

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертацію
ЛАШКО Юлії Анатоліївни
“Багатокластерна теорія легких атомних ядер”, представлену на здобуття
наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика

Дослідження ядер на межі нейтронної стабільності є дуже важливим, оскільки саме вивчення ядер з надлишком нейтронів може дати відповідь на запитання, наскільки наші теоретичні уявлення про структуру стабільних ядер справедливі для вищезгаданих ядер. Ядра з надлишком нейтронів у багатьох відношеннях є якісно новими багатонуклонними системами, в яких внутрішні ступені вільності не є суттєвими. В останні роки, завдяки досягненням в області створення інтенсивних пучків радіоактивних ядер, з'явилась можливість не лише теоретичного дослідження таких ядер, а й експериментального. Тому розробка теоретичних методів, що дозволили б дати адекватний опис структури легких ядер з надлишком нейтронів, набуває особливого значення.

Нестабільні по відношенню до β -розпаду легкі ядра мають, як правило, один, два, максимум, три зв'язаних стани дискретного спектру, але відносно багато резонансів є над найнижчим порогом їх розвалу. Намагаючись дати мікрокопічний опис зв'язаних і резонансних станів таких ядер, в першу чергу, необхідно правильно відтворити їх положення відносно найнижчого порогу розвалу. Останній визначає ту критичну енергію, вище якої починається неперервний спектр.

Якщо найнижчий поріг розвалу відповідає мінімальній енергії двочастинкового розпаду, то вище цього порогу відкриваються бінарні канали. Особливість слабкозв'язаних ядер полягає в тому, що навіть при відносно невеликій енергії збудження відкритими виявляються відразу кілька каналів розпаду. Багатоканальність, притаманна неперервному спектру таких систем, суттєво ускладнює теоретичні розрахунки залежності від енергії матриці розсіяння.

Якщо ж найнижчий поріг відкриває тричастинковий канал розпаду, то необхідно досліджувати тричастинкові канали, загальні закономірності яких вивчені ще гірше.

Тому важливим є, зокрема, дослідження таких трикластерних систем, як ^5H , ^{12}C , ^{10}Be . Особливо актуальним є точне врахування впливу принципу Паулі на структуру хвильових функцій для дво- та трикластерних систем, якими і є досліджувані в дисертації ядра.

Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку літературних джерел.

У вступі викладено сучасний стан проблеми структури ядер з надлишком нейтронів як з точки зору теорії, так і досягнень експерименту. Сформульовано основні особливості, які дозволяють робити висновки про існування нейтронного гало або кластерної структури в цих ядрах. Автор проводить стислий, але досить чіткий опис незвичайних властивостей ядер з надлишком нейтронів. Обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та зміст роботи.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу впливу принципу Паулі на динаміку кластер-кластерної взаємодії в одноканальних бінарних кластерних системах, таких як $^4\text{He}+^4\text{He}$, $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$, $^{40}\text{Ca}+^{40}\text{Ca}$, $n+^4\text{He}$. Цей аналіз проводиться на основі мікрокопічної кластерної моделі (алгебраїчної версії методу резонуючих груп), що дає змогу побудувати повністю антисиметричну хвильову функцію ядра. Згідно методу резонуючих груп хвильова функція кластерної системи буде у вигляді антисиметризованого добутку внутрішніх хвильових функцій кластерів та функції їх відносного руху. При цьому внутрішні хвильові функції кластерів вважаються фіксованими, а хвильову функцію відносного руху кластерів знаходять в результаті розв'язку інтегро-диференційного рівняння, до якого зводиться рівняння Шредінгера. Відповідно до алгебраїчної версії методу резонуючих груп хвильова функція досліджуваного ядра розкладається по базису дозволених принципом Паулі станів гармонічного осцилятора, що дозволяє інтегро-диференційне рівняння для хвильової функції звести до системи лінійних однорідних рівнянь для коефіцієнтів розкладу.

