

Національна Академія Наук України
Національний науковий центр
«Харківський фізико-технічний інститут»
Інститут Фізики Високих Енергій та Ядерної Фізики

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
XXI КОНФЕРЕНЦІЇ З ФІЗИКИ
ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ
ТА ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

Харків
2023

Зміст

Секція 1. Фізика ядра та елементарних частинок.....	14
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ $^{12}\text{C}(\gamma, p)^{11}\text{B}$ З ПОЛЯРИЗОВАНИМИ ФОТОНАМИ ПРИ ЕНЕРГІЯХ 40-65MeV В MAX-LAB J.R.M. Annand ¹ , S.Al Jebali ¹ , D.D. Бурдейний ² , В.Б. Ганенко ² , К. Hansen ³ , К. Fissum ⁴ , J. Brudvik ³ , L. Isaksson ⁴ , К. Livingston ¹ , М. Lundin ³ , В. Nilsson ³ , В. Schroder ^{3,4}	14
СТАН УЧАСТІ ННЦ ХФТІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ CMS К.О. Кліменко, О.О. Куров, Л.Г. Левчук, С.Т. Лук'яненко, В.П. Попов, О.С. Приставка, Д.В. Сорока, Л.С. Ковальова, О.Л. Безпалов	15
ОБРОБКА ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ LATINOANALYSIS Л.Г. Левчук, С.Т. Лук'яненко	17
МЕТОД ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ В ТЕОРІЇ РОЗСІЯННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ВЕЛИКОЇ ЕНЕРГІЇ У ЗОВНІШНЬОМУ ПОЛІ М.Ф. Шульга ^{а), б)} , С.М. Шульга ^{а), б)}	18
РОЗСПОВАННЯ ЧАСТИНОК ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ НА РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ПУЧКАХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК З ЕЛІПТИЧНИМ ПОПЕРЕЧНИМ ПЕРЕТИНОМ Шульга М.Ф. 1,2, Корюкіна В.Д. 1	19
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РОЗПОДІЛИ ПО ІНВАРІАНТНИМ ЗМІННИМ В РЕАКЦІЯХ $e^+e^- \rightarrow p\bar{n}\pi^-$ І $e^+e^- \rightarrow \bar{p}n\pi^+$ Г.І. Гах, М.І. Кончатний, М.П. Меренков	20
ЕФЕКТИ СКАЛЯРНОГО БОЗОНА В ПРУЖНОМУ ДЕЙТРОН-ЕЛЕКТРОННОМУ РОЗСПОВАНІ Г.І. Гах ¹ , М.І. Кончатний ¹ , М.П. Меренков ¹ та А.Г. Гах ²	21
СИСТЕМАТИЧНЕ ВИВЧЕННЯ РЕФРАКЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ У ПРУЖНОМУ РОЗСІЯННІ α - ²⁰⁸ Rb НА ОСНОВІ S-МАТРИЧНОЇ МОДЕЛІ В.В. Пилипенко ¹ , Ю.А. Бережной ² , Г.М. Онищенко ² , П.Е. Кузнецов ² , І.І. Якименко ²	22
ПРО МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ НАДПЛИННОЇ НЕЙТРОННОЇ МАТЕРІЇ ЗІ СПІН-ТРИПЛЕТНИМ p - СПАРЮВАННЯМ У НАДСИЛЬНИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ ТА ЗА НАД'ЯДЕРНИХ ГУСТИН О.М. Тарасов	23

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИЛИ СПАРЮВАННЯ НУКЛОНІВ НА ОКТУПОЛЬНУ ДЕФОРМАЦІЮ ІЗОТОПІВ УРАНУ У НАБЛИЖЕННІ СЕРЕДНЬОГО ПОЛЯ В.М. Тарасов, В.І. Купріков, В.В. Пилипенко, Д.В. Тарасов.....	24
ВИВЧЕННЯ ПЕРЕРІЗУ РЕЗОНАНСНОГО УТВОРЕННЯ ВАЖКИХ ВЕКТОРІВ У HEAVY VECTOR TRIPLET МОДЕЛІ Т.В. Обіход, Є.О. Петренко	25
АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ 2-ГО ПОРЯДКУ ЗА СТАЛОЮ ТОНКОЇ СТРУКТУРИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ В ПОЛІ ПЛОСКОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ О.І. Ворошило, В.М. Недорешта.....	26
КРИВИЗНА ДИФРАКЦІЙНОГО КОНУСА ПРУЖНОГО ПРОТОН- ПРОТОННОГО РОЗСІЯННЯ ПРИ ЕНЕРГІЯХ КОЛЛАЙДЕРА В МОДЕЛІ МАКСИМАЛЬНОГО ПОМЕРОНА Й ОДДЕРОНА О. Лендел ¹ , Н.Бенце ² , І. Сані ³	27
НУКЛЕОСИНТЕЗ ЯДЕРНОЇ МАТЕРІЇ: ЕНТРОПІЙНІ ЕФЕКТИ ¹ Маслюк В.Т., ² Скакун Є.О., ² Семісалов І.Л., ¹ Романюк М.І.	28
ПОШУК СР ІНВАРІАНТНОСТІ ПРИ КОРЕЛЯЦІЇ БОТТОМ-КВАРКІВ У ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННІЙ АНІГЛЯЦІЇ І.В. Трутень ¹ , О.Ю. Корчин ^{1,2}	29
Секція 2. Фундаментальні дослідження при проміжних і високих енергіях .. 30	
АКТИВАЦІЙНІ ВИХОДИ ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ НА ЯДРАХ ІЗОТОПІВ ОЛОВА ¹¹⁸ Sn ТА ¹²⁴ Sn В ПРИПОРОГОВІЙ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ Є. Скакун, І. Семісалов, І. Гончаров, С. Карпусь, А. Чеховська	30
ВПЛИВ КАСКАДНИХ ПЕРЕХОДІВ НА ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОАКТИВНОСТІ ЗРАЗКА МЕТОДОМ ГАМА-СПЕКТРОМЕТРІЇ І. Семісалов, Є. Скакун, С. Карпусь, А. Чеховська	32
ВИМІРЮВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ РЕАКЦІЇ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХВАТУ ПРОТОНІВ ЯДРАМИ ІЗОТОПІВ ХРОМУ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЇ ПРОТОНІВ 1,2-2,8 МеВ В.М. Бондаренко, В.І. Сухоставець, М.О. Кочнев, С.М. Утенков	33
МАГНІТНИЙ ДИПОЛЬНИЙ РЕЗОНАНС У ЯДРАХ <i>sd</i> -ОБОЛОНКИ О.С. Качан, С.М. Утенков	34
ЧИСЕЛЬНІ РОЗРАХУНКИ РСФ У НЕЙТРОНО-НАДЛИШКОВИХ ЯДРАХ <i>pf</i> -ОБОЛОНКИ С.М. Утенков, О.С. Качан, М.О. Кочнев	35

ЦИФРОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІИ $^{14}\text{N}(\gamma, 2\alpha)^6\text{Li}$ С.М. Афанасьєв ¹ , І.О. Афанасьєва ²	36
СТАН ХОЙЛА ЯДРА ^{12}C У РЕАКЦІЇ $^{14}\text{N}(\gamma, \text{np})3\alpha$ Афанасьєв С.М	37
ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕРІЗИ ФОТОПРОТОННИХ ТА ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ НА ТАНТАЛІ ПРИ ЕНЕРГІЇ ДО 100 МеВ І.С. Тімченко ¹ , О.С. Деєв ¹ , С.М. Олійник ¹ , С.М. Потін ¹ , В.А. Кушнір ¹ , В.В. Митроченко ¹ , С.О. Пережогін ¹ , А. Герзань ²	38
ІЗОМЕРНА ПАРА $^{95\text{g}}\text{Nb}$ ТА $^{95\text{m}}\text{Nb}$ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА ПРИРОДНОМУ МОЛІБДЕНІ ПРИ ЕНЕРГІЇ 35-95 МеВ І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін	39
ФОТОЯДЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ЕНЕРГІЯХ 35-100 МеВ У НДК «ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін, В.А. Бочаров, М.І. Айзацький, Б.І. Шраменко, Л.П. Корда, Є.Л. Купленіков	40
ФОТОУТВОРЕННЯ ІЗОТОПІВ КОБАЛЬТУ В ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ $^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma, \text{rxn})^{55,56,57,58}\text{Co}$ І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін	42
ІЗОМЕРНІ ПАРИ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА ЯДРАХ In і Rh І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін	43
ДЕФОРМАЦІЯ НЕПАРНИХ ЯДЕР ^{23}Na , ^{25}Mg та ^{25}Al В ОДНОЧАСТИНКОВИХ СТАНАХ В.Ю. Корда ¹ , Л.П. Корда ² , В.Ф. Клепиков ¹ , І.С. Тімченко ²	44
АНАЛІЗ ПРУЖНОГО α - ^{58}Ni РОЗСІЯННЯ В ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ 100- 699 МеВ В S-МАТРИЧНІЙ МОДЕЛІ Ю.А. Бережной, П.Е. Кузнєцов, Г.М. Онищенко, А.В. Анагайчук	45
АЛЬФА-РОЗПАД ІЗОТОПІВ НЕОДИМУ Н.В. Сокур ¹ , П. Беллі ^{2,3} , Р. Бернабей ^{2,3} , Р.С. Бойко ^{1,4} , Ф. Капелла ^{5,6} , В. Карачіоло ^{2,3} , Р. Черулли ^{2,3} , Ф.А. Даневич ^{1,2} , А. Інчікитті ^{5,6} , Д.В. Касперович ¹ , В.В. Кобичев ¹ , М. Лаубенштайн ⁷ , А. Леончіні ^{2,3} , В. Мерло ^{2,3} , О.Г. Поліщук ^{1,5} , В.І. Третьяк ^{1,7}	46
РОЗСІЯННЯ ТА ОДНО-НУКЛОННІ ПЕРЕДАЧІ У ЗІТКНЕННЯХ ^{15}N З ЯДРАМИ ^{12}C ПРИ ЕНЕРГІЇ 81 МеВ А.Т. Рудчик ¹ , А.А. Рудчик ¹ , О.Е. Куцик ¹ , К.Русек ² , К.В. Кемпер ³ , Е. П'ясецькі ² , А. Столяж ² , А. Тщінська ² , О.А. Понкратенко ¹ , І. Строек ⁴ , Є.І. Коций ⁵ , А. П. Ільїн ¹ , Ю.М. Степаненко ¹ , В.В. Улещенко ¹ , Ю.О. Ширма ¹	47

ВИХІД І ПЕРЕРІЗ ФОТОНЕЙТРОННОЇ РЕАКЦІЇ НА ТЕЛУРИ-120 П.С. Деречкей, В.М. Мазур, З.М. Біган, Й.Й. Гайніш	48
СТРУКТУРА МАСОВИХ РОЗПОДІЛІВ ВИХОДІВ ПРОДУКТІВ ФОТОПОДІЛУ ²³⁸ U ПРИ ЕНЕРГІЇ ГАЛЬМІВНИХ ФОТОНІВ 17.5 МеВ Є.В. Олейніков, О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинець, В.Т. Маслюк, О.І. Лендел.....	49
Секція 3. Фундаментальні дослідження процесів взаємодії ультрарелятивістських частинок з монокристаллами та речовиною	50
ГАМА-ВИПРОМІНЮВАННЯ 200 МеВ ЕЛЕКТРОНІВ В КРИСТАЛІ АЛМАЗА ПРИ ПЛОСКОСНІЙ ОРІЄНТАЦІЇ В.Б. Ганенко ¹ , Д.Д. Бурдейний ¹ , В.І. Трутьєв ^{1,2} , Н.Ф. Шульга ^{1,2} , К. Fissum ³ , J. Brudvik ⁴ , К. Hansen ⁴ , L. Isaksson ³ , K. Livingston ⁵ , M. Lundin ⁴ , B. Nilsson ⁴ , B. Schroder ^{3,4}	50
НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВТОРИННОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕМІСІЇ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОНІВ ЧЕРЕЗ РЕЧОВИНУ В.І. Вітько, С.Г. Карпусь, Г.Д. Коваленко, І.Л. Семісалов.....	51
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА АНОМАЛЬНОЇ ДИФУЗІЇ ПРИ РОЗСПІВАННІ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ПЕРІОДИЧНОМУ ПОЛІ КРИСТАЛОГРАФІЧНИХ ПЛОЩИН АТОМІВ М.Ф. Шульга ^{1,2} , В.І. Трутьєв ^{1,2}	52
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДХИЛЕННЯ АНТИПРОТОНІВ З ЕНЕРГІЄЮ 1–14 ГеВ ПРИ ПЛОЩИННОМУ КАНАЛЮВАННІ У ВИГНУТОМУ КРИСТАЛІ ТА ПРИ СТОХАСТИЧНОМУ ВІДХИЛЕННІ І.В. Кириллін ^{1,2} , М.Ф. Шульга ^{1,2}	53
ФУНКЦІЯ РОЗПОДІЛУ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ УЛЬТРАРЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЇ ПАРИ У ТОНКІЙ МШЕНІ ЗА УМОВ ПРОЯВУ ЕФЕКТУ ЧУДАКОВА С.В. Трофименко.....	54
ЧАС ЖИТТЯ ПОЗИТРОНА В РАДІАЦІЙНИХ ДЕФЕКТАХ В НАБЛИЖЕННІ СФЕРИЧНО СИМЕТРИЧНОЇ ЯМИ Ворона М.І., Лебедь О.А.	55
Секція 4. Фізика та техніка детекторів випромінювань	56
РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ МАГНІТНОГО СПЕКТРОМЕТРА ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ ЛУ-30 Г.Д. Коваленко, Г.Л. Бочек, С.Г. Корпусь, Г.П. Васильєв, С.К. Кіпріч, А.А. Каплій, В.Д. Овчинник, І.Л. Семісалов, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов, В.І. Яловенко	56
РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДВОКАНАЛЬНОГО СПЕКТРОМЕТРА ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ Г.Д.	

Коваленко, Г.Л. Бочек, С.Г. Карпусь, Г.П. Васильєв, С.К. Кіпріч, А.А. Каплій, В.Д. Овчинник, І.Л. Семісалов, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов, В.І. Яловенко57

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОТУЖНОСТІ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ НА РАДІАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ СЦИНТИЛЯТОРІВ SCSN-81 та EJ-260 ПРИ ОПРОМІНЕННІ ФОТОНАМИ ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В.П. Попов, Л.Г. Левчук, Олександр О. Луханін58

СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ ІЗ МАЛИМ ЧАСОМ ВИСВІТЛЮВАННЯ А.В. Креч¹, Д.О. Кофанов¹, О.М. Окрушко¹, І.Ф. Хромюк¹, Я.В. Герасимов¹, Н.Л. Караваєва¹, Л.Г. Левчук², В.П. Попов², С.У. Хабусева³ .59

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ У ЗОНІ ОПРОМІНЕННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ А.В. Креч¹, А.Ю. Бояринцев¹, Я.В. Герасимов¹, Т.Є. Горбачова¹, Н.Л. Караваєва¹, Л.Г. Левчук², В.П. Попов²60

РОЗРОБКА ВИСОКОЯКІСНИХ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ДЕТЕКТОРІВ $ZnWO_4$ ДЛЯ ПОШУКУ ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ ТА ПОДВІЙНОГО БЕТА-РОЗПАДУ Д.В. Касперович¹, П. Беллі^{2,3}, Р. Бернабей^{2,3}, Ф. Капелла^{4,5}, В. Карачіоло^{2,3}, Р. Черулі^{2,3}, Ф.А. Даневич^{1,2}, В.Я. Дегода⁶, А. Інчікитті^{4,5}, Я.П. Когут⁶, А. Леончіні^{2,3}, Г.П. Подуст⁶61

ЕМПІРИЧНА ФОРМУЛА ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ $n\text{RGe}$ -ДЕТЕКТОРА ВІД ЕНЕРГІЇ ТА ВІДСТАНІ ДЛЯ ЕКРАНОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ І.В. Пилипчинець, О.І. Лендел, О.О. Парлаг, Є.В. Олейніков62

Секція 5. Дослідження та розробки прискорювачів заряджених частинок63

МАГНІТООПТИЧНА СТРУКТУРА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСКОРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ М.Ф. Шульга, Г.Д. Коваленко, І.С. Гук, П.І. Гладких, Ф.А. Пеев.....63

РОЗРОБКА ПЛАЗМОВО-ДИЕЛЕКТРИЧНОГО КІЛЬВАТЕРНОГО ПРИСКОРЮВАЧА З ПРОФІЛЬОВАНОЮ ПОСЛІДОВНІСТЮ ДРАЙВЕРНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ЗГУСТКІВ (ТЕОРІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТ) І.М. Оніщенко, К.В. Галайдич, Р.Р. Князев, Г.О. Кривоносов, А.Ф. Лінник, П.І. Марков, О.Л. Омелаєнко, В.І. Приступа, Г.В. Сотніков, В.С. Ус, Д.Ю. Залеський64

ПУЧКИ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ПОЗИТРОНІВ НИЗЬКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ З ЕНЕРГІЄЮ ДО 100 МеВ НА УСТАНОВЦІ ІФВЕЯФ ННЦ ХФТІ Д.Д. Бурдейний, В.Б. Ганенко65

ФОКУСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЗГУСТКІВ ПРИ ЗБУДЖЕННІ КІЛЬВАТЕРНОГО ПОЛЯ В ПЛАЗМІ Д.С. Бондар ^{1,2} , В.І. Маслов ^{1,2} , І.М. Оніщенко ¹	66
ЗОНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ СКЛАДОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ В ДІЕЛЕКТРИЧНОМУ КІЛЬВАТЕРНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ Д.Ю. Залеський, В.І. Приступа, В.С. Ус, Г.В. Сотніков	67
ВПЛИВ ЧАСУ ЗАТРИМКИ МІЖ РОЗРЯДАМИ ПЛАЗМОВИХ ГАРМАТ ТА ОСНОВНОГО ГІСУ НА КОМУТАЦІЮ СТРУМУ В ПРИСКОРЮВАЧАХ З ІНДУКТИВНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ ТА ПЛАЗМОВИМ КОМУТАТОРОМ СТРУМУ В.Б. Юферов, О.В. Мануйленко, Д.В. Вінніков, В.В. Катречко, О.М. Озеров, В.І. Ткачов, С.В. Марченко, В.В. Єгоренков, В.Т. Фомін.....	68
АНАЛІЗ СТРУКТУР ПРИСКОРЕННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА ЧИПАХ Г.О. Кривоносов, А.О. Васильєв.....	70
ДЖЕРЕЛО НАПРУГИ ДО 30 кВ З ПУЛЬСАЦІЄЮ НЕ БІЛЬШЕ 0.1% Г.О. Кривоносов, О.О. Свистунов, А.В. Васильєв, Г.В. Сотніков	71
ЗАГАЛЬНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЗБУДЖЕННЯ СИМЕТРИЧНОЇ ПЛОСКОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРИ ПЛОСКИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ХВИЛЯМИ А.В. Васильєв, А.І. Поврозін, Г.В. Сотніков	72
ПРОЕКТ ДИФРАКЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ ЛАЗЕРНИМ ІМПУЛЬСОМ Г.О. Кривоносов, О.О. Большов, А.В. Васильєв, Г.В. Сотніков	73
ПРИСКОРЕННЯ СИЛЬНОСТРУМОВОГО ІОННОГО ПУЧКА, КОМПЕНСОВАНОГО ЕЛЕКТРОННИМ ПУЧКОМ, З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТНОГО ПОЛЯ КАСПУ ДЛЯ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОНІВ У ПРИСКОРЮЮЧОМУ ПРОМІЖКУ О.В. Федорівська, В.І. Маслов, І.М. Оніщенко.....	74
ОДНАКОВІ ГАЛЬМУЮЧІ КІЛЬВАТЕРНІ ПОЛЯ ДЛЯ ЗГУСТКІВ, ЩО ЗБУДЖУЮТЬ ПОЛЕ, ТА ОДНАКОВІ ПРИСКОРЮЮЧІ КІЛЬВАТЕРНІ ПОЛЯ ДЛЯ ЗГУСТКІВ, ЩО ПРИСКОРЮЮТЬСЯ, ДЛЯ ЇХ ПЕРІОДИЧНОГО ЛАНЦЮЖКА І.В. Демиденко, В.І. Маслов	75
УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІОННИЙ ІНЖЕКТОР ДЛЯ ІОННО-ПРОМЕНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК П.О. Литвинов, В.А. Батурін, С.О. Єршомін, О.Ю. Роєнко.....	76

СТІЙКІСТЬ ДО ПРОБОЇВ ПОВЕРХНІ МІДНИХ ЗРАЗКІВ ПРИ Ї ОПРОМІНЕННІ МЕТАЛЕВИМИ ТА ГАЗОВИМИ ІОНАМИ О.Ю. Карпенко, В.А. Батурін, С.О. Єрбмін, О.Ю. Роєнко	77
Секція 6. Комп'ютерні технології у фізичних дослідженнях	78
МОДЕЛЮВАННЯ НАГРІВУ ТОНКИХ ПЛІВОК ПРИ ПРОХОДЖЕННІ КРИЗЬ НИХ ПУЧКІВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ М. Луганько ¹ , Т. Малихіна ² , С. Карпусь ² , О. Шопен ²	78
РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ НЕЙТРОНІВ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ С. Гоков ¹ , В. Горбач ² , Ю. Казарінов ¹ , В. Касілов ¹ , О. Люхтан ² , В. Цяцько ¹ , Є. Цяцько ¹	79
КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАЧА ІНТЕНСИВНОГО ПОТОКУ СПОВІЛЬНЕНИХ НЕЙТРОНІВ С. Гоков ¹ , Ю. Казарінов ¹ , В. Касілов ¹ , О. Люхтан ² , В. Цяцько ¹ , Є. Цяцько ¹	80
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ПІДЛОЖКИ ПРИ ОСАДЖЕННІ АЛМАЗНИХ ПОКРИТТІВ ГАЗОПЛАЗМЕННИМ МЕТОДОМ С.О. Мартинов, О.А. Лучанінов, В.П. Лук'янова, С.І. Прохорець, О.О. Слабоспицька, М.А. Хажмурадов.....	81
ВЕРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА РАДІОІЗОТОПІВ ДЛЯ МЕДИЦИНИ О.О. Захарченко	82
МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОГРАФІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ З ВИЧЕРПАНІМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ Є.В Рудичев, С.І Прохорець	83
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НЕЙТРОННОЇ РАДІОГРАФІЇ С.І. Прохорець,Є.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов.....	84
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УРАНОВОЇ НЕЙТРОННО- УТВОРЮЮЧОЇ МІШЕНІ ПІДКРИТИЧНОЇ ЗБІРКИ ННЦ ХФТІ В.В. Ганн, Г.В. Ганн, Б.В. Борц, І.М. Карнаухов, О.О. Пархоменко	85
МЕТОД R-ФУНКЦІЙ У МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ПАЛИВНИХ КАСЕТ ДЛЯ БАГАТОЗОННИХ ТВЕЛІВ З ПЛАСТИНАМИ, ГЕКСАГОНАЛЬНИХ РЕШТОК ТВЕЛІВ ТА ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У НИХ Максименко-Шейко К.В. ¹ , Шейко Т.І. ¹ , Уваров Р.О. ¹ , Лісін Д.О. ² , Хажмурадов М.А. ³	86

ПРОЕКТУВАННЯ НАНОКЛАСТЕРІВ ДЛЯ БЕЗВУГЛЕРОДНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОРІВНЕВОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ Кульменьєв О.І.....	87
Секція 7. Ядерно-фізичні методи у суміжних науках (У галузі атомної енергетики, промисловості та медицини. Фізичні та екологічні питання експлуатації та модернізація ядерно-фізичних установок.).....	88
АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ТА ЕЛЕМЕНТНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ПРИРОДНИХ КВАРЦИТАХ ПІД ВПЛИВОМ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ ТА ГАММА КВАНТАМИ О.П. Березняк, М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв.....	88
КРИСТАЛОГРАФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ І СТАН КОЛИВАНЬ РЕШІТКИ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО І МОНО-ФАЗНОГО МАГНЕТИТУ ДО ТА ПІСЛЯ ГАММА АКТИВАЦІЇ М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Т.О. Пархоменко	89
ВПЛИВ ГАМА АКТИВАЦІЇ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИНОК ^{153}Sm М.П. Дикий, 2 М.В. Красносельський, 1 Ю.В. Ляшко, 1 О.П. Медведєва, 1 Д.В. Медведєв.....	90
БАР'ЄРНА СОРЕБЦІЯ НА ПУТІ МІГРАЦІЇ АКТИНОЇДІВ М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Ю.Г. Пархоменко В.В. Лісовська	91
АНАЛІЗ ПОШУКОВИХ СПЕКТРІВ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПІКІВ У ГАММА-СПЕКТРАХ А.Ю. Бережної.....	92
РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ПРИРОДНИХ АЛЮМОСИЛКАТІВ РІЗНИХ СТРУКТУРНИХ ТИПІВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ГАММА КВАНТІВ М.П. Дикий, О.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв.....	93
КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ ВМІСТОМ МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ З КРИСТАЛОГРАФІЧНОЮ МОРФОЛОГІЄЮ В НИРКОВИХ КАМЕНЯХ М.П. Дикий 1 , О.П. Березняк 1 , С.М. Колупаєв 2 , В.М. Лісовий 2 , О.П. Медведєва 1	94
СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ АЕСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ Г.Ф. Гладенька, О.В. Сгіпко, В.В. Петухов, І.М. Шаповал	95

