

## ВІДГУК

офіційного опонента

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

Дисертація Пилипа Едуардовича Кузнєцова присвячена вивченню структури тринуклонних систем та опису реакцій фоторозщеплення ядер, які складаються з трьох нуклонів, а саме  ${}^3\text{H}$  та  ${}^3\text{He}$ , у моделі, яка задовольняє вимогам градієнтної та релятивістської інваріантності. В роботі проведені релятивістські розрахунки реакцій фоторозщеплення ядер  ${}^3\text{H}$  та  ${}^3\text{He}$  в рамках підходу, який з одного боку дозволяє задовольнити вимозі калібрувальної інваріантності, а з іншого боку дозволяє урахувати нелокальну структуру вказаних ядер. Актуальність теми дисертації визначається тим, що аналіз взаємодії фотонів з ядрами атомів дозволяє отримувати інформацію про електромагнітну структуру ядер, що зумовлює як теоретичний, так і експериментальний інтерес до цього напрямку досліджень в багатьох фізичних лабораторіях світу.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних літературних джерел.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено мету та основні завдання дослідження, засоби її досягнення, зазначені новизна та практичне значення здобутих результатів, сформульовано особистий внесок здобувача в представлені результати. Також у вступі зазначено, що основні результати дисертаційної роботи доповідалися на 17 конференціях, семінарах та школах молодих вчених та були опубліковані у 5 статтях у фахових наукових журналах.

Перший розділ містить огляд літературних даних, що мають безпосереднє відношення до теми дисертації. У цьому розділі розглянуто

історію розвитку нелокальної квантової теорії поля, викладено основні методи побудови цієї теорії та отримано лагранжіани взаємодії.

У другому розділі розглянуто загальну теорію фоторозщеплення трьохнуклонних ядер  ${}^3\text{H}$  та  ${}^3\text{He}$ . В рамках нелокальної теорії, яка задовольняє принципам релятивістської та градієнтної інваріантності, проведено розрахунки характеристик конкретних реакцій. Для перевірки працездатності теорії її застосовано для отримання диференціального та повного перерізу фоторозщеплення дейтрону. Порівняння отриманих результатів з експериментальними даними показує добру узгодженість в широкому діапазоні енергій. Застосування побудованої теорії до фоторозщеплення  ${}^4\text{He}$  також дозволило отримати перерізи, які добре узгоджуються з експериментальними даними. В рамках розвинутого підходу отримано повний матричний елемент процесів фоторозщеплення ядер  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$ .

У третьому розділі проведено параметризацію вершинних функцій трьохнуклонних ядер  ${}^3\text{H}$  та  ${}^3\text{He}$ . При цьому трьохнуклонну взаємодію представлено у вигляді двох доданків: потенціалу двохпіонного обміну, який зумовлює притяжіння, та потенціалу відштовхування. За допомогою числових розрахунків із застосуванням методу Монте-Карло проведено розрахунок двочастинкової амплітуди для ядра  ${}^3\text{H}$ .

У четвертому розділі проаналізовані реакції фоторозщеплення ядер  ${}^3\text{H}$  на дейтрон і нейтрон та  ${}^3\text{He}$  на дейтрон і протон. Показано гарне узгодження розрахунків енергетичної залежності перерізу цих реакцій при фіксованому куті вильоту нуклону з експериментальними даними. Аналіз залежності диференційного перерізу фоторозщеплення ядра  ${}^3\text{He}$  від кута вильоту протону також показує відповідність результатів розрахунків експериментальним даним при кутах до 90 градусів. Крім цього, в розділі отримано залежність  $\Sigma$ -асиметрії для реакції двочастинкового фоторозщеплення ядра тритію від енергії фотону.

У п'ятому розділі розглянуто електророзщеплення легких ядер. Проведено аналіз амплітуди процесів електророзщеплення складеної

системи. Показано, що розвинутий у роботі підхід, який задовольняє принципам релятивістської та градієнтної інваріантності, може бути успішно застосований до процесу електророзщеплення.

Обґрунтованість висновків та наукових положень дисертації та достовірність одержаних результатів забезпечується коректною постановкою задачі, використанням сучасних теоретичних підходів. Дисертація є добре структурованою, що сприяє розумінню викладеного матеріалу. Матеріал, який наведено у дисертації, добре ілюстровано.

Разом з тим рецензована дисертаційна робота містить певні недоліки:

1) у першому розділі при огляді літератури за темою дисертації деякі результати вказані без посилань на роботи, в яких ці результати були отримані (наприклад, с. 19 «Первые исследования в этом направлении были сделаны еще С. Окубо, Г. Арновиттом и С. Дезером.»; «В 1963 г. Е.С. Фрадкин и Г.В. Ефимов [8] одновременно и независимо предложили метод построения конечной S-матрицы» – посилання лише на роботу Єфімова; с. 20 «существенный шаг в нелокальной квантовой теории поля был сделан в 1969 году М.З. Иофой и В.Я. Файнбергом»);

2) пункт 4.2 четвертого розділу має назву «Угловые распределения сечений реакций  ${}^3\text{He}(\gamma, p)d$ ,  ${}^3\text{H}(\gamma, n)d$ », але в цьому пункті представлені кутові розподіли диференційних перерізів лише для першої із зазначених реакцій;

3) на рис. 34 (с. 99) показано залежність  $\Sigma$ -асиметрії для реакції двочастинкового фоторозщеплення ядер  ${}^3\text{He}$  та тритію від енергії. Було б доцільно замінити у підписі до рисунку кут вильоту протону на кут вильоту нуклону, оскільки в продуктах реакції  ${}^3\text{H}(\gamma, n)d$  немає протону у вільному стані;

4) при порівнянні результатів розрахунку залежності диференційного перерізу фоторозщеплення ядра  ${}^3\text{He}$  від кута вильоту протону з експериментальними даними (рис. 35–40, сс. 101–103) можна побачити суттєву неузгодженість при кутах вильоту протону, які перевищують 90 градусів. Деякі експериментальні дані мають у цій області локальний

максимум, який є відсутнім в результатах розрахунків. Аналіз причин вказаної розбіжності результатів розрахунків з експериментальними даними в тексті відсутній.

У роботі є низка описок які суттєво не впливають на зміст дисертації.

Наведені недоліки не знижують високої якості та оцінки дисертаційної роботи, яка є завершеною науковою працею. В цілому автор дисертації продемонстрував високий науковий рівень. Матеріал дисертаційної роботи в достатній мірі викладено в опублікованих наукових працях. Зміст автореферату та основних положень дисертації ідентичний. Результати, здобуті автором дисертації, можуть бути використані в ННЦ ХФТІ НАНУ(м. Харків), ХНУ ім. В.Н. Каразіна (м. Харків), ІТФ НАНУ (м. Київ), КНУ (м. Київ), ІЯД НАНУ (м. Київ).

У цілому 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 на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій.

Офіційний опонент

науковий співробітник відділу електродинаміки  
високих енергій в речовині

Інституту теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера

ННЦ «ХФТІ» НАН України,

кандидат фізико-математичних наук

І.В. Кириллін

Підпис І.В. Кирилліна засвідчую,

Заступник генерального директора

ННЦ «ХФТІ» НАН України

з виконавчої та кадрової роботи



О.П. Бердник

«10» 08 2016 р.