

ВІДГУК

офіційного опонента доктора фіз.-мат. наук **Аушева Володимира Єгоровича**
на дисертаційну роботу **Драпея Сергія Станіславовича**
«Дослідження проникнення й струшування електронів
у процесі внутрішньої конверсії гамма-променів»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій

Дисертаційна робота Драпея Сергія Станіславовича «Дослідження проникнення й струшування електронів у процесі внутрішньої конверсії гамма-променів» присвячена дослідженню явищ на стику атомної та ядерної фізики і тому робить внесок в кожну з цих галузей науки. Автором експериментально виміряно фізичні параметри ефектів, які обумовлені взаємодією ядер у збудженому стані з електронами атомної оболонки, і проведено порівняння із теоретичними розрахунками. Одержано багато нової, а в окремих випадках і унікальної, інформації про властивості ядер і їх взаємодію із атомними оболонками. Проведено дослідження процесів, які протікають з малою вірогідністю. Це ставить високі вимоги як до майстерності дослідника, так і до постановки експерименту.

Актуальність обраної теми. Актуальність одержаних в дисертації результатів не викликає ніяких сумнівів. Досліджувані ефекти вищих порядків в процесах внутрішньої конверсії відкривають доступ до нових каналів розпаду збуджених станів ядер та впливають на ймовірність цих процесів. Порівняння експериментальних значень коефіцієнтів внутрішньої конверсії (КВК) або відносних інтенсивностей конверсійних ліній з їх теоретичними значеннями дозволяє знайти мультипольності ядерних переходів, що в свою чергу дає відомості про спин і парність ядер.

Необхідно відзначити, що проникнення й струшування електронів у процесах внутрішньої конверсії гамма-променів ще мало досліджено і тому експериментальна інформація про такі процеси дуже важлива. Розуміння механізмів таких процесів ще недостатнє, про що свідчить той факт, що результати теоретичних розрахунків із застосуванням різних підходів відрізняються на кілька порядків. Варто відмітити, що такі дослідження важливі також для фундаментальної фізики, зокрема по проблематиці перенормування в квантовій електродинаміці. Найбільш якісно ці питання можуть бути вивчені при вимірюванні радіаційних поправок, які можна досліджувати саме в процесах, які вивчались в даній дисертації. Вимірювання таких поправок при радіоактивних розпадах в багатьох випадках простіше та доступніше, ніж в процесах з елементарними частинками.

Експериментальні значення КВК не завжди співпадають з табличними (теоретичними) значеннями. Про це свідчать результати даної дисертації і ряду інших публікацій. Такі випадки є аномальними і такі відхилення не вдається пояснити вкладом різних мультипольностей переходів. Як правило, такі аномалії пов'язані з структурою збуджених станів ядра і з'являються для сильно заборонених гамма переходів. Аномалії нерідко пов'язують з ефектом проникнення, який досліджувався в даній роботі.

Одержані в дисертації результати можуть мати важливе прикладне значення. Зокрема, актуальним напрямком розвитку нових сучасних технологій є розробка лазерів у діапазоні коротких хвиль гама-променів. Створення гамма-лазерів спричинило б справжню революцію в науці і технологіях. Взаємодія атомних станів з ядерними, в принципі, перспективна для розробки методів індукованого когерентного гамма-випромінювання.

Отже, актуальність проведених в дисертації досліджень для науки і технологій не викликає ніяких сумнівів.

Структура і зміст дисертації. Дисертація С. С. Драпея побудована у традиційний спосіб і складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, переліку умовних скорочень та двох додатків.

У вступі дисертаційної роботи висвітлено актуальність тематики дослідження, мета та задачі, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, зв'язок роботи з науковими програмами та темами, зазначено особистий внесок здобувача.

У першому розділі розкрито сучасний стан досліджень внутрішньої конверсії при розрядці збуджених атомних ядер та аномалії, що мають місце в експериментальних дослідженнях цих процесів, наведені бібліографічні посилання на основні теоретичні та експериментальні роботи.

Другий розділ описує методику дослідження і експериментальне обладнання, яке використовувалось в даній роботі. Основу експериментів склали напівпровідникові кремнієві та германієві детектори. У розділі наводиться математичний апарат, який використовується як для визначення коефіцієнтів КВК і програмні пакети для обробки експериментальних даних.

Представлено конфігурації спектрометричних установок, які створювались під конкретний експеримент з детальним описом та характеристиками детекторів. Велика увага приділяється калібруванню спектрометричних систем з використанням джерел ^{241}Am , ^{182}Tl і $^{152,154,155}\text{Eu}$, які дозволили отримати точне калібрування в діапазоні енергій від 10 до 1600 кеВ, що повністю покриває робочий діапазон енергій проведених експериментів.