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБМІНУ В СПІНОВИХ ФІЛЬТРАХ ПРИ ОПТИЧНІЙ НАКАЧЦІ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЯДЕР ^3He А.А. Беляєв, Олександр О. Луханін, Олексій О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров.....	96
ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЗЕРКАЛЬНО-ЛІНЗОВОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ФОТОНІВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ВЕЛИКІ ВІДСТАНІ А.А. Беляєв, Олександр О. Луханін, Олексій О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров.....	97
ПРО ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ СУМС НА КОЛАЙДЕРІ ЛНС О.О. Куров, Л.Г. Левчук, В.П. Попов, О.С. Приставка, К.О. Кліменко, Д.В. Сорока.....	98
ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ НАКОПИЧЕННЯ МЕДИЧНОГО РАДІОІЗОТОПУ ^{103}Pd ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПУЧКІВ ЗАРЯДЖЕНИХ І НЕЙТРАЛЬНИХ ЧАСТИНОК В.О. Григоренко	100
МІНІМІЗАЦІЯ СУПРОВІДНОГО ФОНУ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ І ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ ПРИ ФОРМУВАННІ КОНЦЕНТРОВАНОГО ПОТОКУ УПОВІЛЬНЕНИХ НЕЙТРОНІВ С.П. Гоков, С.Г. Карпусь, В.Й. Касілов, Г.Д. Коваленко, С.С. Кочетов.....	101
ВИКОРИСТАННЯ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ СТІЧНИХ ВОД ТА ЇХНІХ ОСАДІВ Г.Д. Коваленко ¹ , В.Й. Касілов ¹ , С.С. Кочетов ¹ , В.В. Братішко ² , І.В. Зінченко ³ , О.О. Шопен ¹ , С.Г. Карпусь ¹	102
ВЗАЄМОДІЯ ПОТОКІВ ШВИДКИХ І ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ З ВОДНИМ РОЗЧИНОМ ОРГАНІЧНОГО БАРВНИКА МЕТИЛЕНОВИЙ СИНІЙ, ЯКИЙ МІСТИТЬ І НЕ МІСТИТЬ БОРНУ КИСЛОТУ В. Цяцько С. Гоков, Ю. Казарінов, В. Касілов, Є. Цяцько	103
РАДІАЦІЙНА ПОШКОДЖУВАНИСТЬ W МІШЕНІ ПІДКРИТИЧНОЇ ЗБІРКИ ННЦ ХФТІ Б.В. Борц, І.О. Воробйов, В.В. Ганн, А.Ю. Зелінський, І.М. Карнаухов, Ю.О. Марченко, О.О. Пархоменко, І.В. Паточкін, М.П. Домніч, Л.І. Глушенко	104
АПАРАТНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕНДУ МАГНІТНИХ ВИМІРЮВАНЬ КВАДРУПОЛЬНИХ ЛІНЗ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ КОТУШКИ Зелінський А.Ю., Карнаухов І.М, Лященко В.М., Мициков А.О., Резаєв А.В.	105
СТЕНД МАГНІТНИХ ВИМІРЮВАНЬ НА БАЗІ ДАТЧИКІВ ХОЛЛА Лященко В.М.	106

КОНВЕКЦІЯ В'ЯЗКОЇ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ В ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ЦИЛІНДРИЧНІЙ ТРУБІ З ТЕПЛОНОСІЄМ ТА З ВЕРТИКАЛЬНИМ ГРАДІЄНТОМ ТЕМПЕРАТУРИ О.Л. Андрєєва ¹ , К.В. Абеленцева ² , В.І. Ткаченко ^{1,2}	107
ВИНЯТКОВІ ТОЧКИ ДЛЯ ЗВ'ЯЗАНОЇ СИСТЕМИ СПАЗЕРУ ТА ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ХВИЛЕВОДУ А.В. Глущенко ¹ , О.Л. Андрєєва ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	108
НАГРІВ ТОРОЇДАЛЬНОЇ ПЛАЗМИ ЗА РАХУНОК ЗВ'ЯЗКУ З ХВИЛЯМИ ЗОВНІШНЬОГО КОНЦЕНТРИЧНОГО ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ТОРОЇДАЛЬНОГО ХВИЛЕВОДА А.В. Глущенко ¹ , О.Л. Андрєєва ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	109
ПОСИЛЕННЯ ДИФУЗІЇ В НЕДОДЕМПФОВАНИХ ПРОСТОРОВО-ПЕРІОДИЧНИХ СИСТЕМАХ ЗОВНІШНІМИ НИЗЬКОЧАСТОТНИМИ ПОЛЯМИ В.Ю. Аксенова ^{1,2} , І.Г. Марченко ^{1,2}	110
ЕФЕКТИВНИЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТУ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ВИПАДКОВО-ГЕТЕРОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ М.І. Братченко, С.В. Дюльдя	111
ТЕРМОВАКУУМНИЙ ПРОЦЕС ДИСПЕРГУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ В.О. Кутовий	112
САМОУЗГОДЖЕНИЙ АНАЛІЗ РЕЗОНАТОРІВ ГІРОТРОНІВ З КОРОТКОЮ НЕОДНОРІДНІСТЮ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ О.В. Максименко, В.І. Щербінін, В.І. Ткаченко	113
ВПЛИВ ПУЧКІВ ІОНІВ ГЕЛІЮ, З ЕНЕРГІЯМИ 4 MeV НА ПРОЦЕСИ ПОВЕРХНЕВОГО РОЗПИЛЕННЯ О.В. Мануйленко ^{1,4} , Є.М. Прохоренко ² , Б.В. Зайцев ¹ , К.В. Павлій ¹ , С.М. Дубнюк ¹ , В.В. Литвиненко ² , Т.Г. Прохоренко ³	114
ЗАСТОСУВАННЯ ПУЧКІВ ІОНІВ ГЕЛІЮ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТІВ НА ПОВЕРХНІ ВОЛЬФРАМУ О.В. Мануйленко ^{1,4} , Є.М. Прохоренко ² , Б.В. Зайцев ¹ , К.В. Павлій ¹ , С.М. Дубнюк ¹ , В.В. Литвиненко ² , Т.Г. Прохоренко ³	115
ВИВЧЕННЯ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ПОЛІСТИРОЛ ВОЛЬФРАМОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ Є.М. Прохоренко ¹ , В.В. Литвиненко ¹ , О.О. Захарченко ² , М.А. Хажмуратов ² , Т.Г. Прохоренко ³	116

ВПЛИВ ДИСПЕРСНОСТІ НАПОВНЮВАЧА В ПОЛІСТИРОЛ ВОЛЬФРАМОВОМУ КОМПОЗИТІ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНОГО МАТЕРІАЛУ Є.М. Прохоренко ¹ , В.В. Литвиненко ¹ , О.О. Захарченко ² , М.А. Хажмуратов ² , Т.Г. Прохоренко ³	117
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ДІАГНОСТИЧНИХ РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ П.С. Погребняк ²	118
ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ АБСОРБЦІОМЕТРІЇ У МЕДИЦИНІ О.Д. Ополонін, А.В. Креч, Н.Л. Караваєва, С.В. Махота	119
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО ВІДГУКУ В ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛАХ ІЗ СТОХАСТИЧНИМ ХАРАКТЕРОМ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СВІТЛА Я.І. Полупан, І.В. Лазарєв, Є.В. Мартиненко, О.А. Тарасенко, В.О. Тарасов	120
ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ ДЖЕРЕЛА ²³⁹ Pu-Be ЗІ СПЕКТРІВ ПРОТОНІВ ВІДДАЧІ І.Ф. Хромюк, Є.В. Мартиненко, О.А. Тарасенко	121
ОРГАНІЧНІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНІ СЦИНТИЛЯТОРИ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВИСОКОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО РОЗДІЛЕННЯ ЗА ФОРМОЮ ІМПУЛЬСУ І.Ф. Хромюк, І.В. Лазарєв	122
УТВОРЕННЯ ЗБУДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ІТРІУ ПРИ ІОННОМУ БОМБАРДУВАННІ ІТРІУ ТА АЛЮМО-ІТРІЄВОГО ГРАНАТУ І.О. Афанасьєва, В.В. Бобков, В.В. Грицина, Ю.І. Ковтуненко, Д.І. Шевченко	123
ВИЯВЛЕННЯ ГЕТЕРОГЕННОСТІ ФАЗОВОГО СКЛАДУ СПЛАВІВ ШЛЯХОМ ВІМС АНАЛІЗУ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ З ВОДНЕМ Оксенюк І.І., Літвінов В.О., Бобков В.В.	124
ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ ГАММА-ПЕРЕХОДІВ У НУКЛІДАХ РЯДУ ²³⁸ U Д.В. Касперович, Ф.А. Даневич, В.І. Киришук, В.В. Кобичев, Б.М. Кропив'янський, В.І. Третяк	125
ТЕРИТОРІЇ УРАНОВОЇ СПАДЩИНИ ЯК ТЕХНОГЕННО-ПІДСИЛЕНІ ДЖЕРЕЛА РАДІОАКТИВНОСТІ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ Т.В. Дудар ¹ , О.В. Фаррахов ²	126

ВРАХУВАННЯ РИЗИКІВ РОЗВИТКУ КАРСТОВИХ ПРОЦЕСІВ У МІСЦЯХ РОЗТАШУВАННЯ АТОМНИХ СТАНЦІЙ К.А. Васютинська, С.В. Барбашев, С.С. Смик	127
ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИХ ВИСОКОГРАДІЄНТНИХ ПРОБОЇВ З ІОННО-МОДИФІКОВАНОЇ ПОВЕРХНІ МІДНИХ ЕЛЕКТРОДІВ Лебединський С.О., Карпенко О.Ю., Батурін В.А., Холодов Р.І.	128
ІОНІЗАЦІЯ ПРИ ЗІТКНЕННІ ІОНУ СВИНЦЮ ТА АЛЬФА-ЧАСТИНКИ В КОРОТКОМУ РЕНТГЕНІВСЬКОМУ ІМПУЛЬСІ О. Новак, М. Дяченко, Р. Холодов	129
ФОРМУВАННЯ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ МЕТОДАМИ ФАЗОВОГО КОНТРАСТУ ДЛЯ ЗАСТОСУВАНЬ В МЕДИЦИНІ Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А.	130
ЗОНДОФОРМУЮЧІ СИСТЕМИ ВИСОКОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ З КОРЕКЦІЄЮ СФЕРИЧНИХ АБЕРАЦІЙ ДЛЯ ЯДЕРНОГО СКАНУЮЧОГО МІКРОЗОНДУ О.Г. Пономарьов, С.В. Колінько, Г.Є. Положій, В.А. Ребров	131
ВПЛИВ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ З ЕНЕРГІЄЮ 14 МеВ НА ФОСФОРЕСЦЕНЦІЮ ТА ОПТИЧНЕ ПОГЛИНАННЯ КРИСТАЛІВ $Al_2O_3:Nb$ І.Г. Мегела, О.М. Поп, В.Т. Маслюк, Я.М. Пекар, В.Я. Пекар	132
РАДОН У ДЖЕРЕЛЬНИХ ВОДАХ ТЕРМАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ ЗАКАРПАТТЯ Н.І. Святюк ¹ , В.Т. Маслюк ¹ , О.І. Симканич ² , О.Б. Тарнай, М. Візенко	133
МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙТРОННОЇ МНОЖИННОСТІ ФОТОПОДІЛУ ЯДЕР АКТИНІДІВ ДЛЯ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ПЕРШОГО ШАНСУ Є.В. Олейніков, О.І. Лендел, О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинець	134

Секція 1. Фізика ядра та елементарних частинок

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ $^{12}\text{C}(\gamma, p)^{11}\text{B}$ З ПОЛЯРИЗОВАНИМИ ФОТОНАМИ
ПРИ ЕНЕРГІЯХ 40-65MeV В МАХ-LAB

J.R.M. Annand¹, S.Al Jebali¹, D.D. Бурдейний², В.Б. Ганенко², К. Hansen³,
К. Fissum⁴, J. Brudvik³, L. Isaksson⁴, К. Livingston¹, М. Lundin³, В. Nilsson³,
В. Schroder^{3,4}

¹Факультет фізики та астрономії, університет Глазго, Шотландія,
Великобританія

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України
³МАХ-Lab, Лунд, Швеція

⁴Факультет фізики лундського університету, Лунд, Швеція

У лабораторії МАХ-lab (м. Лунд, Швеція) проведено два експерименти з вимірювання асиметрії поперечних перерізів реакцій фотодезінтеграції вуглецю $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_{01})^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_{2-6})^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_0)^{11}\text{B}$ and $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_1)^{11}\text{B}$. Вимірювання проводилися з використанням пучка мічених лінійно поляризованих фотонів, створених електронами з енергією 192,7 MeV у кристалі алмазу. Попередні результати першого експерименту представлені в [1]. Ефективний кут реєстрації протонів становив 85° . Реакція $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_0)^{11}\text{B}$ дає основний внесок у реакцію $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_{01})^{11}\text{B}$ і визначається за одночастинковим механізмом. Тому асиметрія для обох реакцій практично збігається і є дуже великою, $\Sigma = 0,8 - 0,9$. Основний внесок у реакцію $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_{2-6})^{11}\text{B}$ вносять стани $3/2^+(5,02 \text{ MeV})$ і $7/2^-(6,74 \text{ MeV})$. Її асиметрія становить $\Sigma \sim 0,6$, як і реакції $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_1)^{11}\text{B}$, і близька до асиметрії реакції $d(\vec{\gamma}, p)n$, що може свідчити про значний внесок двочастинкового механізму в ці реакції.

1. Д.Бурдейний, К. Fissum, J. Brudvik, В.Ганенко та ін., Асиметрія поперечного перерізу двотільного розпаду вуглецю $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p_{01})^{11}\text{B}$ з поляризованими фотонами при енергії 40-50MeV. Nucl. Phys. A957(2017)р.321-331

СТАН УЧАСТІ ННЦ ХФТІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ CMS

К.О. Кліменко, О.О. Куров, Л.Г. Левчук, С.Т. Лук'яненко, В.П. Попов,
О.С. Приставка, Д.В. Сорока, Л.С. Ковальова, О.Л. Безпалов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Спеціалізований обчислювальний комплекс ННЦ ХФТІ був створений на початку 2000х років для участі в розподіленій обробці даних експерименту CMS на Великому адронному колайдері (LHC) і впродовж багатьох років успішно працював на 2-му (T2) ярусі ґрід-інфраструктури CMS, де він зареєстрований під назвою T2_UA_KIPT. Високий рівень якості його роботи було досягнуто, завдяки безперервній підтримці працездатності і забезпечення відмовостійкості всіх систем. Проте 2022 рік виявився вкрай непростим для забезпечення роботи T2-центру T2_UA_KIPT. З початком бойових дій (тобто з 24 лютого 2022 р.) територія ННЦ ХФТІ зазнавала багаторазових обстрілів, і подальше повноцінне функціонування комплексу стало неможливим. З 05.03.2022, виконавши передбачені для цього процедури на головному операційному порталі всесвітньої ґрід-системи GOCDB, комплекс переведено у стан 'scheduled downtime' (SD) у всесвітній ґрід-інфраструктурі WLCG. У той же час до переходу комплексу T2_UA_KIPT в стан SD був забезпечений дуже високий рівень його підтримки. Для центру T2_UA_KIPT рівень готовності до обробки даних CMS за період з початку року по 23 лютого 2022 р. склав 100%. Цей результат був досягнутий завдяки щоденній напруженій роботі колективу, що підтримує роботу комплексу – своєчасному оновленню ґрід-сервісів і спеціалізованого програмного забезпечення експерименту CMS, а також оперативному реагуванню на програмні збої та відмови апаратних елементів системи, що відбуваються. В подальшому було продовжено вивчення і підготовку необхідних змін в конфігурації центру T2_UA_KIPT, які треба виконати після зупинення роботи комплексу 24.02.2022, а також складання та аналіз відповідного списку з метою якнайшвидшого відновлення роботи центру при створенні для цього належних умов. Зокрема, підготовлено встановлення необхідних оновлень різних компонентів системи, які виправляють уразливості операційної системи CentOS та проміжного ґрід-забезпечення. Також підготовлено відповідні зміни до конфігурації автентифікації ґрід-користувачів на головному сервері системи обробки пакетних завдань HTCondor-CE за допомогою токенів CMS 'Identity and Access Management' (IAM), відповідно до нових вимог CMS, та оновлення системи HTCondor до версії 9.0. У зв'язку з тим, що CERN припинив підтримку розробки 'Disk Pool Manager' (DPM), підготовлено віртуальне середовище для тестування процедури міграції сховища даних спеціалізованого обчислювального комплексу ННЦ ХФТІ з DPM на іншу систему зберігання даних dCache. На початку осені 2022 р. було усунене пошкодження оптичної лінії, що забезпечує зовнішній зв'язок комплексу з

налагодженням роботи каналу зв'язку для віддаленого доступу до комплексу. Було відновлено роботу центрального маршрутизатора комплексу, та запущено систему Netping для віддаленого моніторингу загального стану комплексу (температура та вологість у приміщенні, стан енергоживлення, ін.). Виконано діагностику та ремонт пошкодженого зовнішнього блоку кондиціонера, який підтримує необхідну температуру приміщення обчислювального комплексу. Також було відновлено електроживлення комплексу, порушене в результаті бойових дій. При цьому було виявлено виведення з ладу відразу кількох джерел безперебійного живлення (ДБЖ) на стойках комплексу. Крім того, тривала відсутність електроживлення спричинила сильне розрядження акумуляторних батарей у ДБЖ. Діагностика одного з ДБЖ показала, що вийшла з ладу одна з плат у блоці електроніки джерела. Було виконано ремонт плати, що вийшла з ладу, та заміну непридатних батарей на нові.

Роботу підтримано грантом, виділеним НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики».

ОБРОБКА ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ LATINOANALYSIS

Л.Г. Левчук, С.Т. Лук'яненко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Представлені результати обробки та аналізу даних – вибірок протон-протонних зіткнень при енергії 13 TeV, – акумульованих в експерименті CMS на Великому адронному колайдері в 2016 р. Аналіз проводився за допомогою програмного пакету LatinoAnalysis – багатофункціонального комплексу, спеціально розробленого для пошуку сигналів "нової фізики" поза рамками Стандартної моделі (СМ) у подіях із зареєстрованими лептонами. Продемонстровано структуру пакету та його можливості на прикладі пошуку прямого народження пар чарджіно, що передбачається в рамках суперсиметричного розширення СМ, з подальшим їх розпадом $\tilde{\chi}_1^\pm \rightarrow l^\pm \nu_l (l^\pm \tilde{\nu}_l) \rightarrow l^\pm \nu_l \tilde{\chi}_1^0$. На першому етапі (т.зв. «скімінг») були попередньо відібрані і записані у форматі папоAOD на дискове сховище обчислювального комплексу CERN події, в яких присутній хоча б один заряджений лептон (електрон/позитрон або мюон), що задовольняє критеріям дуже слабкої ідентифікації. На другому етапі обробки в отримані в результаті «скімінгу» вибірки подій, згенерованих методом Монте-Карло (МК), вбудовуються різні ваги, ефективності, скейл-фактори та ін. поправочні коефіцієнти з метою покращення адекватності відтворення моделюванням умов реального експерименту, а також на основі оновлених калібрувань модифікуються 4-імпульси відтворених фізичних об'єктів. Третій етап є власне фізичний аналіз. Після визначення сигнальних і контрольних областей заповнюються ROOT-гістограми для величин, що нас цікавлять, з візуалізацією різних спектрів у вигляді графіків, і генеруються карти даних для статистичного аналізу. В результаті для шуканого сигналу були побудовані області виключення (з рівнем достовірності CL=95%) можливих мас чарджіно і нейтраліно. При отриманні кінцевого результату було застосовано процедуру JetSmearing, яка приводить енергетичний дозвіл згенерованих адронних струменів у відповідність до того, що спостерігається в експерименті, а також ряд інших рекомендацій, що дозволили поліпшити якість відтворення експерименту CMS МК-моделюванням.

Роботу підтримано грантом, виділеним НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики».

МЕТОД ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ В ТЕОРІЇ РОЗСІЯННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ВЕЛИКОЇ ЕНЕРГІЇ У ЗОВНІШНЬОМУ ПОЛІ

М.Ф. Шульга^{a), b)}, С.М. Шульга^{a), b)}

^{a)} ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

^{b)} Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Метод геометричної оптики широко використовується у хвильовій механіці при описі розсіяння електромагнітних хвиль у неоднорідних середовищах [1, 2]. Ця робота присвячена опису можливостей використання цього методу у фізиці високих енергій для знаходження рішень рівняння Дірака для хвильової функції зарядженої частинки у зовнішньому потенційному полі. Основні характеристики хвильової функції частинки (її фаза та передекспоненційний фактор) у цьому методі визначаються характеристиками сімейства траєкторій частинок. Це відкриває можливості використання ефективних чисельних методів для опису взаємодії частинок із полями складної конфігурації, такими як поле кристалічної ґратки. Показано, що при цьому зберігається можливість опису проявів різноманітних інтерференційних явищ при взаємодії частинок із зовнішнім полем. На підставі даного методу розглянуто процес розсіяння швидких заряджених частинок у кристалі в перехідній області товщин – до таких товщин, при яких явище Каналювання починає проявлятися. Розгляд такого процесу проведено на прикладі взаємодії частинки з неперервним потенціалом окремих кристалічних площин атомів. В цьому випадку отримано диференціальні перерізи розсіяння.

1. Arnold V. *Mathematical Methods in Classical Mechanics*, Springer-Verlag, NY, 1989.

2. Kravtsov Y., Orlov Y. *Geometrical Optics of Inhomogeneous Media*, Springer-Verlag, Berlin, 2011.

РОЗСІЮВАННЯ ЧАСТИНОК ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ НА РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ
ПУЧКАХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК З ЕЛІПТИЧНИМ ПОПЕРЕЧНИМ
ПЕРЕТИНОМ

Шульга М.Ф.^{1,2}, Корюкіна В.Д.¹

¹ІННЦ «Харківський фізико-технічний інститут», НАН України

²Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, м. Харків

Розглянута задача розсіювання частинок високих енергій на релятивістських пучках з еліптичним поперечним перетином. На основі попередньо розвинених методів [1] отриманий диференційний переріз розсіювання для цього випадку в ейкональному наближенні квантової електродинаміки. Подібні методи дозволяють розглядати розсіювання на мішенях складної структури у відносно простий спосіб. Додатково були впроваджені оптимізації, що спростили розрахунки для цього конкретного випадку. Також з'ясовані умови застосування цього наближення в рамках наведеної задачі.

Показано, що в розглянутому випадку є область прицільних параметрів, для яких задача розсіювання зводиться до одновимірної. Знайдено ознаки ефекту райдужного розсіювання. Наявність такого ефекту – прояв квантових ефектів у розсіюванні швидких заряджених частинок на релятивістських пучках.

1. Shul'ga N. F., Koriukina V. D. The Eikonal Approximation of the Scattering Theory for Fast Charged Particles in a Thin Layer of Crystalline and Amorphous Media. Nucl. Instr. Meth B. 2021. Vol. 487. P. 25-29

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РОЗПОДІЛИ ПО ІНВАРІАНТНИМ ЗМІННИМ В

$$\text{РЕАКЦІЯХ } e^+e^- \rightarrow p\bar{n}\pi^- \text{ І } e^+e^- \rightarrow \bar{p}n\pi^+$$

Г.І. Гах, М.І. Кончатний, М.П. Меренков

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;

Досліджено внесок нерезонансного механізму (НРМ) до диференціального перерізу реакцій $e^+e^- \rightarrow p\bar{n}\pi^-$ і $e^+e^- \rightarrow \bar{p}n\pi^+$. На відміну від процесів з нейтральним піоном $e^+e^- \rightarrow N\bar{N}\pi^0$, $N=p, n$ які були досліджені раніше, НРМ включає в себе додаткову діаграму Фейнмана з віртуальним піоном, яка пропорційна електромагнітному формфактору піона (ПЕФ). В цьому випадку виникає проблема з дотриманням калібровочної інваріантності, що була вирішена двома різними підходами. В першому підході ПЕФ визначається як різниця діраківських формфакторів протона і нейтрона. В іншому всі ці формфактори вважаються незалежними і калібровочна інваріантність забезпечується деякою модифікацією відповідних діаграм Фейнмана. Це дозволило застосувати добре розвинений формалізм інваріантних амплітуд для опису повністю диференціального перерізу. Для ПЕФ в часовоподібній області була використана параметризація, яка основана на VDM моделі, що застосовувалась раніше для опису перерізу ISR процесу $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-(\gamma)$ в колабораціях Babar, CDM-2 і BESIII. Для нуклонних формфакторів було використано дві різні параметризації, що використовувались до цього для опису процесів з нейтральним піоном.

