

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу Нестерова Олександра Володимировича **“Трикластерна мікроскопічна модель опису властивостей легких атомних ядер”**, представлену на здобуття наукового ступеня доктора фіз.-мат. наук за спеціальністю 01.04.02 – “теоретична фізика”

Дисертація Нестерова О.В. присвячена дослідженню властивостей кластерної структури зв'язаних станів легких атомних ядер та станів їх неперервного спектру. Не зважаючи на досить солідний вік досліджень з ядерної фізики, яким вже більше 80 років, дослідження легких атомних ядер та особливостей протікання ядерних реакцій за їх участю залишаються однією з головних задач ядерної фізики. Навіть створення теорії сильних взаємодій – квантової хромодинаміки, не допомогло вирішенню проблем в цій галузі, яка потребує розробки нових ідей і методів для їх розв'язання.

Головною особливістю даної роботи є те, що тут сформульована послідовна трикластерна мікроскопічна модель, яка з єдиних позицій дозволяє проводити розгляд зв'язаних станів та станів неперервного спектру, які розташовані в трикластерному континуумі, тобто резонансів. Такий перехід від двокластерних підходів до трикластерного дозволяє ставити та розв'язувати нові цікаві задачі фізики легких атомних ядер. Серед цих задач мені хотілось б відмітити ті, які мають важливе значення для сучасної астрофізики. Це розгляд кластерної структури легких нейтронно-надлишкових ядер, роль яких зараз активно обговорюється стосовно протікання ядерних процесів у зірках; дослідження резонансу типу резонансу Хойла у ядра ${}^8\text{Be}$; вивчення перерізу реакції ${}^3\text{He}({}^4\text{He}, 2p){}^4\text{He}$ за малих значень енергії, недосяжних для сучасного експерименту, що є важливим з точки зору проблеми сонячних нейтрино; розрахунок за кевших енергій перерізів реакцій радіаційного захвату, також ще недосяжних для точних вимірювань, але важливих з точки зору утворення елементів з атомною вагою $A=7$ у

Всесвіті. Цей далеко не повний перелік результатів вже вказує на велику актуальність виконаної дисертантом роботи.

Якщо більш детально розглянути зміст дисертаційної роботи О. В. Нестерова, то слід сказати, що вона складається з вступу, шести розділів та висновків.

У вступі обговорюється актуальність теми дисертаційної роботи, мета і задачі дослідження, методи дослідження, зв'язок з науковими програмами і темами, наукова новизна результатів, практична цінність отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів дисертації.

В першому розділі представлені основні положення запропонованого автором підходу до опису трикластерних систем, тобто перехід від рівняння Шредингера до системи алгебраїчних рівнянь моделі відповідно зроблених припущень, техніка отримання матричних елементів матриці перекриття і матриці гамільтоніану на функціях багаточастинкового трикластерного базису, та схема розрахунку характеристик станів неперервного спектру, які розташовані в трикластерному континуумі.

Другий розділ присвячено викладенню результатів по дослідженню кластерної структури ядер ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{10}\text{B}$, яка становить великий інтерес з точки зору проникливості сильно кластеризованих ядер крізь кулонівський бар'єр при протіканні реакцій повного та неповного злиття атомних ядер. Найбільш цікавими з цієї точки зору є ядра ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{He}$, які мають чітко виражене нейтронне гало.

У третьому розділі представлено результати по розгляді станів неперервного спектру ядер ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{B}$, ${}^5\text{H}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$. Особливу увагу тут привертають передбачення існування низки резонансних станів, розташованих у трикластерному континуумі вказаних ядер та дослідження властивостей станів $1/2^-$ ядер ${}^9\text{Be}$, та ${}^9\text{B}$. Перший з них є деяким аналогом резонансного стану Хойла ("резонансу життя") в ланцюжку реакцій по нарощуванню у Всесвіті вуглецю $\alpha(\text{an}, \gamma){}^9\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(\alpha, n){}^{12}\text{C}$ – альтернативи триальфачастинковому горінню.

Якщо в попередньому розділі розглядалось розсіяння $3 \Rightarrow 3$, то в розділі чотири запропоновано підхід, об'єднуючий можливість одночасного врахування двокластерних та трикластерних каналів. На основі цього розглянуто реакції термоядерного синтезу ${}^3\text{H}({}^3\text{H}, 2n){}^4\text{He}$ і ${}^3\text{He}({}^3\text{He}, 2p){}^4\text{He}$. Особливо тут слід відзначити дослідження перерізів останньої реакції за малих енергій, в якому переконливо продемонстровано, що не існує ніяких "прихованих" резонансів, які могли б суттєво вплинути на кількість нейтрино випромінюваних сонцем.