У третьому розділі описані дослідження ефектів проникнення в М1-переходах ядра ^{115}In та ^{44}Sc для сильно заборонених переходів. Для ^{44}Sc досліджувався також Е1-перехід для якого спостерігалось добра погодженість величини отриманого значення α_K з табличним значенням. Величина α_K для М1-переходу значно відрізняється від табличного значення. Це пояснюється значним внеском ефектів проникнення в процесі внутрішньої конверсії М1-переходу. Відповідно зроблено висновок про їх відсутність в Е1-переході.

Також з високою точністю визначено КВК на К-оболонці для М4-переходів в ^{117m}Sn і ^{125m}Te . Дослідження розпаду ^{120}Sb надало унікальну можливість дослідження ефектів проникнення в Е1- та Е2-переходах, оскільки в цьому розпаді заселяються збуджені стани ^{120}Sn , які викликають Е1- та Е2-переходи. Для Е1-переходу вперше були виявлені аномалії в КВК та визначено параметри проникнення.

У четвертому розділі описані результати дослідження збудження атомів в процесі внутрішньої конверсії γ -променів та електронному захопленні.

Вперше отримано експериментальні дані дані по іонізації атомів ^{109m}Ag , ^{123m}Te та ^{133}Cs в процесі внутрішньої конверсії γ -променів і обґрунтовано доведено, що збудження атомів відбувається при прямій взаємодії конверсійного електрону з електроном атомів. Вперше отримані експериментальні дані про збудження атомів при електронному захопленні електронів з малою кінетичною енергією. Аналіз показав, що цей процес обумовлений, в основному, зміною кулонівського потенціалу. Автором також представлено експериментальні дані про кореляційні процеси в процесі внутрішньої конверсії γ -променів при ультра-низьких кінетичних енергіях конверсійних електронів. Для цього отримані з високою точністю коефіцієнти внутрішньої конверсії γ -променів і виконані унікальні вимірювання енергій γ -променів з точність близько 2 еВ. Ці дослідження продемонстрували значний вплив кореляційний процесів із зміною величин коефіцієнтів внутрішньої конверсії γ -переходів на десятки процентів.

Висновки відображають основні наукові та практичні результати дисертації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Експериментальні дані, що виносяться на захист, отримані на основі досліджень, проведених в Інституті ядерних досліджень НАН України. Достовірність отриманих результатів забезпечено завдяки використанню новітніх методик експериментальних досліджень, якісної експериментальної техніки, сучасних засобів збору, обробки та інтерпретації даних. Усі отримані результати пройшли апробацію на конференціях в Україні й за кордоном та опубліковані у вітчизняних і міжнародних наукових виданнях, що

індексуються міжнародними наукометричними базами. На деякі публікації, що стосуються даної дисертаційної роботи, є посилання в наукових працях інших дослідницьких груп.

Наукова новизна наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи. Автором проведено великий комплекс досліджень і одержано багато експериментальних даних, які порівнювались із теоретичними розрахунками. Досліджено вплив кореляційних ефектів на процес внутрішньої конверсії γ -променів. Багато результатів одержано вперше, зокрема, вперше виявлений вклад ефектів проникнення у забороненому E1-переході, визначено вклад спінових струмів для E1-переходу і уточнено вклад ефектів проникнення в E2-перехід. Вперше була виміряна ймовірність автоіонізації в процесі внутрішньої конверсії в ^{109}Ag , а також вперше були отримані значення ймовірності виникнення процесу струшування електрону з оболонки атома при розпаді $^{123\text{m}}\text{Te}$ і виміряні КВК на K-оболонці в M1-переходах ^{115}In та ^{44}Sc . Вперше виміряні збудження атому при електронному захопленні з випроміненням кінетичних електронів.

Проведені автором експерименти дозволили значно покращити точність визначення багатьох параметрів, зокрема, різні КВК для ^{117}Sn , ^{120}Sb і ^{125}Te . Виміряно ймовірність автоіонізації на K-оболонці ядра ^{133}Cs з вильотом електронів.

Практичне значення отриманих результатів. При проведенні експериментів були розроблені нові методики й створені установки для вимірювання багатомірних гамма-збігів та вимірювання збігів методом сумування піків. Особливо я б виділив, як один із унікальних експериментів, вимірювання чотиримірних збігів в експерименті збудження атома ^{133}Cs .