Використовуючи для опису частинок в кінцевій стадії інваріантні змінні і дозволені їх межі, обчислено подвійні та одиничні диференційні розподіли, що в принципі доступні для експериментального дослідження на BESIII.

ЕФЕКТИ СКАЛЯРНОГО БОЗОНА В ПРУЖНОМУ ДЕЙТРОН- ЕЛЕКТРОННОМУ РОЗСІЮВАНІ

Г.І. Гах¹, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков¹ та А.Г. Гах²

¹ *ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України,*

² *Харківський національний університет ім. В.М. Каразіна, Україна,*

Диференціальний переріз пружного розсіювання неполяризованих дейтронів на неполяризованих нерухомих електронах, $de \rightarrow de$, обчислено з врахуванням двох механізмів: однофотонного обміну та обміну скалярним бозоном. Були отримані наступні поляризаційні спостережні: 1-поляризаційна асиметрія, обумовлена тензорною поляризацією пучка дейтронів, 2-коефіцієнти передачі поляризації від довільно поляризованого електрона мішені до електрона віддачі. Диференціальні перерізи і поляризаційні спостережувані були виражені в термінах електромагнітних формфакторів дейтрона: G_C (зарядовий монополь), G_M (магнітний диполь) і G_S (зарядовий квадруполь). Також було розглянуто деякі особливості інверсної кінематики (маса частинки пучка більше чим маса частинки -мішені).

СИСТЕМАТИЧНЕ ВИВЧЕННЯ РЕФРАКЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ У ПРУЖНОМУ РОЗСІЯННІ α - ^{208}Pb НА ОСНОВІ S-МАТРИЧНОЇ МОДЕЛІ

В.В. Пилипенко¹, Ю.А. Бережної², Г.М. Онищенко², П.Е. Кузнєцов²,
І.І. Якименко²

¹ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

Протягом багатьох років велика увага приділяється дослідженню рефракційних ефектів (ядерна райдуга, Ейрі-структури, фраунгоферові перетини) при розсіянні легких іонів на ядрах, оскільки їх аналіз дає змогу зондувати внутрішню область взаємодії між ядрами. Найчастіше для аналізу таких даних застосовується оптична модель, зокрема на основі феноменологічних оптичних потенціалів. Раніше авторами була розроблена оригінальна S-матрична модель, яка дозволяє описувати різні рефракційні картини в широких діапазонах кутів розсіяння; це може бути корисним альтернативним підходом, який доповнює оптичну модель. Нещодавно ця модель була використана для аналізу рефракційних картин розсіяння α - ^{12}C і α - ^{24}Mg для визначення енергетичної залежності параметрів моделі та деяких характеристик розсіяння, що дало обнадійливі результати [1, 2]. Дана робота присвячена систематичному аналізу даних з пружного розсіяння α -частинок на важких ядрах ^{208}Pb за допомогою цієї S-матричної моделі в широкому діапазоні енергій, а саме: при 104, 139, 166, 172, 240, 288, 340, 386, 480 і 699 MeV, і досліджені дифракційні та рефракційні картини розсіяння. Досліджено енергетичну поведінку знайдених параметрів моделі, а також повного перерізу реакції, кутів фраунгоферового перетину ближнього та дальнього компонентів розсіяння, кутів ядерної райдуги, проведено порівняння з диференціальними перерізами, розрахованими за допомогою оптичної моделі.

1. Yu.A. Berezhnoy, G.M. Onyshchenko, V.V. Pilipenko, Int. J. Mod. Phys. E 26 (2017) 1750027.

2. Yu.A. Berezhnoy et al, Int. J. Mod. Phys. E 27 (2018) 1850061.

ПРО МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ НАДПЛИННОЇ НЕЙТРОННОЇ МАТЕРІЇ ЗІ СПІН-ТРИПЛЕТНИМ p - СПАРЮВАННЯМ У НАДСИЛЬНИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ ТА ЗА НАД'ЯДЕРНИХ ГУСТИН

О.М. Тарасов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Магнітні властивості густої надплинної нейтронної матерії (що стосуються фізики в ядрах (серцевинах) магнетарів — сильно намагнічених нейтронних зірок) за над'ядерних густин $n > n_0$ (де $n_0 = 0,17 \text{ фм}^{-3}$ — ядерна густина насичення) з узагальненими ефективними силами Скірма (з трьома доданками, що залежать від густини) і зі спін – триплетним анізотропним p -спарюванням (подібним до ${}^3\text{He}-A$ у магнітних полях, тобто зі спіном $S=1$ та орбітальним моментом $L=1$ для анізотропних куперівських пар нейтронів) за наявності надсильного магнітного поля (що перевищує 10^{17} Гс) досліджуються за допомогою нерелятивістської узагальненої теорії фермі – рідини і за умови, що температура дорівнює нулю. Верхня границя діапазону густин нейтронної матерії обмежена величиною $3 \cdot n_0$, щоб запобігти урахуванню релятивістських поправок, які зростають з густиною. Аналітично виведено загальну наближену формулу для магнітної сприйнятливості (яка має додаткову поправку, що залежить нелінійним чином від надсильного магнітного поля H і від густини n нейтронів) надплинної нейтронної матерії без конкретизації параметризації сил Скірма у граничному випадку нульової температури. Отриману загальну формулу для магнітної сприйнятливості конкретизовано для узагальненої BSk21 параметризації сил Скірма та побудовано графіки відповідних величин за над'ядерних густин нейтронів з інтервалу $1,5 \cdot n_0 \leq n \leq 3 \cdot n_0$ та для надсильних значень магнітного поля $2 \cdot 10^{17} \text{ Гс} \leq H \leq 2 \cdot 10^{18} \text{ Гс}$. Встановлено, що у нейтронній матерії з узагальненими силами Скірма (і, зокрема, у випадку застосування узагальненої BSk21 параметризації) феромагнітна нестійкість не виникає не тільки в нормальному, але і в надплинному стані зі спін – триплетним анізотропним спарюванням за над'ядерних густин і у надсильних магнітних полях.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИЛИ СПАРЮВАННЯ НУКЛОНІВ НА
ОКТУПОЛЬНУ ДЕФОРМАЦІЮ ІЗОТОПІВ УРАНУ У НАБЛИЖЕННІ
СЕРЕДНЬОГО ПОЛЯ

В.М. Тарасов, В.І. Купріков, В.В. Пилипенко, Д.В. Тарасов

ІНЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

Проведено розрахунки властивостей ізотопів урану з $A = 220 - 232$ у наближенні Хартрі-Фока-Боголюбова та аксіальної симетрії ядер із силами Скірма SkM*. Ця робота є продовженням нашого попереднього дослідження властивостей ізотопів радію [1]. У розрахунках ми використали комп'ютерний код HFVTHO v2.00d [2]. Спарювання нуклонів в ядрах описується силами спарювання нульового радіусу дії змішаного типу з різними наборами констант сил спарювання. У розрахунках використовувалися накладені умови на параметри квадрупольної β_2 і октупольної β_3 деформацій ядер. В околиці мінімуму залежності $E(\beta_2, \beta_3)$ для уточнення мінімального значення повної енергії ядра E проводилися розрахунки без накладених умов β_2 і β_3 . Показано, що для розглянутих ізотопів урану, як і ізотопів радію [1], деформація ядер β_3 сильно залежить від вибору параметрів сили спарювання нуклонів. Завищені значення констант сил спарювання призводять до зменшення або повного зникнення деформації у розглянутих ізотопах урану.

1. V.I. Kuprikov, V.N. Tarasov // Phys. At. Nucl. , 2021, **84**, №6, pp. 796–803.
2. M.V. Stoitsov et al. // Comput. Phys. Commun. 2013, **184**, 1592.

ВИВЧЕННЯ ПЕРЕРІЗУ РЕЗОНАНСНОГО УТВОРЕННЯ ВАЖКИХ ВЕКТОРІВ У HEAVY VECTOR TRIPLET МОДЕЛІ

Т.В. Обіход, С.О. Петренко

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

У контексті TeV-них розширень Стандартної моделі нами використовуються як експериментальні виміри [1, 2], так і побудовані феноменологічні моделі [3] для пошуку нових важких бозонів. Важкі частинки, передбачені спрощеною моделлю, побудованою для опису тільки резонансу на оболонці, необхідно порівнювати з даними на ЛНС. Бозони V' , які утворюються і розпадаються відповідно до процесу $pp \rightarrow V' \rightarrow Vh$ ($V=W, Z$) мають певні властивості, які можна розрахувати в рамках моделі Heavy Vector Triplet за допомогою комп'ютерної програми Madgraph. Ми розрахували перерізи утворення важких частинок V' , використовуючи експериментальні обмеження у просторі параметрів (c_H, c_F), які накладено на еталонний сценарій. Досліджено характер функціональної залежності перерізу при основних параметрах моделі від маси нового бозона, а також механізм народження таких частинок.

1. ATLAS Collaboration, G. Aad et al. Search for WZ resonances in the fully leptonic channel using pp collisions at $s = 8$ TeV with the ATLAS detector, arXiv:1406.4456.

2. The ATLAS Collaboration. Search for heavy resonances decaying into a W boson and a Higgs boson in final states with leptons and b-jets in 139 fb^{-1} of pp collisions at $s = 13$ TeV with the ATLAS detector, ATLAS-CONF-2021-026.

3. Duccio Pappadopulo, Andrea Thamm, Riccardo Torre, Andrea Wulzer. Heavy Vector Triplets: Bridging Theory and Data, arXiv:1402.4431 [hep-ph].

АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ
2-ГО ПОРЯДКУ ЗА СТАЛОЮ ТОНКОЮ СТРУКТУРИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ
В ПОЛІ ПЛОСКОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ

О.І. Ворошило, В.М. Недорешта

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Запропонований новий метод отримання аналітичних виразів процесів 2-го порядку за сталою тонкою структури з фотонним проміжним станом, які описуються двома діаграмами Феймана. Частини ймовірності, що відповідають вкладу кожної із діаграм окремо, вдалось записати через ймовірності підпроцесів 1-го порядку, що описують поляризаційні ефекти проміжного фотона. Особливу складність викликає розрахунок частини ймовірності, що відповідає інтерференції амплітуд. Для вирішення цієї проблеми запропонований аналітичний метод, що дозволяє виокремити фазу в амплітуді процесу.

КРИВИЗНА ДИФРАКЦІЙНОГО КОНУСА ПРУЖНОГО ПРОТОН-
ПРОТОННОГО РОЗСІЯННЯ ПРИ ЕНЕРГІЯХ КОЛЛАЙДЕРА В МОДЕЛІ
МАКСИМАЛЬНОГО ПОМЕРОНА Й ОДДЕРОНА

О. Лендел¹, Н. Бенце², І. Сані³

¹*Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород*

²*Ужгородський національний університет, м. Ужгород*

³*Університет ім. Роланда Етвеша, Будапешт, Угорщина*

Досліджено поведінку параметра кривизни в рамках моделі максимального померона й оддерона при усіх доступних енергіях в межах дифракційного конуса. В цій моделі кривизна розглядається як прояв порогової структури амплітуди розсіювання, що впливає з унітарності t -канала. Двокомпонентна амплітуда розсіювання з переверотом та без перевероту спіна з урахуванням максимального померона й оддерона, а також стандартними внесками реджеонів здатна описати широкий круг експериментальних даних в доступній області енергій та переданого імпульсу. У цьому випадку зручно користуватися нахилом і параметром кривизни усередненими в деякому інтервалі переданого імпульсу. Параметр кривизни, як похідна нахилу, реконструюється з експериментального диференціального перерізу пружного pp -розсіювання для високих енергій і малих переданих імпульсів в області, де чітко видно не експоненціальну поведінку дифракційного конуса, тобто явище «кривизни». Модель передбачає зменшення параметра кривизни з енергією який змінює знак при віддалених значеннях енергії.

НУКЛЕОСИНТЕЗ ЯДЕРНОЇ МАТЕРІЇ: ЕНТРОПІЙНІ ЕФЕКТИ

¹Маслюк В.Т., ²Скакун Є.О., ²Семісалов І.Л., ¹Романюк М.І.

¹*Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород*

²*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

Відомими є напрямки теорії нуклеосинтезу, які розглядають утворення ядерної матерії як сукупність атомних ядер довільної маси (A) та заряду (Z) внаслідок каскадів g - та s - процесів, відповідальних за утворення легких та тяжких хімічних елементів. Інший напрямок нуклеосинтезу, запропонований в попередніх роботах, див. [1], який виходить із умов дисипації гіпотетичної ядерної матерії, що мають значні величини ($>10^{30} - 10^{50}$) атомних мас та зарядів.

В даній роботі показано, що умови формування каналів розпаду ядерної матерії діапазону порядку $10^3 - 10^4$ їх атомних мас/зарядів мають враховувати ентропійні ефекти, тобто виродження станів синтезованих ядер при врахуванні різних схем їх реалізації. Для дослідження використано кольорову статистику ядерної матерії та 2-х урнову модель формування уламків поділу. Результати отримано як при застосуванні масових формул, так і відомих систематик оцінки енергій зв'язку утворених ядерних комплексів.

Показано, що цей підхід може бути корисним для пояснення домінантної кількості актинідних ядер при розпаді ядерної матерії, уламки поділу яких формують ізотопний та хімічний склад небесних тіл.

1. В.Т. Маслюк, Є.О. Скакун, М.І. Романюк Нуклеосинтез навпаки: від ядерної матерії до атомних ядер // Міжнародна конференція «Ужгородська школа з атомної фізики та квантової електроніки» до 100-річчя від дня народження професора Івана Прохоровича Запісочного. Ужгород, 26-27 травня 2022 р. ISBN 978-617-7798-90-2. С. 343-347.

ПОШУК CP ІНВАРІАНТНОСТІ ПРИ КОРЕЛЯЦІЇ БОТТОМ-КВАРКІВ У ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННІЙ АНІГІЛЯЦІЇ

І.В. Трутень¹, О.Ю. Корчин^{1,2}

¹ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

Мета роботи полягає у вивченні ефектів порушення CP інваріантності у процесі e^+e^- анігіляції з орієнтуванням на майбутній електрон-позитронний колайдер CLIC (380 GeV). В основі лежить дослідження електрон-позитронної анігіляції у пару топ-кварків, які завдяки своїм властивостям розпадаються на більш легкі боттом-кварки та W-бозони. Для врахування порушення CP інваріантності модифікується лагранжіан взаємодії кварків з частинками переносниками взаємодії -- фотоном і Z-бозоном, шляхом включення доданків пропорційних електричному дипольному моменту та слабкому електричному дипольному моменту, відповідно.

Отримано переріз процесу, як функція декількох важливих змінних, а саме: енергії боттом-кварків та електронів, поляризації початкових електронів, скалярних та псевдо-скалярних констант, які обумовлюють появу ефектів CP порушення. Проаналізовані асиметрії відносно енергії боттом-кварків з урахуванням різних значень поляризації початкових електронів.

Секція 2. Фундаментальні дослідження при проміжних і високих енергіях

АКТИВАЦІЙНІ ВИХОДИ ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ НА ЯДРАХ ІЗОТОПІВ ОЛОВА ^{118}Sn ТА ^{124}Sn В ПРИПОРОГОВІЙ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ

Є. Скакун, І. Семісалов, І. Гончаров, С. Карпусь, А. Чеховська

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Дослідження ядерних реакцій, що викликаються фотонами, важливі для розуміння структури ядра та ядерних взаємодій, тобто для фундаментальної ядерної фізики, а експериментальні дані щодо фотоядерних реакцій мають широке коло практичних застосувань та сприяють розвитку суміжних наук. Зокрема інтегральні виходи та/або поперечні перерізи фотоядерних реакцій, потрібні для моделювання процесів нуклеосинтезу у Всесвіті. Фотоядерні реакції відіграють вирішальну роль у зоряному нуклеосинтезі так званих р-ядер [1] ~ 35-ти спостережуваних в природі стабільних ядер, які, завдяки особливостям деяких ізобарних ланцюжків на діаграмі долини стабільності нуклідів, не могли утворитися в реакціях повільного чи швидкого захоплення нейтронів (s- та r-процеси) [2,3], в результаті яких утворилася переважна більшість атомних ядер середньої та важкої маси.

В роботі, що представляється, доповідаються результати експериментальних вимірювань та теоретичних розрахунків в рамках статистичної теорії Хаузера-Фещбаха інтегральних виходів фотоядерних реакцій $^{118}\text{Sn}(\gamma, n)^{117\text{m}}\text{Sn}$ та $^{124}\text{Sn}(\gamma, n)^{123\text{m}}\text{Sn}$ в області енергій γ -квантів, важливих для дослідження зіркового нуклеосинтезу. В експериментальних дослідженнях використано фотоактиваційну методику вимірювань. Опромінення мішеней виконувались гальмівним потоком фотонів лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-300 ННЦ ХФТІ (Харків), а вимірювання та аналіз утворених активностей \square методом високорозподільної offline γ -спектрометрії.

Особливістю вивчаємих реакцій є утворення кінцевих ядер в ізомерних станах, що підвищує можливості подальшого вдосконалення параметризації статистичної теорії, зокрема ролі щільності рівнів ядра та її спінової залежності.

Теоретичні розрахунки було виконано з використанням відомого комп'ютерного коду TALYS [4] з різними моделями щільності рівнів ядра та радіаційної силової функції. Кращим посвідченням можна вважати модель зі зворотним зміщенням [5] для щільності рівнів та модель узагальненого Лоренціана Копецького-Уля [6] для радіаційної силової функції.

1. T. Rauscher. // *Nuclei in the Cosmos XI*, Heidelberg, Ed. by K. Blaum, N. Christlieb, G. Martinez-Pinedo. *Proceedings of Science, PoS(NIC XI) 059* (2010).

2. E.M. Burbidge, G.R. Burbidge, W.A. Fowler and F. Hoyle. // *Rev. Mod. Phys.*, v.29, 547 (1957).

3. A.G.W. Cameron. // Publications of the Astronomical Society of the Pacific, v.69, 201 (1957).
- 4, A.J. Koning and D. Rochman. // Nucl. Data Sheets, v.113, 2841 (2012).
5. W. Dilg, W. Schantl, H. Vonach and M. Uhl. // Nucl. Phys. v. A 217, 269 (1973).

ВПЛИВ КАСКАДНИХ ПЕРЕХОДІВ НА ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОАКТИВНОСТІ ЗРАЗКА МЕТОДОМ ГАМА-СПЕКТРОМЕТРІЇ

І. Семісалов, Є. Скакун, С. Карпусь, А. Чеховська

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В даний час високорозподільна напівпровідникова гама-спектрометрія широко використовується для визначення інтенсивностей гамма-випромінювання як в ядерних реакціях, так і при розпаді довгоживучих радіоактивних ядер. Аналізуючи енергетичні спектри гама-променів фахівці зазвичай використовують піки повного поглинання фотонів в детекторі, кожному з яких відповідає певний гама-перехід, що з'єднує два стани одного і того ж ядра. Якщо експериментатор націлений на високу точність вимірювань, треба враховувати апаратний ефект сумування гама-інтенсивностей миттєвих радіаційних переходів в тому самому ядрі і визначити та ввести відповідні поправки. Поправки можуть бути двох типів: 1) на випадкові збіги (співпадіння) та 2) на збіги, викликані сумуванням каскадних фотонів.

У першому випадку за низької інтенсивності гамма-випромінювання поправка на випадкові збіги достатньо мала і її легко врахувати за існуючими формулами.

У другому випадку можуть мати місце два типи ефектів сумування: 1) фотон з енергією E_0 реєструється разом з іншим фотоном протягом часу розподільної здатності спектрометра і вибуває з піку повного поглинання і 2) два каскадні фотони з енергіями E_1 та E_2 ($E_1+E_2=E_0$) повністю поглинаються в кристалі детектора. Ця друга подія реєструється як один гама-квант з енергією E_0 . Інтенсивність досліджуемого піку повного поглинання зменшується за рахунок ефекту 1-го типу та збільшується за рахунок ефекту 2-го типу. Ця поправка не залежить від швидкості набору статистики. Натомість ймовірність таких ефектів сумування зростає зі зменшенням відстані між джерелом та детектором. Тобто найкраще проводити виміри на такій відстані від детектора, яка не потребує враховувати вплив цього ефекту. Особливо велике значення ця поправка має при вимірюваннях активності зразків з низькою інтенсивністю випромінювання, бо в цьому випадку доводиться розміщувати їх близько до детектора.

У цій роботі ми експериментально дослідили поправки на ефект сумування при визначенні виходів реакції $^{112}\text{Sn}(\gamma, n)^{111}\text{Sn}$ в області гігантського резонансу. Активність зразка, опроміненого потоком тормозних гамма-квантів, була виміряна за допомогою HPGe спектрометра на двох відстанях “джерело-детектор”: перша відстань достатньо велика, щоб поправку на ефект сумування не враховувати, а друга дорівнювала нулю. Співвідношення інтенсивностей на цих відстанях дозволяє визначити поправку на ефект сумування для кожної гамма-лінії. Визначені таким чином поправки використовуються в подальшій роботі.

ВИМІРЮВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ РЕАКЦІЇ РАДІАЦІЙНОГО
ЗАХВАТУ ПРОТОНІВ ЯДРАМИ ІЗОТОПІВ ХРОМУ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЇ
ПРОТОНІВ 1,2-2,8 MeV

В.М. Бондаренко, В.І. Сухоставець, М.О. Кочнев, С.М. Утенков

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Були проведені експериментальні дослідження по вимірюванню диференціальних перерізів реакції радіаційного захоплення протонів ядрами ізоотопів хрому в області енергії протонів 1,2-2,8 MeV на діючому електростатичному прискорювачі «ЕСП-5» ННЦ ХФТІ.

На основі аналізу спектрів радіаційного захоплення протонів ядрами ізоотопу ^{52}Cr були виділені гамма-переходи з низьколежачих збуджених станів в основний стан дочірнього ядра ^{53}Mn , з енергіями 378 кеВ, 1290 кеВ та 1441 кеВ. Обробка гамма-спектрів проводилася за різними програмами гамма-спектрального аналізу для отримання найбільш достовірних даних. Розраховані виходи реакції $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$ використовувалися у формулах розрахунку перерізів реакції радіаційного захоплення протонів та отримані дані були відправлені до міжнародної бази ядерних даних IBANDL, яка містить дані для елементного аналізу. Наступна обробка отриманих спектрів за гамма-лініями 1290 кеВ і 1441 кеВ дозволить отримати інформацію о парціальних перерізів реакції $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$ та розрахувати радіаційні силові функції в ядрі ^{53}Mn , що необхідно для наповнення ядерної бази даних NNDC.

Із оцінки перерізів реакції (p,γ) на ізотопах ^{50}Cr , ^{53}Cr , ^{54}Cr зроблено висновок про проведення додаткових експериментальних досліджень на збагачених мішенях для суттєвого покращення точності результатів.

МАГНІТНИЙ ДИПОЛЬНИЙ РЕЗОНАНС У ЯДРАХ *sd*-ОБОЛОНКИ
О.С. Качан, С.М. Утенков

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Були проведені експериментальні дослідження по вимірюванню диференціальних перерізів реакції радіаційного захоплення протонів ядрами ізотопів хрому в області енергії протонів 1,2-2,8 МеВ на діючому електростатичному прискорювачі «ЕСП-5» ІНЦ ХФТІ.

На основі аналізу спектрів радіаційного захоплення протонів ядрами ізотопу ^{52}Cr були виділені гамма-переходи з низьколежачих збуджених станів в основний стан дочірнього ядра ^{53}Mn , з енергіями 378 кеВ, 1290 кеВ та 1441 кеВ. Обробка гамма-спектрів проводилася за різними програмами гамма-спектрального аналізу для отримання найбільш достовірних даних. Розраховані виходи реакції $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$ використовувалися у формулах розрахунку перерізів реакції радіаційного захоплення протонів та отримані дані були відправлені до міжнародної бази ядерних даних IBANDL, яка містить дані для елементного аналізу. Наступна обробка отриманих спектрів за гамма-лініями 1290 кеВ і 1441 кеВ дозволить отримати інформацію о парціальних перерізів реакції $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$ та розрахувати радіаційні силові функції в ядрі ^{53}Mn , що необхідно для наповнення ядерної бази даних NNDC.

