

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Жаба Віктор Іванович

**«Хвильова функція і поляризаційні характеристики процесів
за участю дейтрона»,**

подану на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук за

спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій

Актуальність обраної теми.

До нерозв'язаних проблем в нуклон-нуклонній взаємодії відносять наступні: надлишковий вузол хвильової функції дейтрона для деяких потенціалів; енергетичні залежності поляризаційного параметра асиметрії, дейтронних аналізуючих здатностей та диференціального перерізу для пружного нуклон-дейтронного розсіяння; кутову й імпульсну залежність тензорної поляризації t_{20} та ін.

Окрім взаємодії двох нуклонів між собою, цікавими є і процеси за безпосередньої участі дейтрона. Знання форми та особливостей поведінки хвильової функції дейтрона в координатному та імпульсному представленнях дозволяють описати процеси взаємодії пружного та непружного розсіяння дейтрона. Такими процесами є електрон-дейтронне, дейтрон-протонне розсіяння, реакції типу $A(d,d')X$ на легких ядрах. Теоретична оцінка поляризаційних спостережуваних для вказаних процесів дозволяє оцінити межі застосовності моделей і їх узгодження з експериментом.

З огляду на вищевикладене вважаю, що тема дисертаційної роботи є безумовно актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Наукові результати, що виносяться на захист, є достатньо обґрунтованими та базуються на детальному та повному аналізі наукових джерел за проблемою, що досліджувалась у дисертації, коректно визначеній меті та постановці задач дослідження. Достовірність отриманих результатів забезпечено завдяки використанню загальноновизнаних методів теоретичних досліджень із подальшим співставленням отриманих результатів, критичному аналізу результатів роботи, коректному формулюванню висновків дисертації. Усі отримані результати пройшли апробацію на конференціях в Україні й за кордоном та опубліковані у вітчизняних і міжнародних наукових виданнях, що індексуються основними міжнародними наукометричними базами.

Наукова новизна наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи полягає у наступних отриманих теоретичних результатах:

1) В рамках потенціальної моделі вперше застосовано асимптотику для хвильової функції дейтрона в координатному представленні, яка залежить від тензорного потенціалу. Виявлено, що вибір хибної асимптотики радіальних канальних функцій поблизу нуля може генерувати надлишкові вузли хвильової функції;

2) знайдено фазові зсуви для потенціалів Argonne v18, Nijm I, Nijm II, Nijm93, Reid93, за допомогою яких розраховано переріз та скалярну амплітуду одноканального нуклон-нуклонного розсіяння;

3) Отримано коефіцієнти для квадратичної функції параболічного типу Долгополова–Мініна–Работкіна, що описує фазові зсуви *np*- розсіяння до 350 MeV для потенціалів Argonne v18, Nijm I, Nijm II, Nijm93, Reid93, OSBER, Idaho-A, CD-Bonn, WJC-2, N³LO та модельних потенціалів бази даних Granada-2013;

4) Запропоновано нові аналітичні форми хвильової функції дейтрона в координатному представленні, які не містять надлишкових вузлів біля початку координат;

5) Знайдено вирази для сферичних і квадрупольних формфакторів через коефіцієнти розкладу аналітичних форм хвильової функції дейтрона в координатному представленні, що дає змогу визначити асимптотики при великих значеннях імпульсу.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження. Хвильову функцію дейтрона без надлишкових вузлів для потенціалів Юкави, Reid93 і Argonne v18 можна в подальшому застосовувати для задач, що чутливі до асимптотики хвильової функції дейтрона в координатному представленні.

Отримані коефіцієнти для квадратичної функції параболічного типу, що описує фазові зсуви *np*- розсіяння для широкого кола потенціалів, можуть бути використані для розрахунку фази розсіяння в будь-якій точці енергетичного інтервалу від 1 MeV до 350 MeV.

Табличні значення коефіцієнтів хвильової функції дейтрона в координатному представленні для потенціалів Аргонської та Неймгенської груп можуть бути використані для чисельних розрахунків величин, які визначаються за допомогою хвильової функції дейтрона.

Одержані теоретичні результати для поляризаційних спостережуваних у процесах за участю дейтрона можуть бути орієнтиром для експериментаторів.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. Результати дисертаційної роботи у повному обсязі викладено у 37 наукових публікаціях, серед яких 15 статей – у реферованих наукових журналах, що індексуються базами Scopus та Web of Science, 11 статей опубліковано в іноземних журналах, що не належать до наукометричних баз, 15 – в тезах наукових конференцій та 3 – в електронних препринтах. Результати роботи апробовано на 11 українських та міжнародних конференціях, у більшості випадків дисертант був доповідачем.

