

Відгук
отриманий 09.03.21
Голова спеціалізованої
вченої ради ФД 64.051.017
Ігор ІРКА

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 64.051.017
Харківського національного
Університету імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, м. Харків

Відгук

офіційного опонента, на дисертаційну роботу Якименка Івана Івановича «Дослідження механізмів взаємодії швидких нейтронів з речовиною монокристалічних та композитних оксидних сцинтиляторів», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Створення компактних високочутливих детекторів для систем контролю нейтронного і гамма-нейтронного випромінювання, призначених для боротьби з незаконним транспортуванням радіоактивних матеріалів та матеріалів, що здатні до спонтанного поділу, є актуальним завдання. Була поставлена задача дослідити зв'язок між сцинтиляційним відгуком детектора та фізичними процесами взаємодії швидких нейтронів з матеріалом детектора, що його породжують; пояснити конкуренцію у часі продуктів механізмів взаємодії швидких нейтронів з матеріалом детектора від моменту потрапляння швидкого нейтрона в об'єм детектора до повного уповільнення і радіаційного захоплення; визначити структуру та параметри електронного тракту, який необхідно розробити для постановки експерименту з реєстрації відгуку низькоенергетичних процесів (гамма квантів), що супроводжують механізми взаємодії швидких нейтронів з речовиною сцинтилятора в залежності від об'єму сцинтилятора.

Представлена до захисту робота Якименко Івана Івановича присвячена дослідженню механізмів взаємодії швидких нейтронів з речовиною монокристалічних та композитних оксидних сцинтиляторів і є актуальною з точки зору пошуку нових ефективних детекторів для нейтронної фізики.

Основна частина дисертаційної роботи Якименко Івана Івановича складається зі вступу та шести розділів, які викладені у послідовності, що встановлюють зв'язок експериментальної роботи із теоретичним обґрунтуванням. Встановлено величини вклади продуктів головних механізмів взаємодії швидких нейтронів в ефективність реєстрації монокристалічних та композитних оксидних детекторів – непружного розсіювання, резонансних процесів та радіаційного захоплення.

У *першому розділі* – «Основні механізми взаємодії швидких нейтронів» розглянуті автором праці підтверджують можливість вирішення проблеми створення альтернативи ^3He - лічильнику на основі детекторів з використанням оксидних сцинтиляторів, що показали вищу ефективність реєстрації по відношенню до швидких нейтронів, на відміну від класичних детекторів, що працюють за принципом уповільнення швидких нейтронів. Порівняльний аналіз існуючих детекторів та розгляд власне, механізмів, за якими реєструють швидкі нейтрони потребував детальних експериментів. В розділі здобувач розглянув сучасні підходи, які використовуються для детектування швидких нейтронів та вказав шляхи можливих подальших досліджень.

У *другому розділі* – «Теоретична частина» показано, що збільшенню лічильної ефективності детектора сприяють каскадні низькоенергетичні гамма-кванти, що продукуються в переходах із рівнів високозбуджених компаунд-ядер і кінцевих ядер при захваті резонансних $(n, \gamma)_{\text{res}}$ та сповільнених нейтронів у реакції $(n, n\gamma)_{\text{res}}$. По мірі уповільнення нейтрона в детекторі, на формування відгуку детектора впливають такі параметри ядер, що знаходяться в складі сцинтиляторів, як величини перерізів непружного та резонансного розсіювання, щільності ядерних рівнів компаунд- та кінцевих ядер, верхньої межі резонансної області, часу існування ізомерних станів, їх кількості (множинність). Реєстрація гамма-квантів збуджених в реакції $(n, n\gamma)_{\text{in}}$ з одночасткових станів, низькоенергетичних гамма-квантів з реакції $(n, n\gamma)_{\text{res}}$ і реакції $(n, \gamma)_{\text{cap}}$ призводить до істотного збільшення кількості генетично

пов'язаних подій у детекторі на один падаючий нейтрон і, як наслідок, збільшення лічильної ефективності детектора та підвищення рівня чутливості детектора до виявлення швидких нейтронів. Результати досліджень даного розділу опубліковано. Задекларовано патент на корисну модель України «Спосіб реєстрації швидких нейтронів» №:145800.

У *третьому розділі* – «Експериментальна частина» представлено опис експериментального обладнання, розглянуто ключові аспекти його налаштування, описано режими роботи та методика постановки експериментів. В експериментах використано оригінальний експериментальний стенд, розроблений для вимірювання нейтронних гамма відгуків. Представлені принципові схеми швидкодіючого передпідсилювача, використаного в складі тракту. Автором розроблено та виготовлено універсальний макет детектора для оцінки ефективності реєстрації композитних детекторів шляхом підміни сцинтиляційних матеріалів, автор отримав деклараційний патент на корисну модель України «Детектор нейтронів» №127053.

У *четвертому розділі* – «Результати» наведені результати експериментів, щодо встановлення вкладів продуктів механізмів взаємодії швидких нейтронів у лічильну ефективність реєстрації швидких нейтронів. Приведено результати експериментів для оксидних сцинтиляторів CWO, ZWO, BGO і GSO, водородовмісних KDP та UPS та їх композитних аналогів. Результати досліджень даного розділу опубліковано автором.