Із оцінки перерізів реакції (p,γ) на ізотопах ^{50}Cr , ^{53}Cr , ^{54}Cr зроблено висновок про проведення додаткових експериментальних досліджень на збагачених мішенях для суттєвого покращення точності результатів.

ЧИСЕЛЬНІ РОЗРАХУНКИ РСФ У НЕЙТРОНО-НАДЛИШКОВИХ ЯДРАХ
pf-ОБОЛОНКИ

С.М. Утенков, О.С. Качан, М.О. Кочнев

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

В останні роки значно зріс інтерес до вивчення енергетичної залежності радіаційних силових функцій (РСФ) у середніх та важких ядрах. Ці функції необхідні розробки теоретичних моделей, що описують структуру, зміна форми та різні деформації ядер, визначення енергій і амплітуд колективних збуджень, парціальних і повних перерізів реакцій та інших. Відсутність експериментальних даних з нейтронолишковим ядрам стримує розвиток теоретичних моделей.

Розрахунки РСФ (p, γ)-реакції були виконані за допомогою комп'ютерного коду TEREL, розробленого в ННЦ ХФТІ. Апробування даного комп'ютерного коду на розрахунках РСФ великого масиву середніх ядер показує адекватне опис експериментальних даних у всьому досліджуваному інтервалі енергій протонів.

Виконані оціночні розрахунки енергетичної залежності РСФ у більш ніж десяти нейтроно-надлишкових ядрах *pf*- оболонки, наприклад ^{62}Cr , ^{68}Fe , ^{75}Cu , ^{78}Zn та інші.

ЦИФРОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІИ $^{14}\text{N}(\gamma, 2\alpha)^6\text{Li}$
С.М. Афанасьєв¹, І.О. Афанасьєва²

¹ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України
²Харківський Національний Університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Виконано систематичне дослідження реакції $^{14}\text{N}(\gamma, 2\alpha)^6\text{Li}$. Події розташовуються на цифрових стереокадрах фотоядерних реакцій, отриманих при фотографуванні трекового 4π -детектора [1]. Для отримання фізичних параметрів подій на мові програмування Python створено спеціалізований графічний застосунок з можливістю автоматичного виміру координат точок уздовж треків на цифрових фотокадрах. Основною процедурою є аналіз інтенсивності пікселів в області вершини події. Розроблено два алгоритми –пошук кута вильоту кожного трека і послідовне просування скануючого відрізка вздовж відповідного трека.

Визначена енергія збудження 2α -частинкової системи і виявлена структура з двома максимумами. Структура утворюється або внаслідок розпаду проміжного збудженого стану ядра ^8Be або симулюється однією з фонових пар при розпаді проміжного збудженого стану ядра ^{10}B .

Створена кінематична схема розрахунку фізичних параметрів реакції в припущенні двочастинкової моди розпаду з утворенням проміжного збудженого стану. Виконано порівняння експериментальних даних і кінематичного розрахунку і визначено, що з високою достовірністю йде процес розпаду з утворенням проміжного збудженого ядра ^8Be в основному і $1^{\text{му}}$ збудженому станах.

1. S.N. Afanasiev, I.A. Afanasieva. Digital processing of photos from 4π track detector // PAST. 2022, No. 5.p. 87-91.

СТАН ХОЙЛА ЯДРА ^{12}C У РЕАКЦІЇ $^{14}\text{N}(\gamma, \text{pr})3\alpha$
Афанасьєв С.М

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Методом трекового 4π -детектора (дифузійна камера в магнітному полі на пучку гальмівних фотонів з $E_{\gamma}^{\text{max}} = 150 \text{ MeV}$) виконано дослідження реакції $^{14}\text{N}(\gamma, \text{pr})3\alpha$. Проведено аналіз розподілів подій за енергією збудження 2^x і 3^x α -частинок. У 2^x α -частинковому розподілі виявлено і виділено канал утворення основного стану ядра ^8Be . Для подій, що відповідають цьому каналу, побудовано розподіл подій за енергією збудження трьох α -частинок. У біляпороговій 3^x α -частинковій області виявлено пік, який може відповідати стану Хойла ядра ^{12}C .

Таким чином, виділено парціальний канал реакції $^{14}\text{N}(\gamma, \text{pr})^{12}\text{C}^*$ з подальшим двочастинковим розпадом $^{12}\text{C}^*$ на $\alpha_1 + ^8\text{Be}_0$. Виконано аналіз енергетичних і кутових розподілів α -частинок на різних етапах утворення. Кутові розподіли в системі центра мас ядра ^{12}C є ізотропними і це дозволяє зробити висновок про те, що квантові характеристики ядра ^{12}C $J^{\pi} = 0^+$. Також показано, що енергія α -частинки, що супроводжує утворення основного стану ядра ^8Be , має найбільше значення.

Раніше, у фотоядерних реакціях, канал утворення стану Хойла ядра ^{12}C не виділявся.

ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕРІЗИ ФОТОПРОТОННИХ ТА ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ НА ТАНТАЛІ ПРИ ЕНЕРГІЇ ДО 100 МеВ

І.С. Тімченко¹, О.С. Деєв¹, С.М. Олійник¹, С.М. Потін¹, В.А. Кушнір¹,
В.В. Митроченко¹, С.О. Пережогін¹, А. Герзань²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут фізики Словацької академії наук, Братислава, Словаччина

Досліджено фотоутворення метастабільного ізотопу гафнію в реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$ при граничних енергіях гальмівного випромінювання $E_{\gamma\text{max}}$ до 100 МеВ. Експеримент проводився на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з використанням активаційного γ -спектрометричного методу. Експериментальні значення усереднених за гальмівним потоком перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{m}}$ для реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$ визначено за γ -переходами з енергіями $E_{\gamma} = 443,09$ та $500,64$ кеВ. Поток гальмівного випромінювання на мішені розраховували для реальних умов експерименту за допомогою коду GEANT4.9.2 і додатково контролювали за виходом реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$.

Отримані значення перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{m}}$ порівнювалися з літературними даними з роботи [1] і було показано задовільне узгодження. У той же час усі експериментальні результати значно перевищують теоретичні значення $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{th}}$, які були розраховані з використанням перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95 для шести різних моделей щільності рівнів LD 1-6.

Значення експериментальних середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{m}}$ для реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$ при енергіях $E_{\gamma\text{max}}$ вище 55 МеВ отримано уперше.

Проведено порівняльний аналіз розрахованих повних перерізів реакцій $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$ та $^{181}\text{Ta}(\gamma, n)^{180}\text{Ta}$ [2]. Для цього використано ізоспінові правила відбору [3] та здобуті експериментальні перерізи реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$. Показано, що відношення сил фотопротонної (γ, p) до фотонейтронної (γ, n) реакцій узгоджується з оцінкою за правилами відбору ізоспіну та значенням, що отримано в експерименті ($e, e'p$) [4].

1. V.A. Zheltonozhsky, A.M. Savrasov, M.V. Zheltonozhskaya, A.P. Chernyaev. Excitation of $^{180}\text{Hf-m}$ with (γ, p) reaction // Eur. Phys. Jour. A57 (2021) 121, doi.org/10.1140/epja/s10050-021-00432-9.

2. O.S. Deiev, I.S. Timchenko, S.N. Olejnik, et al. Cross sections of photoneutron reactions on ^{181}Ta at $E_{\gamma\text{max}}$ up to 95 MeV // Phys. Rev. C106 (2022) 024617, arXiv:2111.13904, doi.org/10.1103/PhysRevC.106.024617.

3. S. Fallieros and B. Goulard. Isovector excitations in nuclei // Nucl. Phys. A147 (1970) 593, [doi.org/10.1016/0375-9474\(70\)90602-0](https://doi.org/10.1016/0375-9474(70)90602-0).

4. K. Shoda. Isospin effect in photoproton reaction on heavy nuclei // Phys. Rep. 53 (1979) 341.

ІЗОМЕРНА ПАРА ^{95g}Nb ТА ^{95m}Nb У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА ПРИРОДНОМУ МОЛІБДЕНІ ПРИ ЕНЕРГІЇ 35-95 МеВ

І.С. Тімченко, О.С. Десв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір,
В.В. Митроченко, С.О. Пережогін

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Вивчено утворення ізомерної пари ^{95g}Nb і ^{95m}Nb у фотоядерних реакціях на природному молібдені при граничних енергіях гальмівного випромінювання $E_{\gamma\text{max}} = 35\text{--}95$ МеВ. Експеримент проводився на лінійному прискорювачі електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з використанням активаційного γ -спектрометричного методу. Експериментальні значення ізомерного відношення $d(E_{\gamma\text{max}})$ ядер-продуктів ^{95g}Nb та ^{95m}Nb отримано за формулами [1, 2], які дають можливість врахувати накопичення ядер ^{95g}Nb за рахунок внутрішнього переходу з ізомерного до основного стану. Визначено усереднені за потоком перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_m$ для утворення ядра ^{95m}Nb в ізомерному стані. Це дало змогу оцінити повні експериментальні перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{natMo}(\gamma,pxn)^{95}\text{Nb}}$.

Теоретичні значення $d(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}}$ і $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{th}}$ були розраховані з використанням перерізів $\sigma(E)$ для монохроматичних фотонів із коду TALYS1.95. Поток гамма-квантів гальмівного випромінювання на мішені розраховували для реальних умов експерименту за допомогою коду GEANT4.9.2 і додатково контролювали за виходом реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$.

Отримані значення $d(E_{\gamma\text{max}})$ для ядер-продуктів реакції $^{\text{natMo}}(\gamma,pxn)^{95g,m}\text{Nb}$ порівнювалися з наявними в літературі даними [3] та результатами розрахунку за програмою TALYS1.95. Визначено розрахунковий внесок реакції $^{96}\text{Mo}(\gamma,p)$ у фотоутворення ядер $^{95g,m}\text{Nb}$ на природному молібдені.

1. R Vanska and R Rieppo, The experimental isomeric cross-section ratio in the nuclear activation technique // Nucl. Instrum. Meth. 179 (1981) 525-532.

2. S.R. Palvanov, Zh. Rakhmonov, M. Kajumov, et al. Isomeric Yield Ratios of the (γ, n) and $(n,2n)$ Reactions on Nuclei of ^{110}Pd , ^{142}Nd , and ^{144}Sm // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics 75 (2011) 222-225.

3. K.S. Kim, MD. Shakilur Rahman, M. Lee, et al. Measurement of isomeric yield ratios for $^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89m,g}\text{Nb}$ and $^{\text{natMo}}(\gamma,xnp)^{95m,g}\text{Nb}$ reactions with 50-, 60-, and 70-MeV bremsstrahlung // J Radioanal Nucl Chem 287 (2011) 869-877, DOI 10.1007/s10967-010-0839-3.

ФОТОЯДЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ЕНЕРГІЯХ 35-100 МеВ У НДК
«ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ

І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір,
В.В. Митроченко, С.О. Пережогін, В.А. Бочаров, М.І. Айзацький, Б.І. Шраменко,
Л.П. Корда, Є.Л. Куплеников

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

У НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ проводяться дослідження багаточастинкових фотоядерних реакцій на лінійному прискорювачі електронів ЛПЕ-40 для ядер з атомною масою $25 < A < 190$ при граничних енергіях гальмівного випромінювання $E_{\gamma\text{max}}$ до 100 МеВ. Для отримання експериментальних значень поперечних перерізів використовується активаційний γ -спектрометричний метод. Моделювання потоку гальмівного випромінювання, що падає на мішень, проводилось за допомогою коду GEANT4.9.2 з урахуванням реальної геометрії експерименту та розподілу енергії в електронному пучку.

У доповіді наведено експериментальні результати для усереднених за потоком гальмівного випромінювання перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ та ізомерних відношень $d(E_{\gamma\text{max}})$ ядер-продуктів фотоядерних реакцій на ядрах $^{\text{nat}}\text{Mo}$, $^{\text{nat}}\text{Ni}$, ^{181}Ta , ^{93}Nb , $^{\text{nat}}\text{Cu}$ та ^{27}Al . Показано результати порівняння з літературними даними та розрахованими значеннями з використанням перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95 для шести моделей щільності рівнів ядра [1].

В експериментах використовували дві різні експериментальні установки. У першій для очищення гальмівного γ -потoku від електронів застосовувався алюмінієвий поглинач, у другому – відхиляючий магніт [2]. Було проведено порівняння усереднених перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$, виміряних на двох експериментальних установках [3], і було показано гарне узгодження між отриманими результатами.

Розглянуто можливість використання реакцій $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$, $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{24}\text{Na}$, $^{93}\text{Nb}(\gamma, n)^{92\text{m}}\text{Nb}$, $^{93}\text{Nb}(\gamma, 3n)^{90}\text{Nb}$, і $^{181}\text{Ta}(\gamma, n)^{180\text{g}}\text{Ta}$ у якості моніторів гальмівного γ -потoku. Переваги та недоліки застосування цих моніторних реакцій досліджено для діапазону енергій 30 – 100 МеВ.

Результати проведених експериментів представлені в міжнародній базі даних EXFOR [4].

1. A.J. Koning, S. Hilaire, M.C. Duijvestijn. TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling // AIP Conf. Proc. 769 (2005) 1154-1159, <http://www.talys.eu>.

2. V.V. Mytrochenko, L.I. Selivanov, V.Ph. Zhyglo, et al. Magnetic system for cleaning the gamma beam at the LUE-40 linac output // Probl. Atom. Scien. Techn. 3 (2022) 62-67, doi.org/10.46813/2022-139-062.

3. O.S. Deiev, I.S. Timchenko, S.M. Olejnik, et al. Photonuclear reactions cross section at energies up to 100 MeV for different experimental setups // Probl. Atom. Sci. Techn. 5 (2022) 11-18, doi.org/10.46813/2022-141-011

4. IAEA NDS database "Experimental Nuclear Reaction Data (EXFOR)", <http://www-nds.iaea.org/exfor>; USA NNDC database "CSISRS and EXFOR Nuclear Reaction Experimental Data", <http://www.nndc.bnl.gov/exfor/exfor00.htm>.

ФОТОУТВОРЕННЯ ІЗОТОПІВ КОБАЛЬТУ В ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ

${}^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma, p, xn)^{55,56,57,58}\text{Co}$

І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір,
В.В. Митроченко, С.О. Пережогін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Інтерес до досліджень фотоядерних реакцій з ізотопами нікелю зумовлений кількома факторами. Нікель є важливим конструкційним матеріалом та матеріалом поверхневого покриття, який використовується в прискорювальних ядерних технологіях і підкритичних системах, керованих прискорювачами [1]. Нікель також використовується як мішень для виробництва медичних ізотопів або радіофармацевтичних препаратів, а також радіоактивних джерел. Радіонукліди ${}^{56}\text{Co}$, ${}^{57}\text{Co}$ і ${}^{58}\text{Co}$ корисні для синтезу радіофармацевтичних препаратів, дослідницьких цілей та для застосування в радіотерапії.

Розрахунок середніх за потоком перерізів ($\sigma(E_{\gamma\text{max}})$) фотоядерних реакцій ${}^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma, p, xn)^{55,56,57,58}\text{Co}$ проводили для всіх стабільних ізотопів нікелю з використанням перерізів $\sigma(E)$ з код TALYS1.95 для різних моделей рівня щільності LD 1–6. Потік гамма-квантів гальмівного випромінювання, що впав на мішень, розраховували за програмою GEANT4.9.2 для реальних умов експерименту на лінійному прискорювачі електронів ЛУЕ-40 НДЦ «Прискорювач» ННЦ ХФТІ [2].

Отримано попередні значення експериментальних середніх перерізів фототворення ізотопів кобальту на природному нікелі при кінцевій енергії гальмівного випромінювання $E_{\gamma\text{max}}$ до 100 МеВ. Результати розрахунків та експерименту порівнюють з даними [3].

Розраховано виходи ядер ${}^{55,56,57,58}\text{Co}$ у фотоядерних реакціях на всіх стабільних ізотопах нікелю та визначено домінуючі канали реакції у діапазоні досліджуваних енергій.

1. A.N. Vodin, P.A. Demchenko, A.Yu. Zelinsky, et al. Status of the existing accelerators and new accelerator projects // Probl. Atom. Scien. Techn. 6 (2013) 3.

2. M.I. Aizatskiy, V.I. Beloglazov, V.N. Boriskinet, et al. State and prospects of the linac of nuclear-physics complex with energy of electrons up to 100 MeV // Probl. Atom. Scien. Techn. 3 (2014) 60.

3. M. Zaman, G. Kim, H. Naik, et al. Flux weighted average cross-sections of ${}^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma, x)$ reactions with the bremsstrahlung end-point energies of 55, 59, 61 and 65 MeV // [Nucl. Phys. A](#)978 (2018) 173-186.

ІЗОМЕРНІ ПАРИ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА ЯДРАХ In і Rh
І.С. Тімченко, О.С. Десв, С.М. Олійник, С.М. Потін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Особливий інтерес представляють ядра з ізомерним (m) і нестабільним основним (g) станами, оскільки вони дозволяють вивчити заселення метастабільних станів цього ядра відносно його основного стану, тобто отримати ізомерне відношення продуктів реакції. Дані про ізомерні відношення продуктів реакції дозволяють досліджувати питання, що пов'язані з ядерними реакціями і структурою ядра, такі як спінова залежність щільності ядерних рівнів, передача моменту імпульсу, спарювання нуклонів, оболонкові ефекти, уточнювати теорію гамма-переходів і проводити перевірку теоретичних моделей ядра. Дослідження ізомерних відношень за допомогою фотоядерних реакцій має перевагу, оскільки γ -квант вносить малий кутовий момент і не змінює нуклонний склад кінцевого ядра.

В експериментах з використанням потоку гальмівного випромінювання величина $d(E_{\gamma\max})$ вимірюється як відношення середніх за потоком перерізів утворення продуктів реакції кінцевого ядра в ізомерному та основному станах:
$$d(E_{\gamma\max}) = \langle \sigma(E_{\gamma\max}) \rangle_m / \langle \sigma(E_{\gamma\max}) \rangle_g.$$

У цій роботі розглядаються ізомерні пари ядер, які є продуктами фотоядерних реакцій на ядрах індію та родію. Розрахунок ізомерних відношень $d(E_{\gamma\max})$ проводили за перерізами $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95. Усереднені за потоком перерізи $\langle \sigma(E_{\gamma\max}) \rangle$ були оцінені за допомогою потоку гальмівного випромінювання, отриманого шляхом моделювання в програмі GEANT4.9.2. Оцінено внесок конкуруючих реакцій на різних ізотопах In у сумарний вихід досліджуваних реакцій.

Розраховані значення $d(E_{\gamma\max})$ порівнювали з даними з бази даних EXFOR.

ДЕФОРМАЦІЯ НЕПАРНИХ ЯДЕР ^{23}Na , ^{25}Mg та ^{25}Al В ОДНОЧАСТИНКОВИХ СТАНАХ

В.Ю. Корда¹, Л.П. Корда², В.Ф. Клепиков¹, І.С. Тімченко²

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України*

²*ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

За допомогою розробленого нами нового еволюційного підходу /1,2/ форми непарних ядер 2s1d оболонки ^{23}Na , ^{25}Mg та ^{25}Al в основних та одночастинкових збуджених станах визначені з експериментальних даних про енергії, спіни та парності цих станів, а також виміряних ймовірностей електромагнітних переходів між ними. Показано, що вивчені ядра є по-різному деформованими в їхніх одночастинкових станах, а внесок гексадекапольної деформації не є малим порівняно з внеском квадрупольної деформації. В одночастинкових спектрах досліджених ядер знайдені окремі стани та послідовності станів з аномально малою деформацією. Це свідчить про наявність фазових переходів із сферичного стану ядра в деформований стан.

1. V.Yu. Korda, I.S. Timchenko, L.P. Korda, O.S. Deiev, and V.F. Klepikov // Nucl. Phys. A 1025 (2022) 122480.

2. V.Yu. Korda, A.S. Molev, and L.P. Korda // Phys. Rev. C72 (2005) 014611.

АНАЛІЗ ПРУЖНОГО α - ^{58}Ni РОЗСІЯННЯ В ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ
100-699 MeV В S-МАТРИЧНІЙ МОДЕЛІ

Ю.А. Бережной, П.Е. Кузнецов, Г.М. Онищенко, А.В. Анатайчук

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

У роботі проаналізовано пружне розсіювання α -частинок на ядрах ^{58}Ni при енергіях 26–174 MeV/нуклон з використанням оригінальної шести-параметричної S-матричної моделі [1] з урахуванням кулонівської взаємодії та ефектів сильного ядерного поглинання та заломлення розсіяних хвиль. Проведено обробку експериментальних даних для енергій α -частинок: 104, 139, 172.5, 240, 288, 340, 386, 480 і 699 MeV. Розбиття амплітуди розсіювання на «ближню» та «дальню» компоненти [2] дозволило дослідити дифракційну картину розсіювання яка є наслідком інтерференції цих субамплітуд. Досліджено енергетичну залежність параметрів моделі, диференціального та повного перерізів реакції, кутів перетину «ближньої» та «дальної» складових амплітуди розсіювання («Фраунгоферового перетину»), кутів ядерної райдуги.

Показано, що лінійні розміри зони сильного поглинання та ядерного заломлення $L_{0,1}/k$, їх параметри дифузності $\Delta_{0,1}/k$ та коефіцієнт прозорості ядерної матерії є підпорядковані лінійній залежності від енергії що відповідає результатам аналогічних досліджень на інших ядрах [3,4]. Отримано параметри експоненціальної залежності для параметру ядерної дифракції δ_1 та для кутів ядерної райдуги θ_r й фраунгоферового перетину θ_{cr} . Також в роботі наведено залежності квантової функції відхилення та модуля S матриці від квазікласичного прицільного параметру для усіх досліджуваних енергій. Отримані результати порівнюються з розрахункам на основі оптичної моделі.

1. Yu.A. Berezhnoy, and V.V. Pilipenko, “Analysis of refraction effects in nuclear scattering on the basis of the S–matrix approach”, Mod. Phys. Lett. A, 10 (3), 2305 (1995). <https://doi.org/10.1142/S0217732395002465>

2. R.C. Fuller, “Qualitative behavior of heavy-ion elastic scattering angular distributions”, Phys. Rev. C, 12, 1561 (1975). <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.12.1561>

3. Yu.A. Berezhnoy et al. “Analysis of α - ^{208}Pb elastic scattering in a wide energy range by the S-matrix model” East European Journal of Physics, 4, p. 48-56 (2022) <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2022-4>

4. Yu.A. Berezhnoy, G.M. Onyshchenko, and V.V. Pilipenko, “Analysis of α - ^{12}C elastic scattering at intermediate energies by the S-matrix model”, Int. J. Mod. Phys. E, 26(5), 1750027 (2017). <https://doi.org/10.1142/S0218301317500276>

АЛЬФА-РОЗПАД ІЗОТОПІВ НЕОДИМУ

Н.В. Сокур¹, П. Беллі^{2,3}, Р. Бернабей^{2,3}, Р.С. Бойко^{1,4}, Ф. Капелла^{5,6},
В. Карачіоло^{2,3}, Р. Черуллі^{2,3}, Ф.А. Даневич^{1,2}, А. Інчікитті^{5,6}, Д.В. Касперович¹,
В.В. Кобичев¹, М. Лаубенштайн⁷, А. Леончіні^{2,3}, В. Мерло^{2,3}, О.Г. Поліщук^{1,5},
В.І. Третьак^{1,7}

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Національний інститут ядерної фізики, відділення у Римі "Тор Вергата",
Рим, Італія

³ Римський університет "Тор Вергата", Рим, Італія

⁴ Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна

⁵ Національний інститут ядерної фізики, відділення у Римі, Рим, Італія

⁶ Римський університет "Ла Сап'єнца", Рим, Італія

⁷ Національна лабораторія Гран-Сассо, Ассерджі, Італія

Альфа-розпад можливий у п'яти із семи природних ізотопів неодиму з теоретичними оцінками періодів напіврозпаду від 2.3×10^{15} р. (альфа-розпад ^{144}Nd на основний стан дочірнього ядра [1]) до 9.5×10^{121} р. при розпаді цього ж ядра на перший збуджений рівень. У даній роботі пошук альфа-розпадів із вильотом γ -квантів зі зразка Nd_2O_3 (масою 2.381 кг) вівся з використанням низькофонової установки з чотирма HPGe детекторами, розміщеної у підземній лабораторії Гран-Сассо в Італії. З аналізу даних вимірювань впродовж 51237 годин встановлено обмеження на альфа-переходи в ізотопах ^{143}Nd , ^{145}Nd , ^{146}Nd на 2-3 порядки вищі, ніж досі відомі, у ^{148}Nd пошуки альфа-розпаду були виконані вперше. В роботі також представлено перше обмеження на подвійний альфа-розпад ядра ^{148}Nd .

