

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Тимчика Романа Володимировича на тему «РОЗРАХУНКИ НИЖНІХ АВТОІОНІЗАЦІЙНИХ СТАНІВ АТОМІВ БЕРИЛІЮ, МАГНІЮ, КАЛЬЦІЮ», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Дисертаційна робота Тимчика Р.В. присвячена розширенню меж застосування методу взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел від іонів H, Li^+, Be^{++} до багатоелектронних атомів Be, Mg, Ca , а також вивченню нижніх квазістаціонарних станів цих атомних систем. Робота містить розвиток даного методу для отримання енергетичних положень та ширин автоіонізаційних станів, що виникають у процесі іонізації цих атомів та іонів електронним ударом та внаслідок їх фотоіонізації.

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Збудження і розпад автоіонізаційних станів є одним з найбільш яскравих проявів кореляційних ефектів у процесах зіткнень. У плазмі в результаті зіткнень електронів, іонів і атомів інтенсивне збудження автоіонізаційних станів впливає на енергетичний баланс плазми і є зручним інструментом її діагностики. Процеси збудження атомів та іонів електронним ударом використовуються в якості одного зі способів накачки газових лазерів. Тому розвиток теоретичних методів є актуальною задачею сучасної атомної фізики, особливо таких, що дозволяють проведення незалежних і точних розрахунків.

Потреба у теоретичних результатах привела до появи і розвитку різноманітних методів теоретичного опису автоіонізаційних станів, що виникають у процесах електрон-атомних та електрон-іонних зіткнень. У дисертації наведено огляд таких методів у 1 розділі.

Метод взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел є сучасним узагальненням методу взаємодіючих конфігурацій. Завдяки виходу в комплексну площину, цей метод дає можливість розраховувати не лише енергетичні положення, але й ширини автоіонізаційних станів, що є важливою перевагою даного методу.

Сучасні теоретичні методи, як правило, застосовують до опису процесу розсіювання (як пружного, так і непружного) фотонів чи електронів на атомах або іонах. При аналізі складнішого процесу іонізації атомних систем фотонами

чи електронами наявні теоретичні методи зустрічаються з суттєвими труднощами і практично не застосовуються. Тому одним з основних аспектів актуальності виконаних у дисертації досліджень є застосування методу взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел саме до вивчення процесу іонізації складних атомних систем електронним ударом.

Відмітимо, що використовуваний дисертантом метод було розроблено у Московському державному університеті ім. М.В. Ломоносова у 1987-1988 рр. групою теоретиків під керівництвом проф. В.В. Балашова. Застосування методу до атома гелію дозволило вперше описати автоіонізаційні стани, що знаходяться у неперервному спектрі вище порогу повної іонізації атома. Важливість та актуальність виконаних дисертантом досліджень полягає в узагальненні та застосуванні цього методу до складних багатоелектронних атомних систем.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтування наукових положень висновків і рекомендацій, приведених Тимчиком Р.В., слідує з використання методу, який був добре апробований його розробниками на простіших атомних системах ще до робіт дисертанта. Результати отриманих розрахунків для багатоелектронних атомних систем узгоджуються з результатами інших авторів, які було отримано з використанням різноманітних теоретичних методів. Значення енергій та ширин автоіонізаційних станів, які були розраховані дисертантом, добре описують експериментальні дані для різних атомних систем.

Достовірність та новизна.

Метод взаємодіючих конфігурацій застосовувався поетапно від простих наближень до вдосконалення методики розрахунків. Спочатку використовувались діагоналізаційні наближення у зображеннях дійсних та комплексних чисел, а кінцево – застосовувався повний формалізм методу взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел. При цьому спостерігалось як узгодження з простішими розрахунками, так і поступове уточнення розрахункових даних.

Використання різних хвильових функцій основного стану атомної системи також продемонструвало узгодження і уточнення отриманих результатів.

Також проводилось порівняння даних отриманих для різних процесів у електронних оболонках атомних систем, а саме, результати розрахунків автоіонізаційних станів у процесі іонізації атома порівнювались з даними розрахунків автоіонізаційних станів у задачі розсіювання електронів на відповідному іоні.