Автор переконливо доводить, що послідовне врахування мікрокопічної структури кластерів та обумовленого принципом Паулі обміну нуклонів між ними приводить до виникнення ефективної взаємодії між кластерами. Така взаємодія виникає навіть без участі нуклон-нуклонної взаємодії між нуклонами різних кластерів і залежить лише від внутрішніх хвильових функцій кластерів. В дисертації демонструється, що

врахування принципу Паулі в кластерних моделях не зводиться до вилучення заборонених принципом Паулі станів. Ефективна взаємодія, обумовлена дією принципу Паулі, з'являється перш за все, як результат модифікації матриці оператора кінетичної енергії відносного руху кластерів. Слід відзначити, що ця взаємодія може бути як відштовхувальною, так і притягувальною, і її властивості визначаються залежністю від числа квантів власних значень матриці густини кластерної системи. Дисертант детально аналізує вищезгадані власні значення та встановлює ряд важливих закономірностей в поведінці хвильових функцій кластерних систем, пов'язаних з поведінкою власних значень.

У другому розділі дисертації розглядаються багатоканальні бінарні кластерні системи з надлишком нейтронів. Автором встановлено, що власні значення матриці густини таких систем відіграють важливу роль в багатоканальних зіткненнях ядер з надлишком нейтронів. Зокрема, показано, що в хвильових функціях дискретного спектру та станах неперервного спектру малої енергії домінують ті, дозволені принципом Паулі, базисні стани, які характеризуються найбільшими власними значеннями оператора антисиметризації. Дисертант робить оцінку перерізів таких реакцій, як $^{11}\text{Be}(n,^2\text{n})^{10}\text{Be}$ та $^8\text{He}(\alpha, ^6\text{He}) ^6\text{He}$ та пропонує алгоритм розв'язку багатоканальних задач з урахуванням різного типу кластерних конфігурацій. Також вартий уваги розвинутий автором метод усунення SU(3)-виродження станів, дозволених принципом Паулі, що виникає в задачі розсіяння двох ядер з відкритою р-оболонкою. Автор застосовує цей метод до системи $^6\text{He} + ^6\text{He}$, яка останнім часом стала предметом інтенсивних експериментальних досліджень.

Третій розділ присвячено ядрам, що мають трикластерну структуру: $^5\text{H}=t+n+n$, $^{12}\text{C}=3\alpha$, $^8\text{Li}=\alpha+t+n$. Автор послідовно розглядає трикластерні системи, до складу яких входять два або три одинакових кластери (^5H і ^{12}C), а також ядро, що складається з різних кластерів (^8Li). Автором вперше здійснено детальний аналіз структури власних функцій та власних значень трикластерного ядра нормування. Пропонується класифікація, дозволених принципом Паулі, трикластерних станів за допомогою власних значень бінарних підсистем. Вказується критерій, за допомогою якого можна виділити ті дозволені базисні стани трикластерної системи, які домінують в хвильових функціях дискретних станів та станів неперервного спектра при відносно невеликих енергіях.

У висновках сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

Автореферат правильно та повністю відображає зміст дисертації. Роботи, на яких ґрунтуються дисертація, опубліковані у провідних виданнях. Усі результати доповідались на міжнародних наукових конференціях.

Роботу написано на високому рівні. Дисертація є завершеним науковим дослідженням в галузі структури легких ядер з надлишком нейtronів та ядерних реакцій за участю таких ядер, які вирішує складне завдання побудови мікроскопічної теорії розпаду багатоканальних нуклонних систем. Роботу добре оформлено. Зміст дисертації викладено чітко, текст написано грамотно.

Проте є й деякі зауваження.

1. В дисертації не дуже детально викладено зв'язок моделі, яку розробляє дисертант, із іншими відомими кластерними моделями.
2. На рис. 1.3 наводиться залежність ефективного потенціалу від числа осциляторних квантів, що породжується оператором кінетичної енергії відносного руху двох ядер ^{40}Ca . Наочніше було б навести на цьому рисунку залежність потенціалу від відстані між центрами мас цих ядер.
3. У різних розділах використано різні системи одиниць, що ускладнює читання дисертаційної роботи.

Зауваження мають частковий характер і не впливають на загалом позитивну оцінку роботи. Дисертаційна робота задовольняє усім вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор, Лашко Юлія Анатоліївна, безумовно заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.02 - теоретична фізика.

доктор фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри теоретичної фізики
Львівського національного університету
імені Івана Франка



В. М. Ткачук