1. A.A. Sonzogni, Nucl. Data Sheets 93 (2001) 599.

РОЗСІЯННЯ ТА ОДНО-НУКЛОННІ ПЕРЕДАЧІ У ЗІТКНЕННЯХ

^{15}N З ЯДРАМИ ^{12}C ПРИ ЕНЕРГІЇ 81 MeV

А.Т. Рудчик¹, А.А. Рудчик¹, О.Е. Куцик¹, К.Русек², К.В. Кемпер³, Е. П'ясецькі²,
А. Столяж², А. Тшіньска², О.А. Понкратенко¹, І. Строек⁴, Є.І. Коший⁵, А. П. Ільїн¹,
Ю.М. Степаненко¹, В.В. Улещенко¹, Ю.О. Ширма¹

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

³ Університет штату Флорида, Таллахасі, США

⁴ Національний центр ядерних досліджень, Варшава, Польща

⁵ Циклотронний інститут Техаського А&М університету, Коледж-Стейшн,
Техас, США

В рамках одного експерименту на циклотроні С-200Р в Лабораторії важких іонів Варшавського університету з використанням установки ICARE виміряно диференціальні перерізи пружного та непружного $^{15}\text{N}+^{12}\text{C}$ розсіяння при енергії $E_{\text{лаб.}}(^{15}\text{N}) = 81 \text{ MeV}$ **Указан недопустимый источник.**, а також реакцій $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ **Указан недопустимый источник.** та $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{C})^{13}\text{N}$ **Указан недопустимый источник.** для основних та декількох збуджених станів ядер у вихідних каналах.

Отримані експериментальні дані проаналізовані в рамках оптичної моделі та за методом зв'язаних каналів реакцій. В результаті аналізу було отримано параметри потенціалів взаємодії ядер у вхідному та вихідних каналах реакцій. Досліджено внески різних механізмів взаємодії. Встановлено, що в пружному процесі домінує потенціальне розсіяння, а непружне розсіяння зі збудженням рівнів 4,439 MeV (2^+) для ^{12}C та 5,270 MeV ($5/2^+$), 5,299 MeV ($1/2^+$), 6,323 MeV ($3/2^-$), 7,155 MeV ($5/2^+$), 7,301 MeV ($3/2^+$), 7,567 MeV ($7/2^+$), 8,313 MeV ($1/2^+$) та 8,571 MeV ($3/2^+$) для ^{15}N можна описати в припущенні колективної природи відповідних рівнів. В реакціях $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ та $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{C})^{13}\text{N}$ домінують процеси передачі нейтрона та протона, відповідно, а внески інших механізмів незначні.

Текущий документ не содержит источников.

ВИХІД І ПЕРЕРІЗ ФОТОНЕЙТРОННОЇ РЕАКЦІЇ НА ТЕЛУРИ-120

П.С. Деречкей, В.М. Мазур, З.М. Біган, Й.Й. Гайніш.

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Ядра, які звичайно називаються р-ядрами, продукуються через ланцюжок фотоядерних реакцій (γ, n) , (γ, p) , (γ, α) . До р-ядер належить і легкий ізотоп Te^{120} . Нами були вивчені вихід і переріз реакції $^{120}\text{Te}(\gamma, n)^{119}\text{Te}$ в інтервалі максимальних енергій гальмівного гамма-пучка $E_{\gamma\text{max}}=10\div 18$ МеВ.

Вимірювання проводилося на гальмівному гамма-пучку мікротрону М-30 відділу фотоядерних процесів Інституту електронної фізики НАН України. Опромінення дослідних зразків проводилося з кроком 0,5 МеВ. Розкид електронного пучка по енергії не перевищував 30–50 кеВ. Середній струм прискорювача складав 5 мкА.

Для проведення досліджень була використана активаційна методика. Досліджувані мішені були виготовлені у виді дисків склоподібного окису телуру TeO , діаметром 25 мм і товщиною 2 мм, чистотою 99,99 %. Прорахунки реєструючої апаратури були менші 5%.

Паралельно з вимірюванням гамма-ліній від розпаду ^{119}Te проводилося вимірювання гамма-ліній від розпаду ^{129}Te одержаного в реакції $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129\text{m.g}}\text{Te}$, які використовувалися для нормування і калібровки виходів реакцій $^{120}\text{Te}(\gamma, n)^{119}\text{Te}$. В результаті нами були одержані відношення виходу збудження основного стану ізотопу ^{119}Te (Y_1) до виходу збудження основного стану ізотопу ^{129}Te (Y_2): $\eta_1=Y_1/Y_2$. Для всіх ізотопів телуру в реакціях (γ, n) заселялися основні і ізомерні стани. При цьому повний вихід (γ, n) реакції Y_n , зв'язаний з виходами збудження основного Y_g і ізомерного стану Y_m наступним чином: $Y_n = Y_g + Y_m$.

Таким чином, вимірюючи відношення виходів заселення в реакції (γ, n) основних станів ізотопів телуру, ми визначили відношення повних виходів реакції (γ, n) на ізотопі ^{120}Te до повного виходу реакції $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129}\text{Te}$ тобто Y_n^{120}/Y_n^{130} , що дозволило використовуючи переріз реакції $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129}\text{Te}$ (вимірянний раніше в роботі [1]) розрахувати перерізи реакцій $^{120}\text{Te}(\gamma, n)^{119}\text{Te}$. Розрахунок вівся методом оберненої матриці з кроком 1 МеВ. Перерізи мають одногорбу форму з максимумом при енергії ~ 15.4 МеВ

1. Lepretre A., Beil H., Bergere R. et al. A study of the Giant Dipole Resonance in doubly even tellurium and cerium isotopes // Nucl. Phys. – 1976. – V.258A. – p. 350–364)

СТРУКТУРА МАСОВИХ РОЗПОДІЛІВ ВИХОДІВ ПРОДУКТІВ ФОТОПОДІЛУ
²³⁸U ПРИ ЕНЕРГІЇ ГАЛЬМІВНИХ ФОТОНІВ 17.5 МеВ

Є.В. Олейніков, О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинець, В.Т. Маслюк, О.І. Лендел

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Представлено результати експериментальних досліджень масових розподілів 30-ти продуктів фотоподілу U-238 при максимальній енергії гальмівного випромінювання 17.5 МеВ. Стимуляція реакції фотоподілу U-238 проводилася на електронному прискорювачі ІЕФ НАН України – мікротроні М-30. Для розрахунку спектрів фотонів, залишкових електронів та вторинних фотонейтронів, які взаємодіяли з мішенню U-238, був використаний інструментарій GEANT4. Отримані експериментальні результати вказують на наявність тонкої структури в отриманому масовому розподілі виходів продуктів фотоподілу ²³⁸U, що проявляється у збільшених виходах продуктів, локалізованих в області мас 133-134, 139-140 і 143-144. Це узгоджується з існуючими експериментальними даними при близьких енергіях збудження та пов'язано з впливом такої ядерної структури, як близькість замкнених ядерних оболонок і парно-непарний ефекту. Для описання структури масового розподілу запропонована параметрична формула суми трьох гаусів, центри важкості яких локалізовані у максимумах виходів продуктів. Додатково проведено порівняння отриманих експериментальних результатів виходів продуктів фотоподілу ²³⁸U з результатами моделювання програмними кодами GEF-2021.1.1 і Talys1.96. Треба відмітити, що теоретичні значення виходів у загальних рисах описують і прогнозують тонку структуру масового розподілу.

Секція 3. Фундаментальні дослідження процесів взаємодії ультрарелятивістських частинок з монокристалами та речовиною

ГАМА-ВИПРОМІНЮВАННЯ 200 МеВ ЕЛЕКТРОНІВ В КРИСТАЛІ АЛМАЗА ПРІ ПЛОСКОСНІЙ ОРІЄНТАЦІЇ

В.Б. Ганенко¹, Д.Д. Бурдейний¹, В.І. Трутень^{1,2}, Н.Ф. Шульга^{1,2}, К. Fissum³, J. Brudvik⁴, К. Hansen⁴, L. Isaksson³, К. Livingston⁵, М. Lundin⁴, В. Nilsson⁴, В. Schroder^{3,4}

¹ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

³Факультет фізики Лундського університету, Лунд, Швеція

⁴MAX-Lab, Лундський університет, Лунд, Швеція

⁵Факультет фізики та астрономії, університет Глазго, Шотландія, Великобританія

На експериментальній установці MAX-lab виміряно гамма-випромінювання електронів з енергією близько 200 МеВ у кристалі алмазу товщиною 100 мкм. Електрони влітали в кристал уздовж площини (110) під малими кутами до осі $\langle 100 \rangle$. Вимірювання показали, що зі збільшенням кута рух електронів змінюється з надбар’єрного хаотичного на надбар’єрний регулярний, що призводить до зміни механізмів випромінювання електронів і, як наслідок, до зміни спектрів випромінюваних фотонів. Теоретичні розрахунки на основі квазікласичного наближення КЕД добре узгоджуються з експериментальними даними.

НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВТОРИННОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕМІСІЇ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОНІВ ЧЕРЕЗ РЕЧОВИНУ

В.І. Вітько, С.Г. Карпусь, Г.Д. Коваленко, І.Л. Семісалов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

При бомбардуванні металевих поверхонь релятивістськими електронами виникає вторинна електронна емісія, спектри якої мають деякі особливості, загальні для всіх речовин. Зокрема, енергетичні спектри вторинної електронної емісії для початкових релятивістських енергій в області низьких енергій мають максимум в діапазоні до 20 еВ. Цей максимум характеризує групу електронів, званих істинно вторинними.

У цій доповіді представлені виміряні спектри низькоенергетичних електронів, що виникають при бомбардуванні релятивістськими електронами з енергіями в інтервалі 10-30 МеВ в алюмінієвої мішені товщиною 50 мкм.

Вимірювання показали, що вид низькоенергетичних спектрів слабо залежить від початкової енергії. Механізм збудження та виходу вторинних низькоенергетичних електронів приблизно однакові у вказаному діапазоні початкових енергій. Порівняння з такими ж спектрами, отриманими при значно менших енергіях первинних частинок, показало, що при збільшенні початкової енергії ширина спектра на піввисоті зменшується, а положення максимуму практично не змінюється.

Вихід низькоенергетичних електронів із першої поверхні мішені вищий, ніж із другої. Положення максимумів у спектрах низькоенергетичних електронів знаходиться в діапазоні 1,2-1,45 еВ, а ширина спектрів на піввисоті лежить у діапазоні 3-3,6 еВ для початкових енергій релятивістських електронів 10-30 МеВ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА АНОМАЛЬНОЇ ДИФУЗІЇ ПРИ РОЗСІЮВАННІ
ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ПЕРІОДИЧНОМУ ПОЛІ
КРИСТАЛОГРАФІЧНИХ ПЛОЩИН АТОМІВ

М.Ф. Шульга^{1,2}, В.І. Трутень^{1,2}

¹ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

В роботі [1] було показано, що при русі швидких заряджених частинок у полі ланцюжків атомів кристала можливе явище аномальної дифузії, при якому залежність середнього значення квадрата зміщення частинок у площині, ортогональній до ланцюжків атомів, від товщини кристала значно відрізняється від лінійної. В даній роботі показано, що аналогічне явище можливе при розсіюванні частинок великої енергії при їхньому русі у кристалі під малими кутами до кристалографічної площини атомів порядку критичного кута площинного каналювання. Розгляд проведено на підставі чисельного моделювання процесу розсіювання частинок з урахуванням некогерентних ефектів у розсіюванні на теплових коливаннях атомів у кристалічній ґратці.

Показано, що в цьому випадку можливий прояв явища субдифузії частинок у кристалі, при якому послаблюється процес їх багатократного некогерентного розсіювання. Такий ефект має місце як для позитивно, так і негативно заряджених частинок. При збільшенні кута падіння частинок на кристалічні площини атомів від двох значень критичного кута площинного каналювання показник дифузії частинок при розсіюванні наближається до відповідного значення показника дифузії в аморфному середовищі.

1. Greenenko A.A., Chechkin A.V., Shul'ga N.F. Anomalous diffusion and Lévy flights in channeling. *Physics Letters A*. 2004. V. 324. P. 82–85.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДХИЛЕННЯ АНТИПРОТОНІВ З ЕНЕРГІЄЮ 1–14 ГеВ ПРИ ПЛОЩИННОМУ КАНАЛЮВАННІ У ВИГНУТОМУ КРИСТАЛІ ТА ПРИ СТОХАСТИЧНОМУ ВІДХИЛЕННІ

I.V. Kyryllin^{1,2}, M.F. Shul'ga^{1,2}

¹ІННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

В рамках проєкту FAIR в GSI Helmholtz Center for Heavy Ion Research планується створити High Energy Storage Ring (HESR) для накопичення антипротонів в діапазоні кінетичних енергій від ≈ 1 до 14 ГеВ. Ці антипротони будуть використані для майбутнього покоління експериментів із сильною взаємодією. Однак, якщо вдасться вивести частину гало пучка з накопичувального кільця, це дозволить паралельно з основним експериментом проводити низку інших в паразитному режимі, використовуючи антипротони, виведені з прискорювального кільця в окремі експериментальні канали. Використання вигнутих кристалів для відхилення антипротонів може дозволити таке виведення частинок, оскільки існує кілька механізмів відхилення заряджених частинок за допомогою вигнутих кристалів, і серед них є ті, які ефективні для відхилення не тільки позитивно, але й негативно заряджених частинок. Доповідь присвячено результатам дослідження ефективності відхилення вказаних частинок за допомогою стохастичного механізму відхилення та площинного каналювання у вигнутому кристалі.

I.Kyryllin I.V., Shul'ga N.F. Eur. Phys. J. C. 2023. Vol. 83. P. 34 (1–8).

ФУНКЦІЯ РОЗПОДІЛУ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ
УЛЬТРАРЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЇ ПАРИ У ТОНКІЙ
МІШЕНІ ЗА УМОВ ПРОЯВУ ЕФЕКТУ ЧУДАКОВА

С.В. Трофименко

*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна*

Величина іонізаційних втрат енергії частинки у тонкій мішені стохастична та розподілена за певним законом, відомим як розподіл Ландау. Максимум цього розподілу (спектра) відповідає найбільш імовірній величині іонізаційних втрат E_{MP} , яка може помітно відрізнитися від середньої величини іонізаційних втрат частинки у мішені E_{AV} . Раніше спектри іонізаційних втрат всебічно вивчалися для випадку поодинокого проходження частинок пучка крізь мішень. У даній роботі розглянуто спектри іонізаційних втрат електрон-позитронних пар у тонких мішенях, за умов прояву ефекту Чудакова. Даний ефект полягає у зменшенні іонізаційних втрат пари, порівняно з сумою незалежних втрат електрона і позитрона, внаслідок деструктивної інтерференції (взаємного екранування) кулонівських полів частинок, що утворюють пару. Раніше даний ефект вивчався лише для середньої величини іонізаційних втрат пари E_{AV} . У даній роботі отримано функцію розподілу іонізаційних втрат пари, а також вираз для найбільш імовірної величини її втрат E_{MP} . Показано, що ефект Чудакова для величини E_{MP} може бути помітно сильнішим ніж для величини E_{AV} . Отримані результати представлено в роботі [1]. Побудована теорія може бути використана для більш коректного аналізу результатів експерименту [2].

1. Trofymenko S.V. // Eur. Phys. J. C. 2023, v. 83, p. 32.

2. Virkus T. et al. // Phys. Rev. Lett., 2008, v. 100, p. 164802.

ЧАС ЖИТТЯ ПОЗИТРОНА В РАДІАЦІЙНИХ ДЕФЕКТАХ В НАБЛИЖЕННІ СФЕРИЧНО СИМЕТРИЧНОЇ ЯМИ

Ворона М.І., Лебедь О.А.

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Метод спектроскопії часу життя позитронів дає унікальні можливості для дослідження опроміненого матеріалу та визначення концентрацій точкових дефектів. Розвинуто аналітичні підходи для обчислення часу життя позитрона в матеріалі з урахуванням локальних змін електронної густини, що пов'язана з його дефектною структурою. Модифіковано модель Тао-Елдрупа, яка дозволяє аналітично розрахувати час життя позитрона в сферично симетричній потенціальній ямі, на випадок її скінченної висоти. При цьому швидкість анігіляції визначається перекриттям позитронної та електронної густини за рахунок тунелювання через межі потенціальної ями в основний матеріал та всередину ями. Показано, що з ростом висоти потенціальної ями значення часу життя досить швидко зростає і може суттєво перевищувати час життя позитрона в основному об'ємі матеріалу. Розвинена модель дає важливу інформацію для аналізу спектрів часу життя позитронів в опромінених матеріалах та дані для верифікації кількісних розрахунків часу життя позитрона методами функціоналу щільності, що широко використовується для таких задач.

Секція 4. Фізика та техніка детекторів випромінювань

РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ
МАГНІТНОГО СПЕКТРОМЕТРА ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ ЛУ-30

Г.Д. Коваленко, Г.Л. Бочек, С.Г. Корпусь, Г.П. Васильєв, С.К. Кіприч,
А.А. Каплій, В.Д. Овчинник, І.Л. Семісалов, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов,
В.І. Яловенко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Для модернізації існуючого магнітного спектрометра розроблено вимірювально-керуючий канал на основі мікропроцесора Atmega328. Застосування мікропроцесорного керування дозволяє покращити точність вимірювання енергетичного спектру пучка та полегшує подальшу модернізацію спектрометра.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПОБУДОВИ
ДВОКАНАЛЬНОГО СПЕКТРОМЕТРА ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Г.Д. Коваленко, Г.Л. Бочек, С.Г. Карпусь, Г.П. Васильєв, С.К. Кіприч,
А.А. Каплій, В.Д. Овчинник, І.Л. Семісалов, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов,
В.І. Яловенко

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Розроблено малогабаритний спектрометричний тракт для роботи у складі двоканального спектрометра рентгенівського та гамма-випромінювань у широкому інтервалі енергій. Тракт розрахований на роботу з кремнієвими планарними детекторами, що не охолоджуються, але може використовуватися з іншими типами детекторів. Програмне забезпечення дозволяє проводити обробку інформації від кожного спектрометричного каналу та подавати інформацію у вигляді єдиного спектру.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОТУЖНОСТІ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ НА
РАДІАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ СЦИНТИЛЯТОРІВ SCSN-81 та EJ-260 ПРИ
ОПРОМІНЕННІ ФОТОНАМИ ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
В.П. Попов, Л.Г. Левчук, Олександр О. Луханін

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проведені дослідження впливу потужності дози опромінення фотонами гальмівного випромінювання на ступінь пошкодження зразків пластичних сцинтиляторів SCSN-81 та EJ-260 на прискорювачі електронів ЛП-10. Зміна потужності дози опромінення досягалася завдяки використанню набору захисних екранів із свинця. Для цього була виготовлена конструкція, яка складалася із набору чотирьох свинцевих пластин (екранів) товщиною $h=10,1$ мм та двох алюмінієвих пластин товщиною $h=1$ мм, які розміщувалися одна за одною на відстані 20 мм між собою. В подальшому, щоб уникнути впливу радіаційного фону навколишнього середовища експериментального залу прискорювача на значення потужності дози опромінення, ця конструкція була розміщена в захисному “будиночку” із свинцевих плиток. “Будиночок” додатково був обкладений поліетиленовими блоками NEUTROSTOP C0 та розміщений по осі фотонного пучка від прискорювача. Значення потужності дози опромінення в відсіках конструкції складали: перед екранами ($h = 0$) – 161,86 крад/год., після першого екрану ($h = 10,1$ мм) – 34,48 крад/год., після другого екрану (сумарна товщина 2-х екранів $h = 20,2$ мм) – 18,62 крад/год., за третім екраном (сумарна товщина 3-х екранів $h = 30,3$ мм) – 11,9 крад/год., а після четвертого екрану (сумарна товщина 4-х екранів $h = 40,4$ мм) – 7,5 крад/год. Зразки досліджуваних сцинтиляторів SCSN-81 та EJ-260 розміщувалися у відсіках проміж екранів і були опромінені фотонами гальмівного випромінювання до інтегральної дози 5 ± 5 % Мрад. Зміна технічного світлового виходу зразка сцинтилятора виражається відношенням положення α -піку (ДІВ – ^{239}Pu) після проведення опромінення к положенню α -піку до опромінення. Зменшення величини технічного світлового виходу при зміні потужності дози опромінення від 162 крад/год. до 7,5 крад/год. для зразків сцинтиляторів SCSN-81 і EJ-260 склало 28% і 29% відповідно. Наведені результати вимірювання деградації технічного світлового виходу зразків сцинтиляторів SCSN-81 та EJ-260 від значення потужності дози опромінення фотонами гальмівного випромінювання при використанні такої схеми опромінення добре узгоджуються з даними, наведеними в [1].

Роботу підтримано грантом, виділеним НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики».

1. E. Biagtan et al. Effect of gamma radiation dose rate on the light output of commercial polymer scintillators // Nucl. Inst. Meth. B.1994, v.93, p. 296-301.

СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ ІЗ МАЛИМ ЧАСОМ ВИСВІТЛЮВАННЯ

А.В. Креч¹, Д.О. Кофанов¹, О.М. Окрушко¹, І.Ф. Хромюк¹, Я.В. Герасимов¹,
Н.Л. Караваєва¹, Л.Г. Левчук², В.П. Попов², С.У. Хабусєва³

¹*Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків*

²*ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України*

³*ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України, м. Харків*

На сьогодні кристали LuAG:Ce є одними з найпоширеніших сцинтиляторів, оскільки вони відомі вже багато часу та існують технології масового виробництва великих об'ємних кристалів. Однак сцинтиляційні властивості таких кристалів можна покращити шляхом створення змішаних кристалів із заміщенням одних іонів іншими.

В роботі були створенні композиційні сцинтилятори на основі вирощених неорганічних кристалів LuYAG:Ce. Для отриманих зразків були проведені дослідження оптичного пропускання, люмінесценції, світлового виходу та часу згасання. Встановлено оптимальні умови та розміри кристалічних гранул для створення композиційних сцинтиляторів.

Дослідження на радіаційну стійкість вищенаведених сцинтиляторів при опроміненні електронами показали їх радіаційну стійкість до доз щонайменше в 50 Мрад.

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ У ЗОНІ ОПРОМІНЕННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ

А.В. Креч¹, А.Ю. Бояринцев¹, Я.В. Герасимов¹, Т.Є. Горбачова¹, Н.Л. Караваєва¹, Л.Г. Левчук², В.П. Попов²

¹Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків

²ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

У наших попередніх роботах було показано, що під час опромінення композиційних сцинтиляторів на основі гранул неорганічних монокристалів після досягнення значних доз (більше 100 Мрад) починали з'являтися тріщини.

Процес опромінення композиційних сцинтиляторів відбувається в навколишній атмосфері. Опромінення відбувалось при низькому ($0,2 \pm 0,01$ Мрад/год) або високому (1500 ± 5 Мрад/год) темпі опромінення. У першому випадку це був потік, переважно гальмівних фотонів. У другому випадку поверхня зразків безпосередньо опромінювалась електронами. Незважаючи на темп опромінення розтріскування спостерігалось в обох випадках. Основною відмінністю було лише доза опромінення при якій починався спостерігатися такий ефект.

У цій роботі аналізується два основні чинники розтріскування композиційних сцинтиляторів в умовах опромінення. Окрім самого іонізуючого випромінювання на розтріскування може впливати як «температурний» так і «радіаційно-хімічний» чинники. Аналіз базується на експериментальних даних, отриманих при опроміненні сцинтиляторів, та результатах модельних хімічних і температурних експериментів.

РОЗРОБКА ВИСОКОЯКІСНИХ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ДЕТЕКТОРІВ $ZnWO_4$
ДЛЯ ПОШУКУ ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ ТА ПОДВІЙНОГО БЕТА-РОЗПАДУ
Д.В. Касперович¹, П. Беллі^{2,3}, Р. Бернабей^{2,3}, Ф. Капелла^{4,5}, В. Карачіоло^{2,3},
Р. Черулли^{2,3}, Ф.А. Даневич^{1,2}, В.Я. Дегода⁶, А. Інчікитті^{4,5}, Я.П. Когут⁶,
А. Леончіні^{2,3}, Г.П. Подуст⁶

¹*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна;*

²*НІЯФ, секція в Римі «Тор Вергата», Рим, Італія;*

³*Римський університет «Тор Вергата», Рим, Італія;*

⁴*НІЯФ, секція в Римі, Рим, Італія;*

⁵*Римський університет «Ла Сапієнца», Рим, Італія;*

⁶*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

Проведено вимірювання оптичних, люмінесцентних та сцинтиляційних властивостей кількох сцинтиляційних кристалів $ZnWO_4$, вирощених методом Чохральського з низьким температурним градієнтом з різною стехіометрією, з використанням WO_3 різних виробників, однією та двома кристалізаціями з наступним відпалом кристалів. Найкращі оптичні та сцинтиляційні властивості отримано зі зразками, отриманими шляхом однієї кристалізації із сировини стехіометричного складу, з глибоко очищеного WO_3 , що були додатково відпалені у атмосфері повітря. Не спостережено чіткої кореляції між інтенсивністю люмінесценції та сцинтиляції, що свідчить про те, що якість кристалів може бути покращена. Для зразка розмірами $\varnothing 30 \times 31$ мм отримано роздільну здатність (повна ширина на половині висоти, ПШПВ) 9,6% для γ -квантів 661,7 кеВ джерела ^{137}Cs та 6,4% для 1332,5 кеВ (^{60}Co). У підземній лабораторії Гран-Сассо (Італія) проводяться вимірювання з двома найбільш якісними зразками для дослідження їх радіоактивної чистоти.