Автором написані нові модулі програм та адаптовані існуючі програми, що дозволило керувати вимірами та з високою точністю обробляти складні рентгенівські та гама-спектри, напрацьована методика калібрування спектрометра по енергії, ефективності та визначенню ізотопного складу. Все це може бути використано в інших дослідженнях або в прикладних установках, особливо для дослідження рідких процесів в низькофонових установках.

Отримано важливі данні про ефекти проникнення та струшування, що не тільки спонукає до розробки нових теоретичних підходів в даній області досліджень, але й важливо для розробки проривних технологій нового покоління, зокрема, гамма-лазерів.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. Результати дисертаційної роботи у повному обсязі викладено у 15 наукових роботах у вітчизняних та закордонних фахових виданнях, серед яких 7 статей — у реферованих наукових журналах. Текст дисертації повністю базується на опублікованих працях. Дисертація пройшла апробацію на вітчизняних та міжнародних конференціях, а також семінарах ІЯД НАНУ.

Загалом, дисертація є завершеною науковою роботою, що містить великий обсяг експериментальної інформації і її теоретичного осмислення з актуальних питань дослідження атомно-ядерних процесів та розробки нових експериментальних технологій. Текст дисертації написано ґрунтовно, з розумінням справи, в більшості випадків із використанням якісних ілюстрацій, усі скорочення, позначення та терміни мають пояснення в тексті.

Проте є і деякі зауваження:

1. Занадто детальна і велика Анотація (більше 5 сторінок!)
2. Додатки А і Б виглядають зайвими, вони практично повторюють відповідну інформацію в основному тексті: А(список публікацій здобувача за темою дисертації), Б(апробація результатів дисертації). Натомість, можливо, варто було б окремим додатком вказати повні документальні характеристики калібрувальних джерел які використовувались у роботі. Цей додаток, мені здається, був би корисним для науковців, які проводять подібні експериментальні дослідження аномалій КВК.

3. Рис. 3.14 — на гістограмі нема нумерації точок, на які автор посилається в підписі під рисунком. Це утруднює сприйняття. Рис. 1.1 і Рис. 4.9 — занадто дрібні або мають неякісні шрифти на гістограмах.
4. Присутні описки, русизми і невдалі вирази в різних розділах. Зокрема: “неперервний доданок”(стор. 103), “своєрідна унікальність”(стор.4), “пославлених цілей”(стор. 2), “із-за”(стор. 102 і 4), “вкладу”(стор. 107), “токів”(стор.101 і 4), “одночастковим”(стор. 19), “малюнку”(стор.113), “результате”(стор. 78), “обмежуючи”(стор. 65), “сумувань”(стор. 85), “збігівх, збігіві”(стор.117 та 106), “гіперсателіти” (стор. 107) і т.п.
5. В дисертації робляться посилання на інші подібні експериментальні роботи, проте в основному це роботи, що виконувались в ІЯД НАНУ. Чомусь обмаль посилань і порівнянь із експериментальними результатами інших лабораторій.

Але відмічені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, виконаної на високому науково-технічному рівні. Наведені вище зауваження не є принциповими і не применшують важливість головних результатів дисертаційної роботи. Наукові результати С. С. Драпей є оригінальними, а зроблені висновки є достатньо обґрунтованими, їх достовірність не викликає сумніву. Внесок дисертанта в одержання і публікацію результатів, які ввійшли в дисертацію, на всіх етапах роботи був вирішальним.

Автореферат відображає основний зміст виконаних досліджень та отриманих результатів, відповідає за змістом дисертаційній роботі та оформлений згідно з вимогами МОН України.

З матеріалів, представлених у дисертаційній роботі, можна зробити висновок, що С. С. Драпей є кваліфікованим науковцем, який добре володіє сучасною експериментальною технікою для проведення спектрометричних вимірювань, аналітичними та чисельними методами розрахунків у ядерній і атомній фізиці, гамма-спектрометрії, обробці та інтерпретації експериментальних даних.

Вважаю, що за актуальністю обраного напрямку, рівнем вирішених задач, методами досліджень, обсягом обробленого експериментального матеріалу, новизною, науковим та практичним значеннями здобутих результатів дисертація повністю відповідає вимогам МОН України, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Драпей Сергій Станіславович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.16 – фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій

Доктор фіз.-мат. наук,
доцент кафедри ядерної фізики
фізичного факультету
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка

В. Є. Аушев




доктор фіз.-мат. наук Аушева В.Є. засвірюю
М.В. Руденко