Основна новизна полягає у застосуванні методу до дослідження складних багатоелектронних атомних систем, а саме до атомів берилію, магнію і кальцію, до яких метод раніше не застосовувався.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблені у дисертації методи можуть бути використані для дослідження резонансної структури неперервного спектру інших багатоелектронних атомних систем для опису фотоіонізації атомів та іонізації атомів електронним ударом. Дослідження дисертанта відкривають перспективи використання методу взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел для розрахунків значно складніших атомних систем.

Екситонні системи і фулерени у фізиці твердого тіла також є перспективними об'єктами для застосувань методу.

Крім того, метод досліджень сформульован у дисертації без конкретизації вигляду міжчастинкової взаємодії, тому його можливо використовувати не тільки в атомній фізиці, а і в інших областях фізики.

Дисертація представляє собою завершене дослідження. Основний зміст викладено в чотирьох розділах.

У розділі 1 представлено огляд експериментальних та теоретичних досліджень, що безпосередньо відносяться до теми дисертації. Дано опис основних експериментальних досліджень та теоретичних методів, які застосовуються для вивчення автоіонізаційних станів складних атомів у задачах іонізації атомів фотонами та електронами. Наведений огляд теоретичних методів розрахунків багаточастинкових систем є досить повним і містить опис практично усіх наявних у сучасній теорії підходів.

У розділі 2 обґрунтовано вибір хвильових функцій основного стану для обчислення автоіонізаційних станів іонів H, Li^+, Be^{++} і атомів Be, Mg, Ca . Спочатку були розглянуті прості системи, а потім складні багатоелектронні.

У розділі 3 викладено основні положення формалізму методу взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел, наведено вирази для розрахунку хвильових функцій основного та кінцевого станів, а також

розрахункові формули матричних елементів, які входять у вирази для узагальнених сил осциляторів переходів чи перерізів.

У розділі 4 метод взаємодіючих конфігурацій у зображенні комплексних чисел успішно застосовано для розрахунку процесів іонізації складних атомних систем. Досліджено спектроскопічні характеристики нижніх автоіонізаційних станів іонів H, Li^+, Be^{++} та атомів Be, Mg, Ca у задачі іонізації цих атомних систем електронним ударом. Виконано розрахунки енергетичних положень та ширин нижніх $^1S, ^1P, ^1D, ^1F$ автоіонізаційних станів декількох багатоелектронних атомів, а саме Be, Mg, Ca . Отримані результати добре узгоджуються з розрахунками інших авторів, отриманих в інших наближеннях, та з наявними експериментальними даними.

Результати виконаних у дисертації досліджень добре та повністю опубліковані.

Дисертація оформлена згідно вимог ДАК України. Робота написана літературною мовою, спирається на строгі математичні викладки, результати наочно проілюстровано у 13 таблицях і 3 рисунках. В авторефераті вдало викладено основні положення дисертації та повністю відображено її зміст. Одержані результати та їх представлення в дисертації свідчать про високу фахову підготовку дисертанта.

Вважаю, що дисертаційна робота на тему «Розрахунки нижніх автоіонізаційних станів атомів берилію, магнію, кальцію» повністю відповідає всім нормативним вимогам ДАК МОН України, а її автор, Тимчик Роман Володимирович, безумовно заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

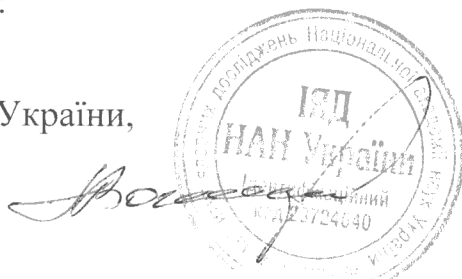
М. Київ, 20 лютого 2019 р.

Член.-кор. НАН України, доктор фіз.-мат. наук,
професор, заступник директора з наукової роботи
Інституту ядерних досліджень НАН України

 Денисов В.Ю.

Підпис Денисова В.Ю. засвідчую:

Вчений секретар ІЯД НАН України,
кандидат фіз.-мат. наук



Дорошко Н.Л.