У *п'ятому розділі* – «Прикладна частина. Портал» представлено систему онлайн- моніторингу, що може бути використана для контролю транспорту чи багажу на пунктах митниці, з метою попередження незаконного переміщення джерел радіації та попередження загроз тероризму. Автором наведено схемотехніку розробленого обладнання з урахуванням особливостей моніторингу фонових коливань. Розроблені та запрограмовані алгоритми розрахування значення порогу виявлення радіоактивних джерел. На створеному обладнанні експериментально перевірено виміри відстані виявлення (порогу)

джерел нейтронного випромінення створеними детекторами. Результати роботи представлено в публікаціях.

У шостому розділі – «Висновки загальні» представлено висновки за розділами дисертації, підведено підсумки роботи, приведено можливості прикладного застосування отриманих результатів та розробленого обладнання в галузі реєстрації швидких нейтронів. Здобуті в процесі роботи експериментальні та теоретичні дані щодо механізмів взаємодії швидких нейтронів з речовиною монокристалічних та композитних оксидних сцинтиляторів можуть бути використані при конструюванні детекторів нейтронного випромінення, а також для використання як близького аналога детектора на основі ^3He -лічильника.

Оцінюючи роботу в цілому варто підкреслити, що за результатами роботи розроблено та запатентовано новий детектор з використанням генетичного зв'язку вхідного нейтрона та продуктів втрати енергії швидких нейтронів у детекторі (каскадних гамма-квантів) задля підвищення ефективності реєстрації, досліджено вклади основних механізмів втрати енергії у ефективність реєстрації. Вперше створено новий вискоефективний детектор швидких нейтронів ZWO з використанням трьох механізмів $(n, n\gamma)_{in}$, $(n, n'\gamma)_{res} + (n, \gamma)_{res}$, $+(n, \gamma)_{cap}$. Вперше створено новий детектор швидких нейтронів на основі дигідрофосфату калію (KH_2PO_4 (Tl, Ce)) з високою селективністю до швидких нейтронів у порівнянні з гамма-квантами. Розроблено та виготовлено новий широкополосний передпідсилювач для виділення вкладів механізмів взаємодії швидких нейтронів в однофотонному режимі реєстрації. Розроблено та створено швидкодіючий радіаційний монітор для виявлення у неперервному режимі порогу чутливості джерела швидких нейтронів досліджуваним сцинтилятором. Дістала подальшого розвитку модель відгуку сцинтилятора для пошуку та розробки нових детекторів швидких нейтронів. Вперше використано генетичний зв'язок нейтронів та каскадів гамма-квантів як продуктів реакцій непружного, резонансного розсіяння та

захоплення швидких нейтронів на ядрах сцинтилятора ZWO, що підтверджено патентом України.

Варто додати **наступні зауваження:**

- 1) В роботі проведено експерименти із вже існуючими сцинтиляторами, на мій погляд, цікаво було б теоретично спрогнозувати склад найбільш ефективного детектора за отриманою феноменологічною моделлю.
- 2) В якості рекомендації подальшого розвитку роботи пропоную спробувати повторити отримані результати шляхом комп'ютерного моделювання та перенести представлену теоретичну модель в програмні коди із залученням використаних баз ядерних даних.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

По темі дисертаційної роботи **опубліковано в 5 наукових публікаціях** в фахових виданнях України та індексовані наукометричними базами Scopus та Web of Science. Матеріали дисертаційної роботи було апробовано на **4 всеукраїнських та міжнародних конференціях**. За результатами роботи отримано 2 патенти України на корисні моделі. Зазначені публікації повністю висвітлюють результати дисертаційної роботи.

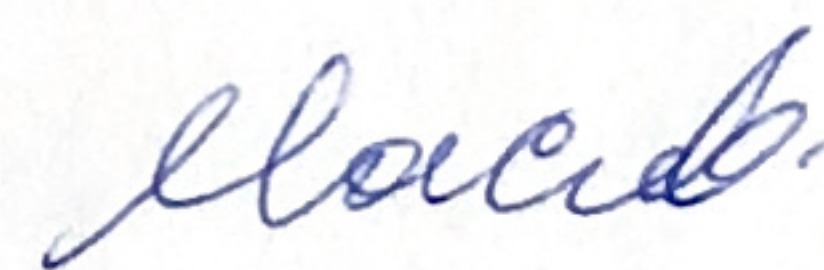
При аналізі дисертаційної роботи, неправомірних запозичень та **ознак порушення академічної доброчесності не виявлено.**

Дисертаційна робота Якименка Івана Івановича «Дослідження механізмів взаємодії швидких нейтронів з речовиною монокристалічних та композитних оксидних сцинтиляторів» є **завершеним науковим дослідженням, є актуальною та має наукову новизну та практичну значимість.** Тема і зміст відповідають спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 – Природничі науки та відповідають вимогам передбаченими наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «Порядку проведення експерименту з

присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. № 167 зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 979).

Враховуючи, актуальність, обґрунтованість наукових положень і висновків, наукову новизну дисертаційної роботи та дотримання академічної доброчесності вважаю, що Якименко Іван Іванович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – прикладна фізика та наноматеріали.

Кандидат фізико-математичних наук,
начальник відділу фізики випромінювання
та багатоканальних трекових детекторів
(32–00) Національного наукового центру
«Харківський фізико-технічний інститут»
НАН України



Микола МАСЛОВ

Підпис офіційного опонента Маслова М.І. засвідчую.

Начальник Відділу кадрів



Л. Андрющенко