

Відгук
отриманий 06.05.21
Голові спеціалізованої
вченої ради ДФ 64.051.017
Т.Горішніч

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

Відгук

офіційного опонента, завідувача відділу фізики важких іонів Інституту ядерних досліджень НАН України, доктора фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника Понкратенка Олега Анатолійовича 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

Актуальність дисертаційної роботи

Необхідність створення детекторів швидких нейтронів обумовлено як для заміни існуючих детекторів на основі ^3He -лічильників, так і для розробки нових, високоефективних і компактних систем для контролю несанкціонованого поширення радіоактивних матеріалів (^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu). Тематика дисертаційної роботи пов'язана з пошуком взаємозв'язку механізмів взаємодії швидких нейтронів у речовині сцинтилятора, виявленні їх вкладів у результуючу ефективність реєстрації детектора, встановленням впливу конструктивних особливостей детектора на механізми, що спостерігаються в детекторі, з проблематикою створення електронного тракту реєстрації відгуку нових детекторів. Проведено значний обсяг як експериментальних робіт із накопиченням достовірних (врахування похибок, фонових коливань, шумів апаратури, геометрії експерименту) результатів, так і робіт з пошуку відповідного теоретичного пояснення отриманих результатів існуючими

теоретичними моделями, що передбачають роботу з базами експериментальних даних. Складність досліджень за цим напрямом полягає у виділенні вкладів механізмів взаємодії швидких нейтронів в об'єму детектора у відгук детектора. Оскільки по суті детектор з точки зору фізики є тверде тіло, це в свою чергу передбачає роботу з непрямими методами реєстрації досліджуваних процесів. Отже, пошук нових компактних детекторів швидких нейтронів є актуальною задачею.

Обґрунтованість наукових положень і висновків

Основна частина дисертаційної роботи Якименко Івана Івановича складається зі вступу та шести розділів, які викладені у логічній послідовності та дають змогу оцінити обґрунтованість та технічний рівень проведених експериментів, рівень розроблених приладів для проведення експерименту, оцінити достовірність розрахунків за термодинамічною моделлю та феноменологічною моделлю відгуку оксидного сцинтилятора, пояснення вагомості вкладів зареєстрованих процесів у відгук детектора, кореляцію експериментально отриманих результатів з модельними розрахунками та експериментальними і теоретичними роботами інших авторів.

У першому розділі – проводиться аналіз джерел нейтронного випромінювання, проблематики реєстрації швидких нейтронів, огляд механізмів взаємодії швидких нейтронів, розглянуто ефективності реєстрації відомих детекторів, актуальних наукових праць за цією тематикою за останні роки. Здобувач описав різні підходи, які використовуються для детектування швидких нейтронів.

У другому розділі – описано розроблену феноменологічну модель детектора швидких нейтронів, яку використано для оцінки ефективності реєстрації детекторів. Оцінено гамма множинність, густину ядерних рівнів та енергетику реакцій за термодинамічною моделлю ядерних реакцій, що

виникають в об'ємі детектора. Результати досліджень даного розділу наведено в публікаціях автора. За результатами роботи був задекларований патент на корисну модель України «Спосіб реєстрації швидких нейтронів» №:145800 за участю трьох механізмів взаємодії – непружного розсіяння, резонансних процесів та радіаційного захвату.

У третьому розділі – описано послідовно вирішені проблеми, що виникли при розробці експериментальної методики, а саме: створений швидкодіючий, малошумний передпідсилювач для реєстрації відгуку сцинтилятора, що дозволило отримати данні для аналізу вкладів механізмів реєстрації швидких нейтронів у ефективність реєстрації, методика вимірів, приведено рекомендації з налаштування обладнання. Автором розроблено, виготовлено універсальний макет матриці детектора для оцінки ефективності реєстрації композитних детекторів, про що він отримав деклараційний патент на корисну модель України «Детектор нейтронів» №127053.

У четвертому розділі – приведено результати експериментальної роботи щодо встановлення вкладів механізмів реєстрації швидких нейтронів, особливо низькоенергетичних гамма квантів високоезбуджених станів компаунд ядер та кінцевих ядер. Приведено порівняльний аналіз відгуку досліджених детекторів для джерел гамма випромінювання та нейтронних джерел. Встановлено, що для підвищення чутливості методики варто використовувати однофотонний режим роботи ФЕП та швидкий неперевантажуваний передпідсилювач з високим коефіцієнтом підсилення, що дозволило реєструвати як високоенергетичні гамма-кванти із реакції непружного розсіяння, так і низькоенергетичні гамма-кванти, що продукуються з переходів високоезбуджених станів компаунд ядер, сформованих в реакції резонансного захвату. Результати досліджень даного розділу наведено в публікаціях.

У п'ятому розділі – представлено процес розробки та роботу створеного Якименком Іваном Івановичем радіаційного монітору для перевірки відстані виявлення (тобто порогу чутливості) джерел швидких нейтронів розробленими

детекторами швидких нейтронів. Представлені електричні схеми створеного монітору, дано опис розробленого алгоритму та програмного забезпечення для налаштування та роботи монітору. Результати роботи представлено в публікації автора.

