

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Інституту ядерних досліджень
НАН України
д.ф.-м.н., провідн.н.с. відділу
структури ядра
Віктору Олександровичу
ЖЕЛТОНОЖСЬКОМУ

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

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

Плюйка Володимира Андрійовича

на дисертацію Клавдієнка Володимира Руслановича

на тему “Подвійний бета-розпад ядра ^{106}Cd ”,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

у галузі знань “10 Природничі науки”

за спеціальністю “104 Фізика та астрономія

Дисертаційна робота Клавдієнка В.Р. присвячена дослідженню рідкісних ядерних розпадів, яке є сучасною задачею фізики фундаментальних частинок без використання прискорювачів. Зокрема дослідження подвійного бета-розпаду може відповісти на низку фундаментальних питань, що стосуються нейтрино, а саме: яка природа нейтрино (частинка Дірака чи Майорани), значення мас масових станів нейтрино, механізм утворення маси, ієрархія масових станів нейтрино тощо. Крім того, такі дослідження можуть допомогти перевірити закон збереження лептонного числа та допомогти зрозуміти причини баріонної асиметрії Всесвіту.

Всі ці питання є сучасними задачами фізики та астрофізики, розв’язання яких потребує довготривалих експериментів з низьким рівнем радіаційного фону. Тема дисертації Клавдієнка В.М. присвячена дослідженню саме таких проблем і тому є актуальною.

Робота представлена на 134 сторінках, з яких основного тексту 97 сторінок, містить 40 рисунків, 14 таблиць. Результати викладено в чотирьох розділах.

Перший розділ є оглядовим. Автор обґрунтовує актуальність даного дослідження, аналізує основні аспекти подвійного бета-розпаду атомних ядер з достатньо великою кількістю посилань на джерела. Розглядає основні моди подвійного бета-розпаду; наводить різноманітні теоретичні моделі його опису та оцінки періоду напіврозпаду. Наведено вимоги до точності експериментів з подвійного бета-розпаду, проаналізовані різноманітні експериментальні методики, результати сучасних досліджень та характеристики майбутніх експериментів.

Другий розділ присвячений експериментальним методам, які були застосовані автором при дослідженні подвійного бета-розпаду ядра ^{106}Cd . Представлено детальний опис експериментальної установки до та після її модернізації. Основна частина розділу присвячена методам обробки експериментальним даних, а саме: калібруванню детекторів, визначення енергетичної та часової роздільної здатності, дослідження стабільності установки, порівняння обчислень за моделями Монте-Карло з калібрувальними даними. Приведено аналіз форми сцинтиляційних імпульсів, відділення подій від α - та $\beta(\gamma)$ -частинок, часово-амплітудний аналіз та аналіз α -спектра. Було побудовано модель фону, щоб оцінити радіоактивну забрудненість компонент експериментальної установки.

У третьому розділі представлені результати експерименту виконаного автором з пошуку подвійного бета-розпаду ядра ^{106}Cd . Наведено обмеження на період його напіврозпаду відносно різних мод і каналів подвійного бета-розпаду. Також у даному розділі наведено попередні результати експерименту після вдосконалення установки. Визначено радіоактивну забрудненість нових компонент установки та чутливість експерименту до кількох мод подвійного бета-розпаду ядра ^{106}Cd .

Четвертий розділ присвячений дослідженню схеми розпаду ядра ^{50}V . Описано експериментальну установку, виконано аналіз експериментальних спектрів, визначено радіоактивну забрудненість зразка ванадію. Отримано значення періоду напіврозпаду ^{50}V по каналу електронного поглинання з

урахуванням статистичної та систематичної похибок. Встановлено обмеження на β^- -розпад ядра ^{50}V .

Робота виконана на високому науково-методичному рівні. Достовірність отриманих результатів ґрунтується на вичерпному описі і аналізі методів дослідження. Автор не тільки реалізував методи, які використовувались у попередніх дослідженнях, а й вдало вдосконалив їх.

На мою думку, наукова новизна одержаних результатів перш за все обумовлена новими експериментальними обмеженнями на період напіврозпаду ядра ^{106}Cd . Нова більш складна комбінована апроксимація експериментальних спектрів призвела до збільшення експериментальної чутливості до без нейтринного подвійного електронного поглинання ^{106}Cd на основний рівень ^{106}Pd . Також були отримані нові важливі результати щодо радіоактивної забрудненості кристалів, зокрема забрудненість кристала $^{106}\text{CdWO}_4$ нуклідом ^{176}Lu . Для кристалів CdWO_4 була вперше була оцінена α -забрудненість. Отримано нові точні значення забрудненості кристалів нуклідом ^{228}Th . Крім того, автор отримав один із найбільш точних значень періоду напіврозпаду ядра ^{50}V по каналу електронного поглинання.

Теоретичне значення одержаних результатів стосується використанням отриманих обмежень на період напіврозпаду ядра ^{106}Cd для розрахунку ядерних матричних елементів, уточненню моделей для опису подвійного бета-розпаду. Дослідження схеми розпаду ядра ^{50}V у майбутньому може, зокрема, бути використане для визначення константи змішування g_A , необхідної для уточнення оцінок мас нейтрино.

Щодо практичного значення, то розроблені та вдосконалені автором методи можуть бути використані в майбутніх експериментах з пошуку подвійного бета-розпаду ядра ^{106}Cd . Удосконалена експериментальна установка може також бути використана для дослідження інших рідкісних ядерних розпадів.

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.

Текст дисертації достатньо гарно оформлений та відповідає вимогам МОН України до оформлення текстів дисертацій, хоча іноді і зустрічаються описки. Зокрема, двічі зустрічається номер розділу «2.3.9»; на стор. 22 замість "різним модам" написано "рідним модам"; на стор. 90 замість "проведено апроксимацію" написано "проведено акпоксимацію"; на стор 91 замість "випромінюються" написано "випромінююються", тощо.

Слід також зауважити, що комбінована апроксимація енергетичних спектрів, зображена на Рис 3.6, не описує спектри (б), (в) та (г) в діапазоні низьких енергій (<500 кеВ).

Проте дані зауваження не ставлять під сумнів достовірність та обґрунтованість основних наукових результатів.

Дисертація у цілому справляє позитивне враження. Стиль представлення матеріалу та мова викладення є чіткими та зрозумілими.

Вважаю, що дисертаційна робота Клавдієнка В.Р. “Подвійний бета-розпад ядра ^{106}Cd ” є самостійним дослідженням здобувача та відповідає спеціальності “104 Фізика та астрономія”. Робота задовольняє всім 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. Порухення академічної доброчесності в дисертації та наукових працях, в яких було представлено результати дисертації, мною не було виявлено. Автор дисертації Клавдієнко В.Р заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю “104 Фізика та астрономія.

17.01.2024 р.

Лідисе засвідчую Володимир Плюйко



Володимир ПЛЮЙКО