

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора ф.-м.н, проф., проф. кафедри ядерної фізики та високих енергій
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Плюйка Володимира Андрійовича

на дисертаційну роботу Солохи-Климчак Мар'яни Дмитрівни
«ДИНАМІКА ДВО - ТРИКЛАСТЕРНИХ ЯДЕРНИХ СИСТЕМ В
МІКРОСКОПІЧНИХ МОДЕЛЯХ»

представлену до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії
(напрямок 10 – природничі науки, спеціальність 104 – фізика та астрономія)

В останнє десятиріччя значна увага приділяється дослідженням властивостей легких слабкозв'язаних ядер, зв'язку їх колективних збуджень та бінарних каналів реакцій, задачі трикластерного континууму, тощо.. Зокрема такі дослідження дають змогу визначити роль та внески різних компонентів ядерної взаємодії, а також особливості колективного руху і процесів розпаду у легких ядрах. Ці дослідження надзвичайно складні, так як необхідно коректно враховувати, як кінематичні кореляції в русі нуклонів (наприклад, ті, що обумовлені збереженням руху центра мас, кутового моменту і принципом Паулі), так і великі ймовірності розпаду ядер. Тому любі спроби застосування наближених методів вимагають попереднього глибокого теоретичного аналізу на основі фундаментальних фізичних принципів та математично надійних методів. Дисертаційна робота Солохи-Климчак Мар'яни Дмитрівни присвячена аналізу такого підходу, а саме Алгебраїчній версії методу резонуючих груп (АВ МРГ) та його модифікації. Це свідчить про її актуальність.

Дисертаційна робота до захисту представлена вперше. Вона складається зі Вступу, трьох розділів, списку публікацій авторки за темою дисертації, відомостей про апробацію результатів

У Вступі обґрунтовано актуальність основних напрямків досліджень, показано зв'язок роботи з науковими планами та темами, сформульовано мету та задачі дослідження, продемонстровано, в чому полягає новизна та

практичне значення отриманих результатів, висвітлено особистий внесок здобувача при отриманні результатів, вказана апробація результатів.

В першому розділі роботи розглядаються питання збіжності результатів за використанням Т-матриці при дослідженні станів дискретного та неперервного спектрів. Розгляд обмежено модельними задачами частинки в полі центральних потенціалів. Було використано чотири потенціали (гаусівський, експоненціальний, Юкави та прямокутна яма), щоб продемонструвати залежність коефіцієнтів розкладу Т-матриці від форми потенціалу. Також досліджено залежність коефіцієнтів від осциляторного радіуса та числа базисних функцій, залучених до розрахунку. Дослідження проводилось за допомогою отриманої системи лінійних рівнянь для коефіцієнтів розкладу Т-матриці по осциляторним функціям.

В другому розділі роботи аналізується зв'язок між квантовим та класичним описами систем, що допомагає наочно пояснити математичні обчислення. В роботі для цього використовується метод фазових портретів. Якщо відома хвильова функція у координатному представленні, то ми маємо густину ймовірності в координатному представленні, аналогічно – в імпульсному. Для побудови фазових портретів треба знати розподіл густини у фазовому просторі просторової координати та імпульсу. Хвильову функцію у фазовому просторі можна отримати за допомогою перетворення Фока-Баргмана з функцій у координатному або імпульсному представленні. Густина розподілу при різних значеннях енергії дозволяє побудувати фазові портрети станів дискретного та неперервного спектра. Простір Баргмана забезпечує природний опис квантово-класичної відповідності та дозволяє встановити, при якій енергії квантові фазові траєкторії наближаються до своїх класичних. У цьому розділі в якості прикладів розглядаються дві модельні задачі: рух вільної частинки та рух частинки в полі гаусівського потенціалу, а також реальна фізична задача, в якій досліджуються фазові портрети для зв'язаного основного стану 1^+ та першого збудженого 1^+ стану ядра ${}^6\text{Li}$.

Третій розділ присвячено вивченню саме властивостей зв'язаних станів і станів неперервного спектра в каналі ${}^3\text{H}+\Lambda$ гіперядра ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ за допомогою трикластерних алгебраїчних моделей. В першій з яких - Алгебраїчній моделі з осциляторним базисом (АМОБ) для розкладу функції відносного руху кластерів використовувались гіперсферичні осциляторні функції, а в другій – Алгебраїчній моделі з гаусівським та осциляторним базисом (АМГОб) гаусівський базис використовувався для опису поляризації бінарної підсистеми, а осциляторний – для опису руху третього кластера. В АМГОб розглядались три типи можливої кластеризації (т.з. три дерева Якоби): $(D+n) + \Lambda$, $(D+\Lambda)+n$ і $D+(n+\Lambda)$, а в АМОБ лише перше з дерев. При цьому результати для зв'язаних станів в обох розрахунках практично збіглися, що говорить про домінуючу роль кластеризації $(D+n) + \Lambda$.