У шостому розділі – описано висновки за розділами дисертації, узагальнено результати, запропоновано варіанти практичного застосування досліджених детекторів та розробленого обладнання в галузі реєстрації швидких нейтронів.

Оцінюючи роботу в цілому варто підкреслити, що виявлено найбільш продуктивні механізми втрати енергії швидких нейтронів в речовині сцинтиляторів у вигляді гамма-квантів та вторинних нейтронів з компаунд ядер та кінцевих ядер. Здобуто нові експериментальні дані щодо величин вкладів механізмів взаємодії швидких нейтронів з ядрами оксидних та композитних сцинтиляторів у ефективність реєстрації, також отримано дані щодо лічильної ефективності та чутливості досліджуваних сцинтиляторів. Теоретичною основою дослідження є термодинамічна модель ядерних реакцій та оригінальна феноменологічна модель детектора швидких нейтронів на основі оксидного сцинтилятора ZWO з використанням трьох механізмів взаємодії - непружного розсіювання, резонансних розсіювання та захоплення, радіаційного захоплення нейтронів.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Розроблено та запатентовано новий детектор з використанням генетичного зв'язку вхідного нейтрона та продуктів втрати енергії швидких нейтронів у процесі уповільнення в речовині детектора (каскадних гамма-квантів та вторинних нейтронів) задля підвищення ефективності реєстрації, досліджено величини вкладів основних механізмів втрати енергії у ефективність реєстрації методами підміни та фільтрації сигналів відгуку детектора. Виявлено найбільш

вагомі шляхи підвищення чутливості детектора за рахунок реєстрації вкладів механізмів втрати енергії швидких нейтронів в речовині сцинтиляторів у вигляді гамма-квантів та вторинних нейтронів із компаунд та кінцевих ядер. Отримано патент на корисну модель України. Вперше створено новий високоефективний детектор швидких нейтронів ZWO з використанням механізмів $(n, n' \gamma)_{in}$, $(n, n' \gamma)_{res}$, $(n, \gamma)_{res}$, $(n, \gamma)_{cap}$. Створено новий детектор на основі дигідрофосфату калію (KDP) з селективністю до швидких нейтронів відносно гамма випромінення, що перевищує 300 разів. Виготовлено та розроблено радіаційний монітор, що працює у однофотонному режимі з метою вимірів чутливості детекторів та відстані реєстрації джерел нейтронного випромінення з заданою надійністю. Виготовлено новий швидкодіючий передпідсилювач з низьким рівнем шумів для детектування відгуку детектора та як інструмент виділення вкладів резонансного захвату нейтронів.

Публікації здобувача

По темі дисертаційної роботи опубліковано матеріали в 5 наукових публікаціях у 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.

Перевірка академічної доброчесності

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

Зауваження

Варто додати **наступні зауваження**:

- 1) Виміри в однофотонному режимі передбачають точне виставлення порогу реєстрації, тобто варто було б привести похибку на точність виставлення порогу та пояснити як в свою чергу були враховані флуктуації швидкості лічення обумовлені коливанням порогу реєстрації в лічильному режимі.
- 2) Для більш детального та обґрунтованого визначення вкладів механізмів взаємодії нейтронів з речовиною детекторів варто було б провести симуляції проходження нейтронів у них з врахуванням їх енергетичного розподілу та залежності від енергії перерізів їх взаємодії з речовиною детекторів.

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

Загальні висновки

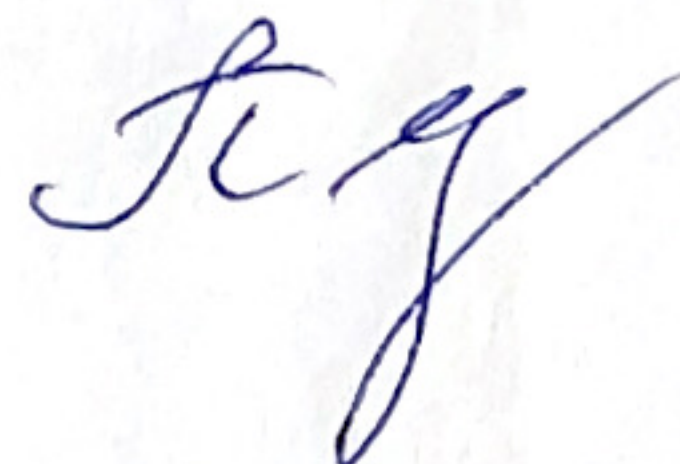
Тема і зміст дисертаційної роботи Якименка Івана Івановича «Дослідження механізмів взаємодії швидких нейтронів з речовиною монокристалічних та композитних оксидних сцинтиляторів» відповідають спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 – Природничі науки та відповідають вимогам 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.

01.09.2021

Доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу фізики важких іонів
Інституту ядерних досліджень
НАН України



Понкратенко О.А.

Підпис доктора фіз.-мат. наук
Понкратенка О.А. засвідчую
Вчений секретар
Інституту ядерних досліджень
НАН України



Дорошко Н.Л.