В п'ятому розділі розвивається такий трикластерний підхід, в якому при розгляді властивостей зв'язаних станів та бінарних реакцій є можливість розгляду кластерної поляризації двокластерних підсистем. Основними результатами тут є ті, які отримані при дослідженні реакцій радіаційного захвату в семінуклонних ядерних системах. Вони є дуже суттєвими з точки зору розуміння поширеності легких елементів в природі.

В шостому розділі викладено результати по вивченню станів неперервного спектру тетранейтрона, тобто системи, яка складається з чотирьох нейтронів. Багаторічні пошуки зв'язаного стану у ${}^4_0\text{n}$ до нинішнього часу не привели до позитивного результату. Автор, не отримавши в своїх розрахунках вказівок на існування ядерностабільного тетранейтрона, поставив задачу про можливість у тетранейтрона резонансного стану. Існування такого стану автором було виявлено, що нещодавно знайшло своє підтвердження експериментально.

Дисертаційна робота Нестерова О.В. виконана на високому науковому рівні, включає вагомі результати фундаментального характеру щодо властивостей станів дискретного і неперервного спектрів легких атомних ядер та ядерних реакцій з тричастинковими вихідними каналами. Особливо хочу відмітити розвинений ним оригінальний кластерний підхід для аналізу легких атомних ядер, який дав змогу дослідити зв'язані стани та стани континууму в ядрах ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{10}\text{B}$, ${}^6\text{He}$ та ${}^8\text{He}$ і отримати

передбачення для експериментів. Без сумніву, ці результати мають важливе значення для експериментальної ядерної фізики. Відмічу також низку результатів по поведінці перерізів ряду реакцій в області низьких енергій, які пов'язані з нуклеосинтезом і мають важливе значення для астрофізичних застосувань.

За темою дисертації опубліковано 25 статей у провідних фахових виданнях, як вітчизняних так і міжнародних наукових журналах (наприклад, таких як Phys.Rev.C і Ядерная физика). Результати неодноразово доповідались на міжнародних конференціях, вони добре відомі спеціалістам з ядерної фізики, використовуються експериментаторами, і добре цитуються, що підтверджує достовірність результатів і висновків дисертаційної роботи.

Авгореферат повністю відповідає змісту дисертації.

Серед зауважень треба відмітити такі:

1. Деякі формули містять небажані помилки, наприклад, на сторінці 39 дисертації виписано інтегральне представлення для кулонівської взаємодії, де інтеграл виявляється розбіжним. В формулах (1.7) автореферату і (1.23) дисертації плутанина є індексами і степенями, так що формули важко зрозуміти.
2. У п'ятому розділі дисертації на сторінці 240 написано, що в цьому розділі приймаються до уваги тільки електричні дипольні переходи, які, як це відомо з загальних міркувань, домінують у досліджуваній області енергій. Тут бажано було б або навести ці загальні міркування, або дати посилання на літературу.
3. У шостому розділі, де розглядаються стани неперервного спектру тетранейтрону основні положення запропонованого підходу представлені, на мій погляд, дещо схематично. Тут треба було б навести явний вигляд твірних функцій на основі яких вираховуються твірні матричні елементи.

Однак, ці недоліки ні в якому разі не є принциповими і не мають впливу на головні результати дисертаційної роботи О.В.Нестерова “Трикластерна мікроскопічна модель опису властивостей легких атомних ядер”. Дисертація О.В. Нестерова є закінченим дослідженням високого рівня, в якому розробка запропонованих автором оригінальних фізичних ідей та математичних методів привели до важливих як загально-теоретичних, так і практичних результатів в області легких ядер, які підтверджуються експериментальними даними і відкривають нові напрямки досліджень в цій галузі.

Обсяг проведених досліджень, рівень і кількість публікацій та важливість і повизна отриманих дисертантом результатів дозволяють впевнено стверджувати, що його дисертаційна робота задовольняє всім вимогам МОН України щодо докторських дисертацій, а її автор, Нестеров Олександр Володимирович, безумовно заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Завідувач відділу Астрофізики і елементарних частинок Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор



В.І. Гусинін

Підпис В.П. Гусиніна засвідчують
Вчений секретар Інституту теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова НАН України



С.М. Перепелиця