ЕМПІРИЧНА ФОРМУЛА ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ
HPGe-ДЕТЕКТОРА ВІД ЕНЕРГІЇ ТА ВІДСТАНІ ДЛЯ ЕКРАНОВАНИХ ДЖЕРЕЛ
ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ

І.В. Пилипчинець, О.І. Лендел, О.О. Парлаг, Є.В. Олейніков

Інститут електронної фізики НАН України, м.Ужгород

При визначенні якісного (ізотопного) та кількісного складу ядерних матеріалів, які знаходяться у герметичних контейнерах із неіржавіючої сталі, широко застосовується пасивний метод аналізу – напівпровідникової гамма-спектрометрії. Точність методу аналізу залежить від точності калібрування детекторів по абсолютній ефективності, яка в свою чергу залежить від фізичних і геометричних характеристик детекторів, екранів і зразків та геометрії вимірів (їх взаємного розташування).

У роботі представлені результати експериментальних досліджень залежності абсолютної ефективності HPGe- детектора [1] від енергії гамма-квантів (50 ÷ 3000 кеВ) та відстані між детектором і джерелом (50; 100 мм) з екраном із неіржавіючої сталі (марка: 12Х18Н10Т [2]) товщиною – 9.5 мм. На основі нашої попередньої роботи [1] була отримана формула описання залежності ефективності HPGe-детектора від енергії та відстані для екранованих стандартних точкових джерел гамма-квантів, що дозволяє підвищити точність визначення активності ядерних матеріалів при проведенні пасивного аналізу.

1. Леговані неіржавіючі сталі та сплави корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні. Марки. ГОСТ5632 2014. Міждержавний стандарт. 2015. 52 с.

2. I. Pylypchynets et al. Empirical formula for the HPGe-detector efficiency dependence on energy and distance // *J. Rad. Nucl. Chem.* 2019. V. 319. p. 1315.

Секція 5. Дослідження та розробки прискорювачів заряджених частинок

МАГНІТООПТИЧНА СТРУКТУРА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО
ПРИСКОРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ

М.Ф. Шульга, Г.Д. Коваленко, І.С. Гук, П.І. Гладких, Ф.А. Пеев

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Прискорювачі електронів являються одним із найбільш ефективних інструментів в вивченні структури атомного ядра і природи ядерних сил. Згідно з опублікованою в 2022 році European Strategy for Particle Physics - Accelerator R&D Roadmap [1] новітні прискорювачі електронів знайдуть широке застосування також як інтенсивні джерела випромінювань в терагерцовій, інфрачервоній, вакуумній ультрафіолетовій та рентгенівській областях спектру.

В роботі [2] на основі новітніх досягнень проведено пошук основних технологічних і схемних рішень для створення в ННЦ ХФТІ багатофункціонального прискорювального комплексу (Multifunctional Accelerator Complex - MAC) з безперервним пучком для досліджень з фізики високих енергій, ядерної фізики, нейтронної фізики, фізики лазерів на вільних електронах і використання його для втілення радіаційних технологій у промисловості, енергетиці, медицині, біології та інших галузях науки і техніки.

В нашій роботі більш докладно розглянута магнітооптична структура комплексу, приведені функції фокусування рециркулятора та параметри пучків на початку основних каналів виводу на експериментальні установки.

1.N. Mounet (ed.). European Strategy for Particle Physics - Accelerator R&D Roadmap, CERN, 2022, 260 p.

2.M.F. Shul'ga, G.D. Kovalenko, I.S. Guk, P.I. Gladkikh, F.A. Peev, Conceptual project of the NSC KIPT nuclear physics complex for basic and applied research in the field of nuclear physics, high energy physics and interaction of radiation with substance, // Problems of Atomic Science and Technology. 2022. №5(141), p. 55-59.

РОЗРОБКА ПЛАЗМОВО-ДИЕЛЕКТРИЧНОГО КІЛЬВАТЕРНОГО
ПРИСКОРЮВАЧА З ПРОФІЛЬОВАНОЮ ПОСЛІДОВНІСТЮ ДРАЙВЕРНИХ
ЕЛЕКТРОННИХ ЗГУСТКІВ (ТЕОРІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТ)

І.М. Оніщенко, К.В. Галайдич, Р.Р. Князев, Г.О. Кривоносов, А.Ф. Лінник,
П.І. Марков, О.Л. Омелаєнко, В.І. Приступа, Г.В. Сотніков, В.С. Ус,
Д.Ю. Залеський

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Виконано теоретичне та експериментальне дослідження збудження кільватерного поля профільованою послідовністю релятивістських електронних згустків у плазмово-діелектричній структурі, параметри якої забезпечують умови для збудження малого сповільнюючого поля для всіх драйверних згустків з одночасним зростанням з кількістю згустків прискорювального сумарного кільватерного поля. В теорії для параметрів експерименту знайдено коефіцієнт трансформації як відношення повного кільватерного поля послідовності до поля, сповільнюючого драйверні згустки. В експерименті сумарне кільватерне поле вимірювалося мікрохвильовим зондом. Величина сповільнюючого поля знаходилась по зсуву максимуму енергетичного спектру, вимірюваного магнітним аналізатором до та після збудження кільватерного поля в структурі. Отриманий коефіцієнт трансформації задовільно відповідає теоретичному, зростає зі збільшенням кількості згустків у послідовності та значно перевищує такий для непрофільованої послідовності.

ПУЧКИ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ПОЗИТРОНІВ НИЗЬКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ З ЕНЕРГІЄЮ ДО 100 МеВ НА УСТАНОВЦІ ІФВЕЯФ ННЦ ХФТІ

Д.Д. Бурдейний, В.Б. Ганенко

ННЦ “Харьківський фізико-технічний інститут” НАН України

У роботі [1] обговорювалася можливість створення в ІФВЕЯФ ННЦ ХФТІ експериментальної установки для досліджень у галузі взаємодії випромінювання з аморфними речовинами та кристалами, ядерної та прикладної фізики. Установку планувалось побудувати на базі існуючої експериментальної інфраструктури з використанням лінійного прискорювача електронів з енергією до 100 МеВ. Передбачалось створити дві пучкові лінії [1]: одна (лінія-1) для експериментів з пучками електронів і фотонів високої інтенсивності, інша (лінія-2) для експериментів з пучками електронів і позитронів низької інтенсивності, $\sim 1 \cdot 10^3$ частинок в імпульсі прискорювача. Для дослідження можливостей формування необхідних параметрів пучків низької інтенсивності та оцінки їх характеристик, за допомогою пакета GEANT-4 проведено моделювання утворення електронів і позитронів у вольфрамовому конвертері товщиною $\sim 2X0$ та їх проходження через пучкову лінію-2. Попередні результати моделювання показують, що використовуючи електронний пучок з енергією 100 МеВ і елементи пучкової лінії-2, можна отримати позитронні (електронні) пучки необхідної інтенсивності з енергією 20-80 МеВ і енергетичним розкидом не більш 2 МеВ.

1. В.Б. Ганенко, В.І. Касилов, Г.Д. Коваленко, Н.І. Маслов, І.Л. Семисалов. Експериментальна установка ІФВЕЯФ для фундаментальних і прикладних досліджень в діапазоні енергій до 100 МеВ. // Проблеми атомної науки і техніки, 2020, № 5(155). Серія: Дослідження ядерної фізики (67), с.1-4

ФОКУСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЗГУСТКІВ ПРИ ЗБУДЖЕННІ КІЛЬВАТЕРНОГО ПОЛЯ В ПЛАЗМІ

Д.С. Бондар^{1,2}, В.І. Маслов^{1,2}, І.М. Онищенко¹

¹ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

²ХНУ імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна

Досліджено виникнення та еволюцію фокусуючої сили, що діє на згустки електронів, при збудженні кільватерного поля в плазмі послідовністю згустків в залежності від довжини згустку та відстані між згустками для різних профілів заряду згустку. Раніше в багаточисленних публікаціях в області фізики високих енергій процес фокусування трактувався як дія плазмової лінзи, в якій істотна роль плазми зводиться до компенсації просторового заряду згустку. Ця презентація показує, що просторово-часова динаміка процесу компенсації заряду являється процесом збудження кільватерного поля. Коли електронний згусток рухається в плазмі, на його електрони діють сили фокусування власного магнітного поля і збудженого радіального кільватерного поля, а також сила дефокусування просторовим зарядом згустку. Співвідношення між ними визначає динаміку ефекту фокусування. У релятивістському випадку фокусування магнітного поля майже повністю компенсує дефокусування просторовим зарядом згустку. Отже, головну роль у динаміці результуючого фокусування відіграє фокусування кільватерним полем. Дослідження розглянутого процесу є важливим особливо для згустку скінченної довжини, неоднорідного профілю заряду та для послідовності згустків з будь-якою відстанню між згустками. Просторово-часова динаміка фокусуючої сили в усіх розглянутих випадках повністю визначається лише кільватерним полем, збудженим відповідною послідовністю, й повторяє його поведінку.

ЗОНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ СКЛАДОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ В ДІЕЛЕКТРИЧНОМУ КІЛЬВАТЕРНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ

Д.Ю. Залеський, В.І. Приступа, В.С. Ус, Г.В. Сотніков

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Для проведення експериментів щодо визначення амплітуди електричного поля та коефіцієнта трансформації в кільватерному прискорювачі на основі діелектричних структур, що збуджуються електронними згустками електронного прискорювача «Алмаз-2» був розроблений та виготовлений зонд. Зонд складається з антени $\frac{1}{4}$ довжини хвилі (27 мм) та схеми детектування на базі НВЧ діода 2A201A.

Для калібрування зонда було зібрано вимірювальний стенд, що складається з НВЧ генератора та рупорного випромінювача. Як вимірювач НВЧ потужності використовувався спектр-аналізатор СРЕКТРАН (Німеччина), а як вимірювач детектованого сигналу з зонда - цифровий осцилограф.

Результати вимірювань, виконані на стенді, показують, що при потужності НВЧ випромінювання 26 мВт/м^2 і напруженості електричного НВЧ поля $2,6 \text{ В/м}$ вихідний сигнал у точці вимірювання із зонда становить 1 мВ .

ВПЛИВ ЧАСУ ЗАТРИМКИ МІЖ РОЗРЯДАМИ ПЛАЗМОВИХ ГАРМАТ ТА ОСНОВНОГО ГІСУ НА КОМУТАЦІЮ СТРУМУ В ПРИСКОРЮВАЧАХ З ІНДУКТИВНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ ТА ПЛАЗМОВИМ КОМУТАТОРОМ СТРУМУ

В.Б. Юферов, О.В. Мануйленко, Д.В. Вінніков, В.В. Катречко, О.М. Озеров,
В.І. Ткачов, С.В. Марченко, В.В. Єгоренков, В.Т. Фомін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Прискорювачі з індуктивним накопичувачем енергії та плазмовим комутатором струму відрізняються компактністю та можливістю отримання потужності імпульсів струму електронного пучка до 10^9 - 10^{10} Вт з тривалістю у діапазоні 20-100 нс. Їх вихідні параметри, а саме: струм та енергія електронного пучка, характеристики рентгенівського та електромагнітного випромінювання, залежать від параметрів первинного контуру, напруги основного генератора імпульсних струмів (ГІС), напруги що подається на плазмові гармати та часу затримки між спрацюванням плазмових гармат (ПГ) та основного ГІСу, що подає напругу на центральний електрод прискорювача [1-5].

Час затримки, в свою чергу, залежить від суми декількох параметрів. Це час синхронізації від генератору імпульсів, а також час комутації блоків запуску ПГ та ГІСу. Час комутації є паразитною величиною, яка залежить від відповідних параметрів RLC ланцюга та параметрів розрядників ПГ та ГІСу. Регулювання часу затримки можливо лише за рахунок генератору імпульсів синхронізації. В [6] наведено вплив часу затримки на комутацію струму та параметри електронного пучка в діапазоні від 6 до 15 мкс для прискорювача ДІ-2. У даній роботі проведені аналогічні дослідження для прискорювача ДІН-2К, порівняно параметри струму комутації, побудовані залежності струмів комутації та вихідного пучка електронів від часу затримки, знайдено оптимальну величину часу затримки, при якій обрив струму максимальний.

1. O.V. Manuilenko, I.N. Onishchenko, A.V. Pashchenko, I.A. Pashchenko, V.B. Yuferov. CURRENT FLOW DYNAMICS IN PLASMA OPENING SWITCH switch // Problems of Atomic Science and Technology. 2021, №4(134), P. 6-10.

2. O.V. Manuilenko, I.N. Onishchenko, A.V. Pashchenko, I.A. Pashchenko, V.B. Yuferov. MAGNETIC FIELD DYNAMICS IN PLASMA OPENING SWITCH // Problems of Atomic Science and Technology. 2021, №6(136), P. 61-66.

3. O.V. Manuilenko, I.M. Onishchenko, A.V. Pashchenko, I.A. Pashchenko, V.B. Yuferov. PLASMA AND MAGNETIC FIELD DYNAMICS IN POS: PIC SIMULATIONS // Problems of Atomic Science and Technology. 2022, № 6(142), P. 55-59.

4. D.V. Vinnikov, V.V. Katrechko, V.B. Yuferov, V.I. Tkachev, S.A. Petrenko, V.T. Fomin. EXPERIMENTAL TESTING BENCH FOR THE DIAGNOSTICS OF

PLASMA GENERATED BY PULSED GUNS WITH THE DIELECTRIC SURFACE BREAKDOWN // Problems of Atomic Science and Technology. 2021, №4(134), P. 18-23.

5. D.V. Vinnikov, V.V. Katrechko, V.B. Yuferov, V.I. Tkachev. PLASMA GUNS OF AN EROSION TYPE WITH THE PULSE-PERIODIC GAS-METAL INJECTION // Problems of Atomic Science and Technology. 2022, № 6(142), P. 60-65.

6. V.B. Yuferov, E.I. Skibenko, I.V. Buravilov, A.S. Svichkar, A.N. Ponamoriev, V.V. Katrechko, V.V. Nikulshina. SMALL-SIZE “DI-2” ACCELERATOR WITH THE PLASMA CURRENT SWITCH AND INDUCTIVE ENERGY ACCUMULATOR AS A MATERIAL IRRADIATION TEST RIG // Problems of Atomic Science and Technology. 2022, № 4(140), P. 154-156.

АНАЛІЗ СТРУКТУР ПРИСКОРЕННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА ЧИПАХ
Г.О. Кривоносов, А.О. Васильєв

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Одним з перспективних методів прискорення на дифракційних електромагнітних хвилях останнім часом є метод лазерного прискорення заряджених частинок на періодичних чіп структурах. У статті проведено аналіз впливу різних змін та розмірів чіпів на темп прискорення. Чисельним методом прораховані електромагнітні поля, утворені діелектричними чіп структурами при опроміненні їх лазерним імпульсом. Надаються рекомендації щодо вибору профілю діелектричних структур з метою ефективного прискорення заряджених частинок.

ДЖЕРЕЛО НАПРУГИ ДО 30 кВ З ПУЛЬСАЦІЄЮ НЕ БІЛЬШЕ 0.1%

Г.О. Кривоносов, О.О. Свистунов, А.В. Васильєв, Г.В. Сотніков

ННЦ “Харьківський фізико-технічний інститут” НАН України

Розроблено та виготовлено джерело постійної напруги, що має діапазон плавної зміни напруги від 10 до 30 кВ з пульсацією не більше 0.1%, призначено для використання в експериментах з прискорення та фокусування електронів у діелектричному лазерному прискорювачі на чіп-структурі. Малий рівень пульсацій досягнуто використанням 3-х фазної мережі. Вказані параметри джерела напруги необхідні для коректної реєстрації енергії електронів, прискорених лазерним імпульсом.

ЗАГАЛЬНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЗБУДЖЕННЯ СИМЕТРИЧНОЇ ПЛОСКОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРИ ПЛОСКИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ХВИЛЯМИ

А.В. Васильєв, А.І. Поврозін, Г.В. Сотніков

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Плоскі діелектричні структури, що опромінюються лазерними імпульсами, можуть бути використані для високоградієнтного прискорення субрелятивістських електронних згустків. Але в галузі ультрарелятивістських енергій темп прискорення різко падає [1]. Для подолання цього обмеження було запропоновано використати симетричну геометрію [2], що складається з двох діелектричних призм, розділених вакуумним каналом для прискорення електронів, кожна призма може опромінюватись окремим лазерним імпульсом. У разі двостороннього опромінення діелектричних призм у роботі [2] наведено лише симетричне рішення, яке описує симетричне щодо осі каналу розподіл прискорюючого поля у вакуумному каналі. У даній роботі ми наводимо загальне рішення для різних амплітуд поля лазерів та напрямку електричного поля, визначаємо умову, коли реалізується симетричне або асиметричне рішення. У разі загального рішення також аналізується вплив несиметричної частини на повну амплітуду полів, що прискорює і дефокусують.

1. Bolshov O.O., Vasiliev A.V., Povrozin A.I., Sotnikov G.V. Problems Atomic Science Technology . 2021. No.6(136), <https://doi.org/10.46813/2021-136-057>.

2. Liwen Zhang та ін. J. Phys. D: Appl. Phys. 2023 , 56 045103.

ПРОЕКТ ДИФРАКЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПУЧКА
ЕЛЕКТРОНІВ ЛАЗЕРНИМ ІМПУЛЬСОМ

Г.О. Кривоносов, О.О. Большов, А.В. Васильєв, Г.В. Сотніков

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Методом чисельного моделювання проведено розрахунки макета прискорювача на основі дворядної дифракційної структури, що збуджується лазерним імпульсом. Перший ряд утворений з відбивачів (шириною $a=\lambda/2$) електромагнітної хвилі та просвітів (шириною $b=\lambda/2$), другий ряд – відбивачів ($a=\lambda/2$) та поглиначів ($b=\lambda/2$). Відбивачі другого ряду (на відстані від першого ряду $L_1=2n\lambda$, $n=3,4,5\dots$) розташовані проти просвітів першого ряду. Просвіти першого ряду виконані для проходження частини хвилі до другого ряду. Плоска електромагнітна хвиля ($\lambda=0.8$ мкм) напруженістю $E=10^9$ еВ/м падає на перший ряд перпендикулярно його поверхні. Електронний пучок рухається на відстані L_2 від першого ряду ($L_2>L_1$) над першим рядом. Показано, що у запропонованій структурі можна прискорити електрони з початковою енергією 5 МеВ/м з темпом прискорення близько 50 МеВ/м. Проведено оптимізацію параметрів структури з метою експериментальної реалізації макета.

ПРИСКОРЕННЯ СИЛЬНОСТРУМОВОГО ІОННОГО ПУЧКА,
КОМПЕНСОВАНОГО ЕЛЕКТРОННИМ ПУЧКОМ, З ВИКОРИСТАННЯМ
МАГНІТНОГО ПОЛЯ КАСПУ ДЛЯ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОНІВ У
ПРИСКОРЮЮЧОМУ ПРОМІЖКУ

О.В. Федорівська, В.І. Маслов, І.М. Оніщенко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

2.5D числовим моделюванням досліджено процес магнітної ізоляції електронів та прискорення іонів при інжекції сильнострумового іонного пучка, компенсованого електронним пучком, в магнітний касп з прискорюючим зазором та подальшою повторною компенсацією електронним пучком для транспортування в дрейфовій області з однорідним магнітним полем.

Розглянуто залежність характеристик доприскореного та скомпенсованого іонного пучка на виході дрейфової області від набору початкових параметрів іонного та електронних пучків та величин магнітного та прискорюючого електричного полів. Показано, що для всіх розглянутих випадків моноенергетичний потужнострумівий іонний пучок, що інжектуються у магнітний касп з прискорюючим зазором, прискорюється і змінює свою траєкторію таким чином, що в дрейфовій області він дрейфує в схрещених електричному полі просторового заряду електронного та іонного пучків та зовнішньому магнітному полі, здійснюючи періодичну зміну поперечних розмірів у просторі та втрачає моноенергетичність. Його використання для інжекції у наступну аналогічну секцію стає проблематичним та потребує окремого вивчення.

ОДНАКОВІ ГАЛЬМУЮЧІ КІЛЬВАТЕРНІ ПОЛЯ ДЛЯ ЗГУСТКІВ, ЩО
ЗБУДЖУЮТЬ ПОЛЕ, ТА ОДНАКОВІ ПРИСКОРЮЮЧІ КІЛЬВАТЕРНІ ПОЛЯ
ДЛЯ ЗГУСТКІВ, ЩО ПРИСКОРЮЮТЬСЯ, ДЛЯ ЇХ ПЕРІОДИЧНОГО
ЛАНЦЮЖКА

І.В. Демиденко, В.І. Маслов

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Прискорення кільватерним полем в плазмі може забезпечити компактні джерела релятивістських електронних пучків високої яскравості. Лазери на вільних електронах та колайдери частинок, де використовуються плазмові кільватерні прискорювачі, вимагають високої ефективності і пучків з низьким розкидом по енергії. Досягнення обох умов може бути забезпечене формуванням однакових полів для всіх згустків, що прискорюються, та однакових полів для всіх згустків, що гальмуються, шляхом контрольованого підбору для даної плазмової хвилі струмів згустків та їх просторового розподілу [1-4]. Ми демонструємо такі оптимальні струми згустків та їх просторовий розподіл в лінійному режимі в плазмовому прискорювачі зі збудженням полів електронними згустками, які інжектуються з ВЧ прискорювача при високій їх якості.

1. Katsouleas T. et al. Particle Accelerators. 22 (1987) 81.
2. Tzoufras M. et al. Phys. Rev. Lett. 101 (2008) 145002.
3. Romeo S., Ferrario M., Rossi A.R. Phys. Rev. Accel. Beams. 23 (2020) 071301.
4. Maslov V.I. et al. Problems of Atomic Science and Technology. 6 (2020) 47.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІОННИЙ ІНЖЕКТОР ДЛЯ ІОННО-ПРОМЕНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК

П.О. Литвинов, В.А. Батурін, С.О. Єршомін, О.Ю. Росенко

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

В Інституті прикладної фізики НАН України розроблено та досліджено іонний інжектор для використання в технологічних установках та іонно-променевих пристроях. Інжектор включає розпилювальне джерело пеннінгівського типу з холодним порожнистим катодом та іонно оптичну систему, і може генерувати газові та металеві іони в широкому спектрі мас. Необхідна концентрація металевої компоненти робочого середовища в розрядній комірці джерела формується шляхом розпилення іонами аргону матеріалу розпилювальних вставок в катодному та анти катодному електродах. Розпилення в плазмі розряду, як механізм створення атомарного робочого середовища з широкого спектру різних металів, є найбільш універсальним і надійним, так як є результатом атомних зіткнень в поверхневих шарах твердого тіла без встановлення теплової рівноваги з ним. Іонізація розпиленних атомів здійснюється швидкими електронами що осцилюють в поздовжньому магнітному полі. Екстрагування та формування пучка, що містить іони плазмоутворюючого газу та металу, здійснюється через емісійний отвір в антикатоді. Проведено дослідження робочих характеристик інжектора на імплантері ІПФ НАН України. Експерименти проводились в неперервному режимі роботи іонного джерела. Загальний струм іонів досягає 160 мкА при струмі розряду 400 мА. Ресурс роботи розпилювальних вставок склав ~14 годин. Парціальне відношення іонів аргон/метал у сформованому пучку знаходиться в інтервалі $3 \div 20$. Розроблений інжектор має високу стабільність іонного струму, простий в обслуговуванні, може генерувати іони з будь-якого твердого провідного тіла і не вимагає використання високотемпературних нагрівальних елементів.

СТІЙКІСТЬ ДО ПРОБОЇВ ПОВЕРХНІ МІДНИХ ЗРАЗКІВ ПРИ ЇЇ
ОПРОМІНЕННІ МЕТАЛЕВИМИ ТА ГАЗОВИМИ ІОНАМИ
О.Ю. Карпенко, В.А. Батурін, С.О. Єршомін, О.Ю. Росенко

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

В ПФ НАН України ведуться спільні з ЦЕРН роботи по дослідженню електричних пробоїв та підвищенню стійкості конструкційних матеріалів прискорювальних структур до високо вакуумних пробоїв. Відомо, що зміна структурно-фазового стану та фізичних властивостей твердих тіл можлива при впливі високоенергетичних частинок та випромінювання. Ефективність цих процесів залежить від умов опромінення та природи матеріалу. У даній роботі досліджується вплив напрацювання радіаційно індукованих дефектів та імплантації домішкових іонів у при поверхневі шари конструкційних матеріалів (міді) прискорювальних структур на стійкість до вакуумних пробоїв. В експериментах по опроміненню мідних зразків прискореними іонами металів/газів (в енергетичному діапазоні 100 – 300 кеВ) та експериментальному дослідженню впливу радіаційно-індукованих дефектів на перед пробійний струм та на появу вакуумних пробоїв було використано обладнання створене в ПФ НАН України [1]. В роботі показана можливість покращення стійкості мідних зразків до високо вакуумних пробоїв при опроміненні їх поверхні металевими та газовими іонами.