Загальна характеристика змісту дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та десяти додатків.

У **Вступі** висвітлено актуальність обраної теми, мету, об'єкт та предмет дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача у отримання результатів, що виносяться на захист.

Перший розділ містить огляд основних груп широковживаних потенціалів *NN*-взаємодії, а також інформацію про сучасний стан дослідження нерозв'язаних проблем в *NN*-взаємодії. Наведено бібліографічні посилання на основні теоретичні та експериментальні роботи, що стосуються теми дисертації.

У **другому розділі** здійснено аналіз основних рівнянь методу фазових функцій для задач одно- та двоканального розсіяння та обґрунтовано вибір саме цього методу для отримання фаз одно- і двоканального розсіяння. Для одноканального розсіяння досліджено асимптотику хвильової функції для слабо і сильно сингулярних потенціалів.

Для двоканального розсіяння у загальній формі описано рівняння для асимптотики фазової функції.

Методом фазових функцій розраховано nn , pp і np фазові зсуви для NN потенціалів Неймегенської групи і потенціалу Argonne v18. Показано, що отримані фазові зсуви добре узгоджуються з результатами оригінальних робіт для цих потенціалів, з експериментальними даними для фазового аналізу, а також з фазовими зсувами для інших потенціальних моделей і для парціального хвильового аналізу.

Третій розділ присвячено аналізу основних аналітичних форм хвильової функції дейтрона в координатному та імпульсному представленнях. Обговорюються причини появи надлишкового вузла хвильової функції дейтрона. Показано, що наявність вузлів у хвильової функції дейтрона свідчить про неузгодженості і неточності в реалізації чисельних алгоритмів в розв'язанні подібних задач, а також може бути пов'язана з особливостями потенціальних моделей для опису дейтрона. Зокрема, продемонстровано, що вибір некоректної асимптотики радіальних каналних функцій поблизу нуля може генерувати надлишкові вузли в хвильовій функції дейтрона. Наведено способи отримання хвильової функції дейтрона, що забезпечують коректну асимптотику поблизу початку координат. Показано, що при виборі аналітичних форм хвильової функції дейтрона потрібно в першу чергу перевіряти задовільність розрахованих по цим формам статичних параметрів дейтрона.

Для потенціалів Юкави, Reid93 і Argonne v18 чисельно розраховані хвильові функції дейтрона в координатному представленні, що не містять надлишкових вузлів. За отриманими хвильовими функціями розраховано імпульсний розподіл нуклонів у дейтроні. Показано, що відсутність чи наявність вузлів хвильової функції дейтрона в координатному представленні впливає на поведінку величин розподілу густини в дейтроні та густини переходу.

Четвертий розділ висвітлює теоретичні принципи одержання формфакторів і структурних функцій дейтрона та їх експериментальні дані. Наведено огляд експериментальних даних дейтронних поляризацій в науковій літературі. Представлено результати теоретичних розрахунків для векторних і тензорних дейтронних поляризацій, які порівнюються із експериментальними даними провідних світових колаборацій. Показано, що спостерігається хороше узгодження для області значень імпульсів $p = 1-4 \text{ fm}^{-1}$.

Записано формули для сферичних та квадрупольних формфакторів, які виражаються через коефіцієнти розкладу хвильової функції дейтрона в координатному представленні. На основі одержаних аналітичних форм хвильової функції дейтрона в координатному представленні розраховано сукупність поляризаційних характеристик.

Висновки відображають основні наукові та практичні результати дисертації.

Загалом, дисертація є завершеною науковою роботою, що містить нові дані з актуальних питань ядерної фізики. Текст дисертації написаний зрозумілою науковою мовою, з використанням якісних ілюстрацій, усі скорочення, позначення та терміни пояснені у тексті. Варто відзначити надзвичайну акуратність та детальність викладу дисертації, завдяки чому її можна рекомендувати до використання в якості огляду з проблем нуклон-нуклонного розсіяння для аспірантів і студентів старших курсів фізичних

факультетів університетів. Вражає також значна кількість статей в престижних наукових журналах, де опубліковані основні результати дисертації.

Проте є і деякі зауваження.

