Цікавим є історичний екскурс, зроблений автором (і, як я розумію, всім авторським колективом опублікованих робіт). Здобувач небезпідставно стверджує, що імена Ландау та Зінера мають бути доповнені іменами Майорани та Штукельберга. Я готовий з ними погодитися, але зазначу, що змінювати терміни, що склалися, досить відповідально, тому буду дотримуватися старої термінології – перехід Ландау-Зінера.

Другий і особливо третій розділ дисертації мені видаються центральними в роботі. Автором відтворено попередні математичні результати, які стосуються одноразового Ландау-Зінерівського переходу, та розроблено математичний апарат, який дозволяє узагальнити ці результати на випадок багаторазових переходів. У дисертації показано, що зручним для розрахунків у цьому разі є базис адіабатичних станів і отриманий явний вид

трансфер-матриці одноразового переходу. Базуючись на цих результатах, у третій главі було вивчено динаміку багаторазових Ландау-Зінерівських переходів.

Хочу виділити один із результатів цього розділу – формулу (3.27), яка визначає усереднену заселеність верхнього рівня при багаторазових Ландау-Зінерівських переходах. Результат (3.27) показує, що заселеність верхнього рівня визначається арифметичними властивостями параметра Φ . Якщо Φ є раціональне (за модулем π) число, то виходить періодична за часом структура. У іншому випадку, тобто, якщо Φ – ірраціональне число, то фактично ми маємо справу з хаотичною поведінкою системи. Результат мені представляється цікавим і важливим ще й тому, що він збігається з результатом у близькій по постановці задачі (Phys.Rev.Lett.,78(11) 2196 (1997)). Ця обставина, крім усього іншого, говорить про достовірність отриманих результатів.

Відзначу також повноту вивчення питання у цьому розділі. Крім основного результату автором було досліджено вплив температури, релаксаційних процесів (у рамках наближення Ліндблада) на динаміку системи, зроблено порівняння отриманих результатів із раніше відомими наближеннями в даній моделі.

Результати другого та третього розділів отримали свій природний розвиток у четвертому та п'ятому розділах дисертації. У четвертому розділі обговорюється застосування багаторазових Ландау-Зінерівських переходів у квантових логічних операціях, у п'ятому – вивчено взаємодію кубіту з напівнескінченною лінією передач. Крім важливості теоретичного розгляду, отримані у цих розділах результати мають і важливе прикладне значення.

Цікавий результат представлено у шостому розділі, в якому був отриманий класичний аналог квантової задачі Ландау-Зінера. Показано, що класична система двох певним чином зв'язаних класичних осциляторів відповідає квантовій дворівневій системі. Мається на увазі, що рівняння руху класичної системи формально збігаються з рівнянням Шредінгера (або з рівнянням Блоха) при квантовому розгляді. Цікаво простежити за аналогією між динамікою слабо збуджених механічних осциляторів та динамікою квантової системи, яка зроблена в роботі.

Останній (сьомий) розділ дисертації трохи випадає із загальної спрямованості роботи. В ньому досліджена динаміка стиснутої з боків мембрани, яка має два стабільних стани з ціллю використання цієї мембрани як однієї з обкладок конденсатора.

Зауваження до дисертаційної роботи.

Я вже відмічав, що в роботі дуже ретельно і обґрунтовано розглядається кожне питання, тому в мене не зауваження, а скоріше, уточнення. Я не зовсім зрозумів термінологію у розділі про «ефективний час взаємодії» з зовнішнім збуренням у різних базисних системах. Складається враження, що існує декілька «ефективних часів взаємодії». Але «час взаємодії» - величина, що спостерігається і вона єдина. Мені здається, що коректніше говорити про «час виходу на асимптотичний режим» у тій чи іншій базисній системі.

Загальні висновки

У дисертаційній роботі Івахненка О.В. досліджено цілий розділ теоретичної фізики – багаторазові переходи Ландау-Зінера у динаміці дворівневих систем. Отримані результати свідчать про високий рівень володіння здобувачем методами математичної фізики, умінням застосовувати сучасні методи комп'ютерних обчислень. Можна констатувати, що О.В. Івахненко вже сформований науковий працівник зі своїм стилем роботи. Зауважу також, що результати дослідження повністю опубліковані у 4 статтях у виданнях, що індексуються у міжнародних наукових базах SCOPUS та Web of Science.

Таким чином, дисертаційна робота Івахненка О.В. «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах» є оригінальною, завершеною науковою працею, повністю відповідає спеціальності 104 – «Фізика і астрономія», а її автор, Івахненко Олег Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня 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

Кулініч С.І.