І. V.A. Baturin, O.Yu. Karpenko, Ia.V. Profatilova, S.O. Pustovoirov, V.I. Miroshnichenko // ВАНТ, 2015, №4 (98), с. 294-297.

Секція 6. Комп'ютерні технології у фізичних дослідженнях

МОДЕЛЮВАННЯ НАГРІВУ ТОНКИХ ПЛІВОК ПРИ ПРОХОДЖЕННІ КРІЗЬ НИХ ПУЧКІВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ

М. Луганько¹, Т. Малихіна², С. Карпусь², О. Шопен²

¹*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна*

²*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

Представлено попередні результати моделювання нагріву тонких плівок з титану 50 мкм, алюмінію 50 мкм та Каптону® 125 мкм, при проходженні крізь них високоенергетичних електронів з енергією 15 МеВ. Розроблено методику розрахунків, що полягає в автоматизації метода скінченних різниць за допомогою засобів мови програмування Python, що полягає у вирішенні задачі розповсюдження тепла у плівці з урахуванням гальмівних втрат первинного пучка електронів та випромінювання абсолютно чорного тіла. Отримано дані з розподілу температури по поверхні зразків та визначено час встановлення теплової рівноваги з урахуванням розподілу густини струму пучка електронів. Показано, що при оптимізації основних параметрів пучка високоенергетичних електронів, а саме, густини струму їх пучка, дає змогу знехтувати тепловими навантаженнями на дослідні зразки зазначених плівок, що підтверджено під час стендових випробувань на лінійному прискорювачі “Linac-30” ІФВБЯФ ННЦ ХФТІ.

РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ
ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ НЕЙТРОНІВ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ
ЕЛЕКТРОНІВ

С. Гоков¹, В. Горбач², Ю. Казарінов¹, В. Касілов¹, О. Люхтан², В. Цяцько¹,
Є. Цяцько¹

¹ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України
²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

Для проведення експериментів щодо взаємодії потоків нейтронів з різними матеріалами, на базі лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-30 була розроблена та частково виготовлена система формування нейтронних потоків.

В роботі було проведено розробку в середовищі Geant4 комп'ютерної моделі системи формування потоків нейтронів на виході лінійного прискорювача електронів, яка включає мішень з пластин з вольфраму, що генерує нейтронні потоки, графітовий відбивач з напівсферичним куполом, з радіусом 5 см, свинцевий бокс 5 см товщиною, поліетиленовий бокс товщиною 5 см, детектор нейтронів площею 1см².

За допомогою моделі був проведений віртуальний експеримент на 10⁸ первинних нейтронів, який довів, що при використанні графітового відбивача кількість нейтронів в місці розташування детектора збільшується на 16,9 %, що добре узгоджується з результатами реального експерименту, який був проведений раніше. Також в роботі був отриманий енергетичний спектр нейтронів, що потрапляють на детектор, визначено оптимальний радіус кривизни напівсферичного куполу відбивача, а також положення джерела нейтронів щодо центру сфери на осі симетрії куполу. Додатково були проведені комп'ютерні експерименти з оцінки ефективності інших форм поверхні відбивача.

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАЧА ІНТЕНСИВНОГО ПОТОКУ СПОВІЛЬНЕНИХ НЕЙТРОНІВ

С. Гоков¹, Ю. Казарінов¹, В. Касілов¹, О. Люхтан², В. Цяцько¹, Є. Цяцько¹

¹ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

В роботі була проведена розробка в середовищі Geant4 комп'ютерної моделі системи формування потоків терапевтичних пучків сповільнених запізнілих нейтронів для нейтронно-захоплювальної терапії раку. Система формування включає поліетиленовий нагрівач кубічної форми, розмір грані якого змінюється від 4 до 8 см, поглинач нейтронів з борованого поліетилену розміром 10x10x10 см з коліматором конічної форми з радіусом вхідного отвору 0,6 см вихідного 0,5 см, детектора площею 1см² і двох ізотропних джерел нейтронів. Був здійснений віртуальний експеримент на 10⁸ первинних нейтронів.

Результати модельного експерименту довели: більшість нейтронів відбивається від нагрівача та поглинача, незначна частка (0,5%) проходить скрізь борований поліетилен. Кількість нейтронів, які проходять скрізь коліматор на 5 порядків зменшується, в порівнянні з початковим числом. Енергія переважної частки цих нейтронів (2/3 від повного числа) знижується до значень нижче 1 кеВ. При зміні розмірів нагрівача від 4 до 8 см, кількість частинок, які пройшли скрізь коліматор не змінюється, а змінюється лише їх енергія.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПІДЛОЖКИ ПРИ ОСАДЖЕННІ АЛМАЗНИХ ПОКРИТТІВ ГАЗОПЛАЗМЕННИМ МЕТОДОМ

С.О. Мартинов, О.А. Лучанінов, В.П. Лук'янова, С.І. Прохорець,
О.О. Слабоспицька, М.А. Хажмурадов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Ефективність синтезу алмазного покриття визначається параметрами плазмового потоку та тепловим режимом підложки, на якій осаджується покриття. Оптимальними умовами є температура поверхні підложки в межах $800 \div 900^\circ\text{C}$, при цьому рівномірність товщини покриття залежить від однорідності розподілу температури по поверхні підложки. При заданій тепловій потужності плазмового потоку оптимальний тепловий режим підложки можна забезпечити шляхом підбору параметрів системи охолодження. Для вирішення завдання в середовищі SolidWorks розроблено спрощену геометричну модель системи охолодження молібденової підложки в установці для осадження алмазних покриттів газоплазмовим методом. Комп'ютерне моделювання проведено за допомогою модуля FlowSimulation ліцензійного пакета SolidWorks. Варіювання параметрів системи охолодження показало, що найкраща однорідність температури досягається при витраті води – $0,012 \text{ л/с}$; водоохолоджуючим колектором з міді; товщиною підложки з молібдену – $0,1 \text{ мм}$. При цьому неоднорідність розподілу температури по радіусу становить $\Delta T/T=0,06$. Отримані результати мають практичне значення для створення високоефективних технологій синтезу алмазних покриттів.

ВЕРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ МОДЕЛЮВАННЯ
ВИРОБНИЦТВА РАДІОІЗОТОПІВ ДЛЯ МЕДИЦИНИ
О.О. Захарченко

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

В роботі проведено верифікацію технології скорочення часу моделювання (СЧМ) [1] при розрахунках виходу фотоядерних реакцій в установках на основі лінійних прискорювачів електронів. Суть таких технологій СЧМ в тому, що в модель додаються додаткові обмеження та/або умови для виключення нерезультативних циклів моделювання. При цьому кінцевий результат не спотворюється. При порівнянні з опублікованими результатами двох незалежних експериментів отримана розбіжність результатів моделювання виходу реакції $Mo100(\gamma,n)Mo99$ з експериментальними даними не перевищувала експериментальних похибок вимірювання. Технологія СЧМ, що верифікувалася, забезпечила вигреш в часі моделювання не менш ніж в 1000 разів у порівнянні зі стандартним алгоритмом фотоядерних реакцій, що використовується в Geant4. Використання розглянутої технології СЧМ може значно скоротити час на оптимізацію складових елементів установок для виробництва короткоживучих радіоізоотопів методом фотоядерних реакцій.

1. V.I. Nikiforov, V.L. Uvarov Development of the technique embedded into a Monte Carlo transport system for calculation of photonuclear isotope yield // NUKLEONIKA 2012;57(1): 75-80.

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОГРАФІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ З ВИЧЕРПАНИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ

Є.В Рудичев, С.І Прохорець

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

При тривалому зберіганні твердопаливних прискорювачів за рахунок хімічних процесів в них і коливань температури можливе розшарування твердого палива та утворення пустот. При запуску реактивного виробу наявність пустот в твердому паливі призведе до поширення процесу горіння в цих пустотах, що може призвести або до аварії на пусковій установці, або до зміни траєкторії польоту виробу.

Методами математичного моделювання розроблено концептуальну модель радіографічного комплексу (РГФК) для застосування його як методу неруйнівного контролю при закінченні терміну зберігання чи при виготовленні реактивних виробів. Розроблена модель РГФК на основі малогабаритного імпульсного бетатрону МІБ-7,5. Показано можливість визначення монолітності заряду, а саме: виявлення внутрішніх дефектів та глибини їх залягання. Наведено можливість виявлення дефектів у вигляді бульбашок повітря діаметром від 3 мм і тріщин, а також «сторонніх» частинок із щільністю $> 2,5 \text{ г/см}^3$.

В умовах військового стану, основними об'єктами РГФК можуть стати ракети до РСЗВ радянського виробництва, ракети до комплексів ППО, розгінні блоки тактичних ракет, а також інші види виробів на основі яких є тверде паливо. Вважаємо, що розробка комплексу для виявлення дефектів неруйнівним методом у перерахованих вище виробках є пріоритетним завданням для забезпечення ефективної роботи ЗСУ та забезпечення безпеки мирного населення.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НЕЙТРОННОЇ РАДІОГРАФІЇ
С.І. Прохорець, С.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Практична реалізація методу нейтронної радіографії дозволить створити в Україні новий інструментальний засіб неруйнуючого аналізу в атомній промисловості. Впровадження радіографії, а потім і томографії, в нейтронних пучках дозволить отримати новий інструментарій для інспекції широкого кола виробів, що містять одночасно легкі й важкі елементи та їх ізотопи. Розглянуто особливості основних систем нейтронографічної установки на прискорювачі електронів. До основних систем (елементів) установки відносяться: джерело випромінювання – джерело прискорених електронів, які генерують нейтрони в результаті взаємодії з матеріалом мішені, нейтроноутворююча мішень, система формування потоку нейтронів і позиційно-чутливий детектор нейтронографічного зображення. Таке представлення нейтронографічної установки дозволяє представити її структурну схему у вигляді набору підсистем або агрегатів і взаємозв'язків між ними.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УРАНОВОЇ НЕЙТРОННО-УТВОРЮЮЧОЇ МІШЕНІ ПІДКРИТИЧНОЇ ЗБІРКИ ННЦ ХФТІ

В.В. Ганн, Г.В. Ганн, Б.В. Борц, І.М. Карнаухов, О.О. Пархоменко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

У дослідницькій ядерній установці ННЦ ХФТІ «Джерело нейтронів, заснований на підкритичній збірці, керованої прискорювачем електронів» найбільший потік нейтронів можна отримати, використовуючи уранову нейтроно-утворюючу мішень. Для визначення дози опромінення (у зміщеннях на атом), накопиченої в товстій урановій мішені в процесі експлуатації під дією високоенергетичних електронів, була використана програма MCNPX, яка дозволяє методом Монте-Карло виконати повне математичне моделювання всіх ядерно-фізичних процесів в мішені з урахуванням її конкретної геометрії. Був оцінений внесок у дефектоутворення пружних та непружних процесів: розсіювання та ядерних реакцій за участю електронів, нейтронів та гамма-квантів. Аналіз показав, що найбільший вклад у швидкість утворення пошкоджень в урановій мішені джерела нейтронів при опроміненні високоенергетичними електронами з енергією 100 MeV (100ма) вносять осколки фоторозподілу U-238, а максимальна швидкість утворення дефектів становить близько 100 зна/рік. Внесок інших процесів становить трохи більше кількох відсотків.

МЕТОД R-ФУНКЦІЙ У МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ПАЛИВНИХ
КАСЕТ ДЛЯ БАГАТОЗОННИХ ТВЕЛІВ З ПЛАСТИНАМИ,
ГЕКСАГОНАЛЬНИХ РЕШІТОК ТВЕЛІВ ТА ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У НИХ
Максименко-Шейко К.В.¹, Шейко Т.І.¹, Уваров Р.О.¹, Лісін Д.О.²,
Хажмурадов М.А.³

¹*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків,*

²*Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Україна*

³*ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

В даний час дуже складно дати точний прогноз подальшого розвитку шляхів енергетичної бази України, проте, приватне питання про математичне моделювання фізичних процесів у паливних касетах ТВЕЛів все ще не втрачає своєї актуальності [1-2]. За допомогою R-функцій [3-5] вдалося побудувати ряд математичних моделей багатозонних ТВЕЛів з подовжнім оребренням і гвинтоподібними пластинами, а в цій роботі вперше побудовано багатопараметричні рівняння гексагональних решіток ТВЕЛів, що дозволяють отримувати їх зсунуті та розсунуті упаковки. Застосування теорії R-функцій до математичного та комп'ютерного моделювання теплообміну при перебігу рідини для ТВЕЛУ з аналітичним записом поверхні, що проектується, дає можливість використовувати буквені геометричні параметри, складні суперпозиції функцій, що, у свою чергу, дозволяє оперативно змінювати їх конструктивні елементи. Математичне моделювання та пов'язаний з ним комп'ютерний експеримент є незамінними в тих випадках, коли натурний експеримент є неможливим або утрудненим з тих чи інших причин. Достовірність методів розрахунку, результатів та висновків підтверджена аналізом чисельної збіжності рішень та обчисленням нев'язки.

ПРОЕКТУВАННЯ НАНОКЛАСТЕРІВ ДЛЯ БЕЗВУГЛЕРОДНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З
ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОРІВНЕВОГО КОМП'ЮТЕРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ
Кульментьєв О.І.

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

В ядерній енергетиці для передбачення термінів безпечної експлуатації корпусів реакторів багаторівневе комп'ютерне моделювання реалізується у проекті PER-FORM 60. Для водневої енергетики аналогічний підхід може бути реалізований в задачі вибору оптимального нанокаталізатора для окремих етапів – отримання, зберігання та використання водню. Запропонована схема яка складається із послідовних кроків. На 1 кроці задається число та тип атомів, що становлять нанокластер, його розмір і форма, температура середовища та граничні умови, що імітують взаємодію кластера з підкладкою. На 2 кроці за допомогою "першепринципної молекулярної динаміки" моделюється еволюція системи атомів, що формують кластер, а потім частинки фіксуються. На 3 кроці на підставі розробленого автором раніше методу ідентифікації та аналізу поверхні компактних утворень, вимірюємо форму кластера – визначаємо дескриптор форми кластера. Остання характеризує його як цілого. Послідовне застосування кроків 2 – 3 визначає динамічну еволюцію кластера та його колективних мод. На 4 кроці за допомогою вейвлет-аналізу на основі тимчасової еволюції дескриптора вектора форми виділяються локальні особливості динамічних мод кластера та його енергії як цілого. На 5 кроці цілеспрямовано змінюємо всі початкові характеристики кластера, що задаються на кроці 1, та повертаємося на крок 2. Запропонована схема є послідовною, самоузгодженою та багаторівневою (як і в PERFORM 60). Проте кількість рівнів в неї істотно менше і дорівнює трьом. Оскільки у нанокластерах відсутні дислокації, тому більш високі рівні моделювання стають не потрібними.

Секція 7. Ядерно-фізичні методи у суміжних науках (У галузі атомної енергетики, промисловості та медицини. Фізичні та екологічні питання експлуатації та модернізація ядерно-фізичних установок.)

АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ТА ЕЛЕМЕНТНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ПРИРОДНИХ КВАРЦИТАХ ПІД ВПЛИВОМ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ ТА ГАММА КВАНТАМИ

О.П. Березняк, М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведева, Д.В. Медведєв

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Метою цього дослідження є обґрунтування достовірності результатів елементного та структурно-фазового складу вихідного кварциту Овруцького родовища перспективного для захоронення РАВ. Проведені модельні експерименти по опроміненню зразків кварцитів високоенергетичними електронами ($D_{\text{погл}}=10^6\text{-}10^8$ Гр) та конвертованими гамма квантами ($D_{\text{погл}}=10^6\text{-}3,5 \cdot 10^7$ Гр).

Було визначено, що при обох видах опромінення незалежно від швидкості накопичення дози, елементний склад (Si, Al, Fe, Mn, Ca, Ni, Mg) зостається незмінним, вихідна структура кристалічного кварцу, що входить до складу кварцитів, удосконалюється в результаті радіаційного відпалу дефектів та домішок, в той час, як в аморфній фазі послідовні структурні перетворення, значною мірою залежать від типу частинок, що бомбардують. Кінцевим результатом цих перетворень в аморфній фазі при дії обох видів опромінення є її кристалізація з формуванням полікристалічного кварцу при максимальній дозі.

КРИСТАЛОГРАФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ І СТАН КОЛИВАНЬ РЕШІТКИ
НАНОКРИСТАЛІЧНОГО І МОНО-ФАЗНОГО МАГНЕТИТУ ДО ТА ПІСЛЯ
ГАММА АКТИВАЦІЇ

М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Т.О. Пархоменко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Наночастинки магнетиту представляють значний технологічний інтерес завдяки своїм магнітним та каталітичним властивостям. Радіаційна модифікація наночастинок магнетиту значно розширює його функціональні можливості, тому потребує особливого контролю його властивостей.

Проведена ідентифікація властивостей чистого моно-фазного та нанокристалічного магнетиту до та після активації зразків показав наявність каналів інших радіонуклідів (^{52}Fe , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{57}Ni). Порівняння параметрів зі стандартною дифракцією на гранях кристалів магнетиту показує, що наночастинки магнетиту до та після гамма активації мають гранецентровану кубічну структуру. При збереженні структури властивостей у звичайному грубо дисперсному магнетиту, в наночастинках магнетиту спостерігається зменшення d - і a -параметрів, що свідчить про стискання кристалічної решітки. В ІЧ- спектрі наномгнетиту є дві широкі смуги 590 та 440 см^{-1} , які асоціюються з коливаннями решітки Fe-O - зв'язків в тетра- та октаєдральних позиціях. В відмінності від наномгнетиту, в ІЧ- спектрі звичайного магнетиту стехіометричного складу подібні коливання Fe-O зв'язків проявляються при 570 та 380 см^{-1} . До цієї відмінності слід додати, що високочастотна смуга 590 см^{-1} розкладається на два піки 605 та 575 см^{-1} .

ВПЛИВ ГАМА АКТИВАЦІЇ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИНОК ^{153}Sm

¹М.П. Дикий, ²М.В. Красносельський, ¹Ю.В. Ляшко, ¹О.П. Медведєва,
¹Д.В. Медведєв

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут медичної радіології С.П. Григор`єва

Такі характеристики самарію-153, як середня емісія енергії бета-частинок $E=810$ кеВ, для проведення терапії, середня енергія гамма фотонів $E=103$ кеВ, для одержання “imaging”, а також короткий напіврозпад 46,3 години, роблять цей ізотоп широко використовуваним в багатьох країнах світу.

Розроблена фото-ядерна технологія ($E=23$ МеВ, $I=700$ μA) на основі ядер віддачі та нанотехнології на ЛПЕ дозволила одержати ~ 1 Сі самарію-153 за добу. Значною перевагою в цій технології є використання наночастинок оксиду самарію розміром 50-80 нм, завдяки чому самарій-153 мав високу питому активність.

Метод ІЧ- спектроскопії був застосованим для визначення структурно-фазових змін до та після гамма-активації наночастинок оксиду самарію в діапазоні 4000...600 cm^{-1} . Порівняльний аналіз спектрів досліджуваних зразків не виявив значних змін, особливо у поглинанні води в області 3300 cm^{-1} , а також в хімічній структурі та фазовому складі. У зразках не зазначено присутності домішкових ізотопів.

БАР'ЄРНА СОРБЦІЯ НА ПУТІ МІГРАЦІЇ АКТИНОЇДІВ

М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Ю.Г. Пархоменко
В.В. Лісовська

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В теперішній час причин забруднення навколишнього середовища актиноїдами та продуктами їх ділення багато. Насамперед це можливе руйнування АЕС зі скидами у водойми неочищених вод з АЕС, що несе загрозу не тільки локально, а для екосистеми в цілому. Тому дослідження міграції актиноїдів та їх сорбції на шляху потоку вод є актуальною та важливою проблемою. Існують різні механізми затримання актиноїдів у воді, на поверхні мінералу, або блокування його перенесення.

Проведені модельні експерименти по селективній сорбції актиноїдів на основі радіаційно модифікованих наночастинок оксидів металів та наночастинок природних мінералів відносно актиноїдів.

Одержано підтвердження про передбачений синергізм дії радіаційного впливу та переваги наноструктурного стану досліджених сорбентів (оксидів металів та алюмосилікатів) в процесі сорбції актиноїдів з рідинних середовищ.

АНАЛІЗ ПОШУКОВИХ СПЕКТРІВ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПІКІВ У ГАММА-СПЕКТРАХ

А.Ю. Бережної

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В теперішній час причин забруднення навколишнього середовища актиноїдами та продуктами їх ділення багато. Насамперед це можливе руйнування АЕС зі скидами у водойми неочищених вод з АЕС, що несе загрозу не тільки локально, а для екосистеми в цілому. Тому дослідження міграції актиноїдів та їх сорбції на шляху потоку вод є актуальною та важливою проблемою. Існують різні механізми затримання актиноїдів у воді, на поверхні мінералу, або блокування його перенесення.

Проведені модельні експерименти по селективній сорбції актиноїдів на основі радіаційно модифікованих наночастинок оксидів металів та наночастинок природних мінералів відносно актиноїдів.

Одержано підтвердження про передбачений синергізм дії радіаційного впливу та переваги наноструктурного стану досліджених сорбентів (оксидів металів та алюмосилікатів) в процесі сорбції актиноїдів з рідинних середовищ.

РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ПРИРОДНИХ АЛЮМОСИЛКАТІВ РІЗНИХ СТРУКТУРНИХ ТИПІВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ГАММА КВАНТІВ

М.П. Дикий, О.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Розроблений комплексний підхід вивчення властивостей кліноптилоліту та мікрокліну - неорганічних матеріалів, що мають сорбційні можливості до радіонуклідів. Радіаційна модифікація природних алюмосилкатів вивчалась в багато чисельних дослідженнях, але деякі аспекти залишаються невирішеними. По-перше, це стосується прогнозу поведінки нових модифікацій алюмосилкатів в умовах різних радіаційних навантажень та інших фізичних факторів.

Експериментальні дані відносно елементного складу, структурно-фазових перетворень в досліджуваних зразках до та після впливу електронів високих енергій та гамма квантів були одержані з використанням методів гамма активаційного аналізу, ІЧ- спектроскопії та кристалооптики.

Показано, що під впливом радіації в природних силікатних мінералах різної структури виникають різноманітні радіаційно стимульованні трансформації в структурних, текстурних, фазових та новоутворених продуктах петлізації на поверхні зерен. В досліджуваних мінералах з упорядкованою структурою виникає лише часткове розпорядкування структури, що обумовлює їх більш високу радіаційну стійкість.

Проведений комплексний аналіз досліджуваних алюмосилкатів показав, що вони можуть бути застосовані у якості матричних матеріалів для удержання радіонуклідів.

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ ВМІСТОМ МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ З
КРИСТАЛОГРАФІЧНОЮ МОРФОЛОГІЄЮ В НИРКОВИХ КАМЕНЯХ
М.П. Дикий¹, О.П. Березняк¹, С.М. Колупаєв², В.М. Лісовий², О.П. Медведєва¹

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Харківський Національний медичний університет

Використання гамма-активаційного аналізу по визначенню макро- та мікроелементів в ниркових каменях в кореляції з дослідженнями по кристалооптиці дають принципово нову інформацію об особливостях мікроморфології зразків.

Після гамма активації досліджуваних зразків на ЛПЕ з $E = 22 \text{ MeV}$, $I = 500 \text{ }\mu\text{A}$ по інтенсивностям ліній гамма спектрів на Ge(Li)- детекторі з енергетичним розділенням $3,2 \text{ keV}$ по лінії 1333 keV були зареєстровані такі елементи, як Ca, Mg, Si, Rb, F, Cl, P, на рівні $\sim 10^{-4}\%$ мас. Наявність F в ниркових каменях може сприяти формуванню стійких центрів кристалізація та здійснювати заміщення груп OH^- на F- іон. Накопичення в ниркових каменях слідів ($\sim 1 \text{ ppm}$) $^{212,214}\text{Pb}$, ^{40}K , $^{235,238}\text{U}$, ^{214}Bi пов'язано з регіональними особливостями вмісту цих елементів в навколишньому середовищі та харчових ланцюжках. Додатковим джерелом надходження в організм ^{214}Bi , з послідовою фіксацією даного ізотопу в складі ниркових каменів, є лікарські засоби.