Серед найбільш важливих результатів слід відмітити такі:

1. Встановлено, що Т-матриця в представленні осцилятора може бути отримана у векторному та матричному вигляді. Векторна форма підходить для дослідження Т-матриці на енергетичній півповерхні, тоді як матрична форма більше підходить для повної енергетичної поверхні.
2. Розраховано коефіцієнти розкладу Т-матриці для чотирьох різних потенціалів. Показано, що швидкість зменшення коефіцієнтів розкладу Т-матриці залежить від форми потенціалу та осциляторної довжини. При цьому коефіцієнти розкладу Т-матриці не дуже сильно залежать від енергії станів неперервного спектру в тих межах енергії, яка досліджувалась (до 20 MeV).
3. Досліджено асимптотичні властивості Т-матриці в дискретному просторі і встановлено зв'язок з їх асимптотичною формою в координатному та імпульсному просторі.
4. Побудовано фазові траєкторії для двох модельних систем: гармонічного осцилятора та вільного руху частинки. У першому випадку отримано тільки фінитні фазові траєкторії, а у другому тільки інфінитні. Розраховані за допомогою АВ МРГ фазові портрети для

реальної фізичної системи ядро ${}^6\text{Li}$ для кластеризації ${}^4\text{He} + \text{D}$ в основному зв'язаному стані 1^+ та висозбудженого стану 1^+ . З'ясовано, що фазовий портрет для зв'язаного стану містить лише фінитні фазові траєкторії, тоді як фазовий портрет для високозбудженого стану 1^+ нагадує фазовий портрет вільної частинки з незначним впливом принципу Паулі.

5. Продемонстровано, що кластерне представлення $(\text{D} + \text{n}) + \Lambda$ з урахуванням поляризації бінарної підсистеми $(\text{D} + \text{n})$, відіграє домінуючу роль в описі властивостей гіперядра ${}^4_{\Lambda}\text{H}$. Тобто важливим фактором є необхідність якнайкращого опису бінарної підсистеми $\text{D} + \text{n}$. Це стосується також і станів неперервного спектра. При цьому, незважаючи на те, що ΛN взаємодія є значно слабшою за NN взаємодію, Λ -гіперон певним чином поляризує кор ${}^3\text{H}$.

Якість та обсяг проведених досліджень не викликають сумніву. Однак, на мою думку, перший розділ дещо переобтяжено формулами і в тексті зустрічаються друкарські помилки. Можна також зробити такі зауваження.

1. У першому розділі детально розглянуто властивості Т-матриці в дискретному осциляторному представленні. Але я вважаю, що задача не зовсім доведена до кінця. На мій погляд треба було б отримати хвильові функції для розглянутих прикладів і співставити їх збіжність зі збіжністю коефіцієнтів розкладу Т-матриці.

2. У третьому розділі при дослідженні властивостей гіперядра ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ використовувались дві алгебраїчні моделі АМГОВ (Алгебраїчна модель гаусівський, осциляторний базис) та АМОВ (Алгебраїчна модель осциляторний базис). Було б корисним чітко відмітити, чим останній підхід відрізняється від Алгебраїчної версії методу резонуючих груп.

Однак ці зауваження не стосуються достовірності результатів і не зменшують їх важливість.

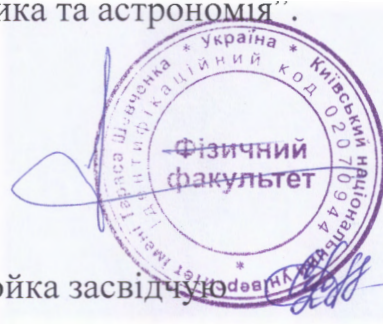
Представлена до захисту робота виконана на високому теоретичному рівні.

Достовірність та обґрунтованість досліджень визначається використанням надійних математичних методів та методів обчислень, і порівнянням отриманих теоретичних значень з експериментальними даними.

Результати, наведені в дисертації, опубліковані в статтях в провідних реферованих наукових журналах, що входять до наукометричної бази SCOPUS. Наукові публікації та їх апробація на наукових конференціях повністю відповідають вимогам п. 8 “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого Постановою № 44 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р.

Тому вважаю, що дисертація Марьяни Дмитрівни Солохи-Климчак “Динаміка дво - трикластерних ядерних систем в мікроскопічних моделях” повністю відповідає спеціальності “104 Фізика та астрономія” та вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. Порухень академічної доброчесності в дисертації та наукових працях, в яких було представлено результати дисертації, мною не було виявлено. Надана робота безумовно заслуговує на позитивну оцінку, а її автор Марьяна Дмитрівна Солоха-Климчак заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю “104 Фізика та астрономія”.

07.02.2024 р.



Володимир ПЛЮЙКО

Підпис проф. В. А. Плюйка засвідчує

Ліліє КОРОБКО