1. В розділі 3 обговорюються причини появи надлишкових вузлів хвильової функції дейтрона і стверджується, що такі вузли можуть бути наслідком використання некоректної асимптотики хвильової функції поблизу нуля. Проте таке твердження видається недостатньо обґрунтованим для потенціалів Московської групи. В роботах [Fl. Stancu, P. Pepin, and L. Ya. Glozman, Phys. Rev. C 56, 2779 (1997)] та [D. Bartz and Fl. Stancu, Phys. Rev. C 63, 034001 (2001)] зазначено, що вузол хвильової функції дейтрона для таких потенціалів пов'язаний з урахуванням кваркової структури нуклонів і, зокрема, з домінуванням збудженої s^4p^2 конфігурації над найпростішою s^6 конфігурацією дейтрона. Варто було б приділити більше уваги обговоренню цього питання.
2. В тексті дисертації кілька разів згадується проблема енергетичної поведінки поляризаційного параметра асиметрії, проте в чому вона полягає достатньо чітко написано лише наприкінці останнього розділу. Бажано було б детальніше роз'яснити це питання ще наприкінці першого розділу, в підрозділі 1.3.
3. В обговоренні Таблиці 2.1 на с. 62 автор пише: "Бачимо, що друга частина асимптотики, яка залежить від форми потенціалу взаємодії, дає певний вклад в повну асимптотику хвильової функції." Проте з таблиці видно, радше, що внесок другої частини асимптотики в повну асимптотику нехтовно малий. Варто було б надати додаткові пояснення з цього приводу.
4. Подекуди в тексті та рисунках є невеликі неточності та друкарські помилки. Наприклад, на с. 29 вказано, що "оператор Майорана представляє тільки координати частинок і чіпає їх спіни" замість "оператор Майорана переставляє тільки координати частинок і не зачіпає їх спіни".
На Рис. 2.23 дійсна і уявна частини скалярної амплітуди розсіяння позначені однаковими лініями, що дещо ускладнює сприйняття наведених величин.
5. Трапляються не найкращим чином сформульовані речення, які важко зрозуміти. Наприклад, загадковим є сенс таких речень на с. 53: "Прогнози кіральних потенціалів... порушують довгострокову ситуацію, коли всі NN стандартні реалістичні потенціали недооцінюють максимуми приблизно на 30%.", "Виявлено, що використання різних моделей ядерних сил призводить до домінуючої теоретичної невизначеності для спостережуваних пружного Nd - розсіяння."
6. Видається недоцільним у висновках дисертації та автореферату використання аббревіатури ІНПХ для позначення моделі імпульсного наближення плоских хвиль. Використання аббревіатур у висновках утруднює їх сприйняття, оскільки вимагає звертання до основного тексту для розшифровки.
7. Подекуди трапляються русизми, як от «представляє інтерес» замість «становить інтерес», «метод варіації постійних» замість «метод варіації сталих», «наглядно» замість «наочно», «виясняється» замість «з'ясовується», «у такому виді» замість «у такому вигляді», тощо.

Проте вищенаведені зауваження не є принциповими і не применшують головних результатів дисертаційної роботи. Наукові результати Жаби В.І. є оригінальними, а зроблені висновки є достатньо обґрунтованими, їх достовірність не викликає сумніву.

Автореферат відображає основний зміст виконаних досліджень та отриманих результатів, відповідає за змістом дисертаційній роботі та оформлений згідно з вимогами МОН України.

З матеріалів, представлених у дисертаційній роботі, можна зробити висновок, що Жаба В.І. є кваліфікованим науковцем, який вільно володіє сучасними аналітичними та чисельними методами у ядерній фізиці.

Вважаю, що за актуальністю обраного напрямку, рівнем визначених завдань, методами їх виконання, обсягом обробленого експериментального та теоретичного матеріалу, новизною, науковим та практичним значеннями здобутих результатів дисертація повністю відповідає вимогам МОН України, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Жаба Віктор Іванович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій

Офіційний опонент,

Завідувач лабораторії структури атомних ядер

відділу теорії ядра і квантової теорії поля

Інституту теоретичної фізики

ім. М.М. Боголюбова НАН України

доктор фіз.-мат. наук, ст. досл.

Лашко

Ю.А. Лашко

Підпис Лашко Ю.А. засвідчую.

Вчений секретар Інституту теоретичної фізики

ім. М.М. Боголюбова НАН України



С.М. Перепелиця