

## В І Д З И В

офіційного опонента доктора фізико-математичних наук, професора,  
заслуженого діяча науки і техніки України,  
професора кафедри теоретичної ядерної фізики та вищої математики  
імені О. І. Ахієзера

Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
БЕРЕЖНОГО ЮРІЯ АНАТОЛІЙОВИЧА

на дисертаційну роботу

КУЗНЄЦОВА ПИЛИПА ЕДУАРДОВИЧА

«Двочастинкове розщеплення ядер  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$  фотонами»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих  
енергій

Дослідження різноманітних процесів взаємодії частинок з ядрами є важливим джерелом інформації про структуру ядер і механізм ядерної взаємодії. Серед таких процесів певний інтерес викликає вивчення електромагнітної структури ядер. З метою здобуття відомостей про електромагнітну структуру ядер зазвичай використовуються фотони та електрони, які являють собою надійні зонди, що не беруть участі в сильній взаємодії.

Фотон являє собою релятивістську частинку. Тому для опису процесів за участю фотонів потрібно застосовувати квантову електродинаміку, оскільки фотон є квантом електромагнітного поля. Особливий інтерес викликає дослідження малонуклонних систем, до яких належать легкі ядра  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ . Саме вивчення взаємодії фотонів з такими ядрами дає змогу перевірити правильність теоретичних підходів, які використовуються для аналізу фотоядерних процесів за участю найлегших ядер.

Нині у світі широко проводяться експериментальні та теоретичні дослідження різних фотоядерних процесів, серед яких перед усім важливими є реакції двочастинкового розщеплення легких ядер. При побудові теоретичних методів дослідження розглядуваних процесів потрібно будувати підхід, у якому враховується як нелокальність полів матерії, так і виконання умов релятивістської інваріантності та калібрувальної симетрії. Саме розв'язанням таких задач присвячена рецензована робота, що й безумовно визначає актуальність теми дисертації.

Рецензована дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів основного тексту з 42 рисунками, висновків та списку використаних джерел (116 найменувань) – усього 124 сторінок тексту.

У вступі розглянуто актуальність теми, новизну здобутих результатів дисертаційної роботи, мету та задачі дослідження, зв'язок роботи з науковими планами та програмами, обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків, обговорено особистий внесок здобувача та апробацію основних результатів роботи.

Перший розділ дисертації присвячено огляду історії розвитку нелокальної квантової теорії поля. У ньому проведено ретельний аналіз наявної спеціальної літератури за темою дисертації. Сформульовано основні методи побудови підходу, який дає змогу описувати процеси розщеплення легких ядер фотонами та електронами. Знайдено лагранжіани нелокальної взаємодії фотонів з легкими ядрами, що було наслідком введення дотичного «зарядового» простору. Основу підходу склали нелокальні калібрувальні інваріантні двох- та трьохточкові функції Гріна.

У другому розділі побудовано загальну теорію фоторозщеплення ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$ . Для цього спочатку перевірено виконання вимоги калібрувальної інваріантності. Цю вимогу виконано за рахунок додаткової регулярної частини амплітуди. Динамічний внесок цієї частини амплітуди проаналізовано в модельних розрахунках для процесів на ядрах  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^4\text{He}$ . Далі теорію застосовано до тринуклонних ядер ( ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$ ). Здобуто повний матричний елемент для процесів двочастинкового розщеплення ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  фотонами.

У третьому розділі дисертації проаналізовано структуру тринуклонних ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$ . Здобувачем проведено розрахунки двочастинкових амплітуд для ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$ . Для виконання безпосередніх розрахунків побудовано хвильову функцію тринуклонної системи з урахуванням двочастинкових та тричастинкових сил. Виконано параметризацію вершинних функцій ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  за допомогою методу Монте-Карло.

У четвертому розділі наведено результати розрахунків реакцій двочастинкового розщеплення ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  фотонами. Здобуто енергетичні залежності диференціального та повного перерізів досліджуваних реакцій в області малих та середніх енергій фотонів. Розраховано кутові розподіли диференціального перерізу у цьому діапазоні енергій. Важливим результатом досліджень є розрахунки енергетичної залежності  $\Sigma$ -асиметрії для ядер  ${}^3\text{He}$  та

порівняння їх з експериментальними даними. Передбачено поведінку  $\Sigma$ -асиметрії для ядер  ${}^3\text{H}$ . Потрібно відзначити, що результати розрахунків здобувача добре узгоджуються з експериментальними даними.

У п'ятому розділі здійснено загальний аналіз процесів електророзщеплення складеної системи. Розглянуто межу амплітуди електропроцесу під час переходу до фотонної точки. Доведено, що метод, який використовується в дисертаційній роботі для аналізу фотоядерних реакцій, можна також застосовувати для розрахунку процесів за участю електронів.

Здобуті в роботі результати відповідають загальним положенням сучасної ядерної фізики, фізики елементарних частинок і високих енергій, узгоджуються з результатами інших авторів, що і визначає їхню вірогідність.

Вмісті з тим рецензована дисертаційна робота містить певні недоліки.

У дисертаційній роботі при порівнянні результатів розрахунків з експериментальними даними не наведені критерії  $\chi^2$ . Здобувачу було б потрібно більш докладно обговорити різницю між результатами нерелятивістських і релятивістських розрахунків перерізів розглядуваних в дисертації процесів. У роботі є низка описок які суттєво не впливають на зміст дисертації.

Однак вказані недоліки не знижують загальної високої оцінки рецензованої дисертаційної роботи, виконаної на високому науковому рівні та добре оформленої.

Оцінюючи дисертаційну роботу П. Е. Кузнецова в цілому, потрібно відзначити, що вона є закінченою самостійною науковою роботою, яка має цінність для подальшого проведення нових теоретичних досліджень та планування нових експериментів по взаємодії фотонів з тринуклонними ядрами. Здобувач розробив новий оригінальний підхід, який дав змогу провести аналіз низки експериментальних даних і визначити з нього нові відомості про механізм ядерної взаємодії та структуру атомних ядер.

Результати, здобуті в рецензованій дисертації, можуть бути використані в КНУ, ХНУ, ІЯД НАНУ, ІТФ НАНУ, ННЦ ХФТІ НАНУ, ІЕРТ НАНУ. Здобуті в дисертаційній роботі результати опубліковані в 5 статтях у наукових фахових реферованих журналах і апробовані в 10 матеріалах наукових конференцій, добре відомі спеціалістам, на них є посилання в науковій літературі. Дисертація написана хорошою мовою. Автореферат правильно відбиває зміст дисертації.

На основі проведеного вище аналізу вважаю, що дисертаційна робота Кузнецова Пилипа Едуардовича «Двочастинкове розщеплення ядер  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$  фотонами» задовольняє всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій.

Офіційний опонент  
доктор фізико-математичних наук,  
професор, професор кафедри  
теоретичної ядерної фізики та вищої  
математики імені О. І. Ахієзера  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна,  
заслужений діяч науки і техніки України

Ю. А. Бережной