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ АЕСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Г.Ф. Гладенька, О.В. Єгіпко, В.В. Петухов, І.М. Шаповал

ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

Щорічний моніторинг дефектоутворів у теплообмінній трубчасті (ТОТ) парогенераторів ПГВ 1000М АЕС України методами неруйнівного контролю і концентрація даних багатолітніх вимірів у вигляді репрезентативної (понад 10^6 вимірів) бази даних забезпечили фактологічну основу розробки планів майбутніх контролів ТОТ парогенераторів для ефективного вибору зон неповного контролю. Були створені математичні моделі еволюції напружено-деформованого металу ключових елементів трубопровідних систем парогенератора в режимах функціонування, що дозволило досліджувати залежності та чутливості характеристик дефектоутворів від параметрів та умов експлуатації.

За результатами статистичного аналізу даних вихрострумового контролю ТОТ з використанням створеної математичної моделі та алгоритмів частотно-ймовірнісного просторово-часового опису дефектоутворів, з урахуванням отриманих кінцевоелементним моделюванням характеристик еволюції дефектоутворів трубчастки стало можливим прогнозування динаміки дефектоутворів на високому довірчому рівні.

З використанням оцінок ймовірності розподілу дефектоутворів у просторі конструктиву та їх розвитку у часі розроблено практично значимі робастні оцінки ризиків у прогнозах дефектоутворів та гіпотез появи нових дефектів поза уже зафіксованої їх статистики. Оцінка таких ризиків може слугувати критерієм оптимізації планування періодичного моніторингу стану трубчастки ПГВ-1000М при модифікації процедур, частоти та обсягів контролю теплообмінних труб з урахуванням особливостей будови кожного парогенератора.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБМІНУ В СПІНОВИХ ФІЛЬТРАХ ПРИ ОПТИЧНІЙ НАКАЧЦІ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЯДЕР ^3He

А.А. Беляєв, Олександр О. Луханін, Олексій О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проведено аналіз процесів спінового обміну з використанням бінарних парів лужних металів. Поляризація атомів рубідію здійснюється методом оптичної накачки. Забезпечуючи оптимальні умови спін-обмінної взаємодії між атомами парів лужних металів рубідію, калію та ядрами ^3He , досягається максимальна поляризація ядер ^3He . Розрахунки показують, що час досягнення стаціонарної поляризації ядер ^3He при використанні суміші парів рубідію і калію скорочується в 2 рази порівняно з чистим рубідієм при фіксованій потужності лазера. Розраховані величини поляризації парів лужних металів в залежності від потужності та ширини спектру випромінювання лазерної системи, щільності парів лужних металів та тиску ^3He в спіновому фільтрі. Для забезпечення оптимальних швидкостей накачки поляризації ядер ^3He , незначного градієнта температури в гелієвому осередку необхідна інтенсивність фотонного пучка складає 1 Вт/см^2 на вхідному вікні осередку. Проведені розрахунки поляризації, трансмісії та добротності нейтронного спінового фільтру для широкого діапазону енергії нейтронів. У доповіді представлений поточний стан та майбутні напрямки розробки поляризатора нейтронів на основі спінового фільтру.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЗЕРКАЛЬНО-ЛІНЗОВОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ФОТОНІВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ВЕЛИКІ ВІДСТАНИ

А.А. Беляєв, Олександр О. Луханін, Олексій О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Джерелом світла для спинного нейтронного фільтра є лазерні діоди з довжиною хвилі випромінюваного світла 795 нм. Конструкція оптичної системи включає в себе масив лазерних діодів потужністю 100 Вт, поляризатор для отримання циркулярно-поляризованого світла, фіберно-дзеркальну систему транспортування пучка, пристроїв діагностики і моніторингу.

Ефективність оптичної системи оцінювалась як відношення потужності переданого світлового потоку до потужності вхідного потоку. Досягнення високої ефективності оптичної системи з використанням масиву лазерних діодів, визначається властивостями транспортуючого світло оптоволокна та оптичних елементів входу і виходу випромінювання.

В розробленій системі транспортування фотонного пучка при розрахунковій передачі світла на відстань 100 м може бути реалізована ефективність понад 80%, включаючи втрати на відбиття на поверхнях оптичних елементів і поглинання в них та втрати при колімуванні пучка. Отримана величина досягається оптимізацією характеристик лінз для необхідного діапазону довжини хвиль випромінювання та щільності потужності світлового пучка в них, властивостей оптоволокна та дзеркал, узгодження фокусних відстаней та юстуванням.

Для перевірки достовірності розрахунків та оптимізації ефективності передбачається створення стенду та виконання експериментальних досліджень.

ПРО ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО
КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS НА
КОЛАЙДЕРІ LHC

О.О. Куров, Л.Г. Левчук, В.П. Попов, О.С. Приставка, К.О. Кліменко, Д.В. Сорока

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Спеціалізований обчислювальний комплекс ННЦ ХФТІ був створений на початку 2000х років для участі в розподіленій обробці даних експерименту CMS на Великому адронному колайдері (LHC) і впродовж багатьох років успішно працював на 2-му (T2) ярусі грід-інфраструктури CMS, де він зареєстрований під назвою T2_UA_KIPT. Високий рівень якості його роботи було досягнуто, завдяки безперервній підтримці працездатності і забезпечення відмовостійкості всіх систем. Проте 2022 рік виявився вкрай непростим для забезпечення роботи T2-центру T2_UA_KIPT. З початком бойових дій (тобто з 24 лютого 2022 р.) територія ННЦ ХФТІ зазнавала багаторазових обстрілів, і подальше повноцінне функціонування комплексу стало неможливим. З 05.03.2022, виконавши передбачені для цього процедури на головному операційному порталі всесвітньої грід-системи GOCDB, комплекс переведено у стан ‘scheduled downtime’ (SD) у всесвітній грід-інфраструктурі WLCG. У той же час до переходу комплексу T2_UA_KIPT в стан SD був забезпечений дуже високий рівень його підтримки. Для центру T2_UA_KIPT рівень готовності до обробки даних CMS за період з початку року по 23 лютого 2022 р. склав 100%. Цей результат був досягнутий завдяки щоденній напруженій роботі колективу, що підтримує роботу комплексу – своєчасному оновленню грід-сервісів і спеціалізованого програмного забезпечення експерименту CMS, а також оперативному реагуванню на програмні збої та відмови апаратних елементів системи, що відбуваються. В подальшому було продовжено вивчення і підготовку необхідних змін в конфігурації центру T2_UA_KIPT, які треба виконати після зупинення роботи комплексу 24.02.2022, а також складання та аналіз відповідного списку з метою якнайшвидшого відновлення роботи центру при створенні для цього належних умов. Зокрема, підготовлено встановлення необхідних оновлень різних компонентів системи, які виправляють уразливості операційної системи CentOS та проміжного грід-забезпечення. Також підготовлено відповідні зміни до конфігурації автентифікації грід-користувачів на головному сервері системи обробки пакетних завдань HTCondor-CE за допомогою токенів CMS ‘Identity and Access Management’ (IAM), відповідно до нових вимог CMS, та оновлення системи HTCondor до версії 9.0. У зв'язку з тим, що CERN припинив підтримку розробки ‘Disk Pool Manager’ (DPM), підготовлено віртуальне середовище для тестування процедури міграції сховища даних спеціалізованого обчислювального комплексу ННЦ ХФТІ з DPM на іншу

систему зберігання даних dCache. На початку осені 2022 р. було усунене пошкодження оптичної лінії, що забезпечує зовнішній зв'язок комплексу з налагодженням роботи каналу зв'язку для віддаленого доступу до комплексу. Було відновлено роботу центрального маршрутизатора комплексу, та запущено систему Netring для віддаленого моніторингу загального стану комплексу (температура та вологість у приміщенні, стан енергоживлення, ін.). Виконано діагностику та ремонт пошкодженого зовнішнього блоку кондиціонера, який підтримує необхідну температуру приміщення обчислювального комплексу. Також було відновлено електроживлення комплексу, порушене в результаті бойових дій. При цьому було виявлено виведення з ладу відразу кількох джерел безперебійного живлення (ДБЖ) на стойках комплексу. Крім того, тривала відсутність електроживлення спричинила сильне розрядження акумуляторних батарей у ДБЖ. Діагностика одного з ДБЖ показала, що вийшла з ладу одна з плат у блоці електроніки джерела. Було виконано ремонт плати, що вийшла з ладу, та заміну непридатних батарей на нові.

Роботу підтримано грантом, виділеним НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики».

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ НАКОПИЧЕННЯ МЕДИЧНОГО РАДІОІЗОТОПУ
 ^{103}Pd ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПУЧКІВ ЗАРЯДЖЕНИХ І НЕЙТРАЛЬНИХ
ЧАСТИНОК

В.О. Григоренко

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Представлено результати аналізу експериментальних даних з накопичення важливого медичного ізотопу ^{103}Pd при використанні пучків заряджених частинок (протони, дейтрони, гелій-3,-4) та нейтральних частинок (гамма та нейтрони). Отримані узагальнені дані з активаційних виходів ^{103}Pd в залежності від методики опромінення натуральних та ізотопно-збагачених мішеней та вмісту в них небажаних супутніх радіонуклідів. Обговорюються шляхи оптимізації накопичення ^{103}Pd з метою пошуку більш перспективних з урахуванням вимог виробництва медичних радіоізотопів.

МІНІМІЗАЦІЯ СУПРОВІДНОГО ФОНУ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ І
ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ ПРИ ФОРМУВАННІ КОНЦЕНТРОВАНОГО ПОТОКУ
УПОВІЛЬНЕНИХ НЕЙТРОНІВ

С.П. Гоков, С.Г. Карпусь, В.Й. Касілов, Г.Д. Коваленко, С.С. Кочетов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розроблено концепцію формувача концентрованого потоку уповільнених нейтронів для нейтронно-захватної терапії раку. Обговорюється методика двоступінчастої мінімізації супроводжуючого фону швидких нейтронів та гамма-випромінювання при формуванні уповільнених терапевтичних потоків нейтронів. Запропоновано варіант конструкції формувача епітеплових нейтронів на основі використання коліматорів, спрямованих з частини сферичної поверхні по радіусу до центру для концентрації густини потоку цих нейтронів на об'єкті, що опромінюється.

ВИКОРИСТАННЯ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ СТІЧНИХ ВОД ТА ЇХНІХ ОСАДІВ

Г.Д. Коваленко¹, В.Й. Касілов¹, С.С. Кочетов¹, В.В. Братішко², І.В. Зінченко³,
О.О. Шопен¹, С.Г. Карпусь¹

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Національний університет біоресурсів та природокористування України, м. Київ

³Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, м. Харків,
Україна

Представлено аналіз світового досвіду використання пучків прискорених електронів з енергією до 10 МеВ в технології обробки стічних вод та їх осадів. На основі загальних вимог до технології радіаційної обробки розроблено пропозиції щодо її впровадження в народне господарство України з урахуванням Національного стандарту України: ДСТУ 7369:2013. «Стічні води: Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошення та удобрення». Обговорюються експериментальні можливості визначення вмісту важких елементів згідно вимог стандарту при використанні гальмівного випромінювання прискорювачів електронів.

ВЗАЄМОДІЯ ПОТОКІВ ШВИДКИХ І ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ З ВОДНИМ РОЗЧИНОМ ОРГАНІЧНОГО БАРВНИКА МЕТИЛЕНОВИЙ СИНІЙ, ЯКИЙ МІСТИТЬ І НЕ МІСТИТЬ БОРНУ КИСЛОТУ

В. Цяцько, С. Гоков, Ю. Казарінов, В. Касілов, Є. Цяцько

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

В роботі представлено результати дослідження знебарвлення водних розчинів органічного барвника: метиленового синього (МС) - $C_{16}H_{18}ClN_3S$ під дією швидких і теплових нейтронів. В експериментах використовували два види розчину: водний, та на основі чотиривідсоткової борної кислоти у воді. Основна мета даних досліджень полягає в розробленні рекомендацій щодо створення системи реєстрації потоків швидких і теплових нейтронів. Експеримент проводився на прискорювальному комплексі ЛПЕ-300, ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут". Нейтрон виробляюча мішень, що складається з набору вольфрамових пластин, розташовувалася на відстані 40 см від вихідного фланця прискорювача. Енергія електронів становила 15 МеВ, середній струм 20 мкА. Конструкція з опромінюваних зразків, отоплювача і свинцевого захисту від супутнього гама-фону розташовувалася перпендикулярно напрямку руху електронів. Розрахунковий флюенс нейтронів в площині зразків без отоплювача становив 10^{11} н/см². Зміну концентрації барвника в результаті опромінення визначали за спектрами оптичного поглинання.

На підставі аналізу проведених експериментів з'ясовано, що під дією потоків теплових та епітеплових нейтронів з водним розчином барвника, що містить 4% борної кислоти, спостерігалася знебарвлення розчину на 30%. Цього достатньо для вимірювання флюенсів фотонейтронів в діапазоні від $3 \cdot 10^{10}$ до $3 \cdot 10^{11}$ н/см² за умови збереження лінійності відгуку.

РАДІАЦІЙНА ПОШКОДЖУВАНІСТЬ W МІШЕНІ ПІДКРИТИЧНОЇ ЗБІРКИ
ННЦ ХФТІ

Б.В. Борц, І.О. Воробйов, В.В. Ганн, А.Ю. Зелінський, І.М. Карнаухов,
Ю.О. Марченко, О.О. Пархоменко, І.В. Паточкін, М.П. Домніч, Л.І. Глушенко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Покриті танталом вольфрамові мішені використовуються сьогодні в низці керованих прискорювачем підкритичних ядерних систем (ADS) у всьому світі. Для створення нейтронно-утворюючої мішені ННЦ ХФТІ використовувалися порошковий пресований вольфрам (чистотою 99,9) у вигляді пластин і танталові фольги товщиною близько 250 мкм для захисту поверхні мішені від корозії під опроміненням. Проблема у створенні мішені з використанням біметалу вольфрам-тантал полягала у розробці методу їхнього з'єднання.

Враховуючи досвід ННЦ ХФТІ, було застосовано високотемпературне з'єднання вольфрамової пластини та танталових фольг прокаткою у вакуумі. Торцеві ділянки пластин покривалися методом CVD газофазного осадження Ta на W. Вольфрамова мішень вже пропрацювала загалом понад рік під пучком високоенергетичних електронів з енергією 100 Мев в процесі налаштування прискорювача та фізичного запуску установки.

Враховуючи дані проведених розрахунків максимальної швидкості створення пошкоджень (0.8 зна./рік), та прогнозів роботи вольфрамових мішеней джерел нейтронів CSNS та ESS, планований ресурс роботи W-Ta мішені ННЦ ХФТІ може становити близько 3-5 років.

АПАРАТНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕНДУ МАГНІТНИХ
ВИМІРЮВАНЬ КВАДРУПОЛЬНИХ ЛІНЗ З ВИКОРИСТАННЯМ
ІНТЕГРАЛЬНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ КОТУШКИ

Зелінський А.Ю., Карнаухов І.М., Лященко В.М., Мициков А.О., Резаев А.В.

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В роботі описана методика збору інформації з інтегральної котушки, яка оснований на методі когерентного складання даних, що значно підвищує точність вимірювання. Також описані програмні та апаратні засоби зчитування даних з інтегральної котушки, що обертається. Ці засоби та прийоми дозволяють визначити магнітну вісь в квадрупольній лінзі з точністю не гірше 50 мкм, а також визначити гармонічний склад магнітного поля мультипольної лінзи.

СТЕНД МАГНІТНИХ ВИМІРЮВАНЬ НА БАЗІ ДАТЧИКІВ ХОЛЛА
Лященко В.М.

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В роботі описано стенд магнітних вимірювань з використанням датчиків Холла. Описана методика, та обладнання які забезпечують вимірювання магнітних полів дипольних магнітів в діапазоні до 1.5 Т з точністю 10^{-3} . Датчики були попередньо прокалібровані за методикою Ядерного Магнітного Резонансу. Також були встановлені часова та температурна стабільність вимірювань.

КОНВЕКЦІЯ В'ЯЗКОЇ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ В ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ЦИЛІНДРИЧНІЙ ТРУБІ З ТЕПЛОНОСІЄМ ТА З ВЕРТИКАЛЬНИМ ГРАДІЄНТОМ ТЕМПЕРАТУРИ

О.Л. Андрєєва¹, К.В. Абеленцева², В.І. Ткаченко^{1,2}

¹ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Запропонований аналітичний метод розв'язку задачі про конвективну нестійкість у довгому горизонтальному круглому циліндрі, заповненому в'язкою, нестисливою рідиною, що має вертикальний градієнт температури. Метод ґрунтується на використанні базових функцій, які задовольняють вихідному рівнянню. Проте базові функції не задовольняють граничним умовам. У досить високому наближенні проблема з граничними умовами вирішена методом розбиття площі описаного навколо циліндра квадрата площею 1×1 на елементарні осередки, які є квадратами меншої площі зі стороною в p разів менше від сторони описаного квадрата, де p – велике ціле число.

Запропонованим розбиттям описаного навколо циліндра квадрата вдається найточніше задовольнити граничним умовам, чим менша сторона квадрата меншої площі (елементарного осередку), тим точніше виконуються граничні умови. Це пояснюється тим, що зі зменшенням розміру елементарного осередку збільшується кількість кутів, що знаходяться на межі циліндра, де функція лінії струму і її перша похідна по радіусу (відповідає алгебраїчній сумі похідних по вертикальній і горизонтальній координатам) дорівнює нулю (умова жорсткої межі).

Використовуючи такий метод розбиття описаного навколо циліндра квадрата на елементарні осередки, отримані аналітичні значення критичних чисел Релея для різних розташувань ліній струму в горизонтальному циліндрі нестисливої рідини, що має вертикальний градієнт температури. Розраховані аналітичні вирази для критичних чисел Релея в межах 5% відрізняються від розрахованих у попередніх дослідженнях з використанням числових методів.

ВИНЯТКОВІ ТОЧКИ ДЛЯ ЗВ'ЯЗАНОЇ СИСТЕМИ СПАЗЕРУ ТА ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ХВИЛЕВОДУ

А.В. Глущенко¹, О.Л. Андрєєва¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

¹ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Метою даного дослідження є вивчення роботи спазеру (плазмонний лазер), та можливості накачки його енергією за рахунок діелектричного хвилеводу. Для розв'язку поставленої задачі був розвинений багатомодовий аналітичний підхід для дослідження зв'язаної системи діелектричного циліндричного хвилеводу та спазеру. Розглянутий спазер складається із золотої нанооболонки на діелектричному стержні, які оточені щільним шаром квантових точок (шар діелектрику з посиленням) [1].

В роботі отримані виняткові точки, що виникають для HE_1 плазмонної моди спазера та TM_{01} і EH_{11} мод діелектрика. Отримані результати показують, що формування виняткових точок суттєво залежать від орієнтації електромагнітних полів.

Показано, що зовнішнє поле в виді x - або y - поляризованого Гаусового пучка, здатне збуджувати різні типи мод розглянутої системи.

1. Stockman M. I. Spasers explained // Nature Photonics. – 2008. – Т. 2. – № 6. – С. 327-329.

НАГРІВ ТОРОЇДАЛЬНОЇ ПЛАЗМИ ЗА РАХУНОК ЗВ'ЯЗКУ З ХВИЛЯМИ ЗОВНІШНЬОГО КОНЦЕНТРИЧНОГО ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ТОРОЇДАЛЬНОГО ХВИЛЕВОДА

А.В. Глущенко¹, О.Л. Андрєєва¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

¹ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України
²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

В попередніх дослідженнях авторами розглядалася задача зв'язку електромагнітних хвиль системи з двох циліндричних хвилеводів, осі яких розташовані паралельно та рознесені на певну відстань. Для такої конфігурації було розглянуто задачу нагріву плазми в одному з циліндрів за допомогою особливих точок, що виникають в системі зв'язаних діелектричного та плазмового циліндричних хвилеводів.

У даній роботі розглянуто близьку до практичного застосування конфігурацію концентрично розташованих торів. Геометрія розглянутої задачі наступна. Утворюючі торів радіусом r_1 і r_2 (малі радіуси торів 1 і 2) мають загальний центр, а центри торів, розташовані на одній прямій, і відстоять від центру торів на відстанях R_1 і R_2 (великі радіуси торів 1 і 2). Усередині першого тора знаходиться плазма, а другий тор наповнений діелектриком, власні електромагнітні хвилі якого зв'язані з електромагнітними хвилями внутрішнього тора через відповідні азимутальні розрізи обох торів певної ширини.

У роботі показано, що для даної зв'язаної системи збудження моди в діелектричному тороїдальному хвилеводі, завдяки зв'язку електромагнітних хвиль обох торів, призводить до нагріву плазми у внутрішньому торі.

Система зв'язаних торів приваблива тим, що дозволяє керувати інтенсивністю нагріву плазми зміною геометрії системи.

ПОСИЛЕННЯ ДИФУЗІЇ В НЕДОДЕМПФОВАНИХ ПРОСТОРОВО-
ПЕРІОДИЧНИХ СИСТЕМАХ ЗОВНІШНІМИ НИЗЬКОЧАСТОТНИМИ
ПОЛЯМИ

В.Ю. Аксенова^{1,2}, І.Г. Марченко^{1,2}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Досліджено можливості посилення дифузії частинок в періодичних структурах на кшталт кристалів за допомогою впливу на них зовнішніми періодичними в часі полями різного походження. Наприклад, акустичними або електромагнітними полями. Вивчено вплив прямокутного поля з частотами менше $0.01 \cdot \omega_0$, де ω_0 – частота власних малих коливань частинок у системах із малою дисипацією. Обраний коефіцієнт тертя в безрозмірних одиницях дорівнював $\gamma' = 0.03$. Показано, що коефіцієнт дифузії може бути посилений на кілька порядків із застосуванням поля відповідної амплітуди та частоти. Найбільше посилення дифузії досягається при $\omega \rightarrow 0$. При низьких частотах максимальне посилення можливо тільки у вузькому діапазоні амплітуд поля $F' \propto \gamma'$. При подальшому збільшенні амплітуди поля коефіцієнт дифузії зменшується. Збільшення частоти зовнішнього впливу призводить до розширення інтервалу сил, однак величина посилення дифузії зменшується. Показано, що при перевищенні деякого порогового значення амплітуди зовнішнього поля спостерігається посилення коефіцієнта дифузії. Отримані результати розкривають перспективи створення технологій управління процесами дифузії.

ЕФЕКТИВНИЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТУ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ВИПАДКОВО-ГЕТЕРОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ

М.І. Братченко, С.В. Дюльдя

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Найбільш прямолінійним методом моделювання транспорту у випадково-гетерогенному середовищі є “подвійний” Монте-Карло алгоритм (2-МК), який генерує велику кількість детермінованих реалізацій випадкового середовища, для кожної з яких використовується звичайний алгоритм МК-транспорту, а отримані результати осереднюються за усіма реалізаціями. Але цей метод є обчислювально витратним, бо множина реалізацій, яка потрібна для збіжності результатів розрахунків, повинна бути досить великою та адекватно представляти генеральну сукупність безлічі реалізацій.

Більш ефективним є підхід, коли статистичні властивості випадкового середовища враховуються безпосередньо на кожному кроці МК-моделювання. Для нейтральних частинок цей підхід вже був нами реалізований у заснованому на бібліотеці GEANT4 коді RaT шляхом введення відповідного ядра розповсюдження опромінення, який продемонстрував свою значну ефективність у порівнянні з 2-МК-методом. Зараз нами сформульовано та реалізовано у коді RaT 3.1 новий ефективний алгоритм моделювання транспорту заряджених частинок у випадково-гетерогенному середовищі, який засновано на запропонованій теоретичній моделі гальмування у матеріалі з флуктуючою густиною. Порівняння отриманих з його допомогою результатів з даними моделювання 2-МК-методом показує, що обидва методи добре узгоджуються між собою як якісно, так і, в деяких випадках, кількісно.

ТЕРМОВАКУУМНИЙ ПРОЦЕС ДИСПЕРГУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ

В.О. Кутовий

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут». НАН України

Інтенсифікація виробничих процесів, а також вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження при диспергуванні гетерогенних матеріалів останнім часом набуває все більшого значення.

На підставі об'єднання процесу вакуумування та швидкісного термічного нагрівання вперше здійснено науково-технічну розробку екологічно чистого, високопродуктивного, енергоефективного термовакуумного методу безперервного виробництва нанодисперсного матеріалу.

Встановлено, що на дисперсний матеріал у термовакуумній установці послідовно впливають силові, теплові, деформаційні, іонізаційні ефекти, що дозволяє прискорити процес отримання нанодисперсних матеріалів з новими фізико-хімічними та механічними властивостями за короткий проміжок часів.

Якщо у існуючих методиках для побудови нової кристалічної решітки потрібні складні та дорогі установки, великі витрати енергії з подоланням активаційних бар'єрів від декількох еВ до десятків еВ, то у термовакуумній установці шляхом термодифузії та за рахунок імпульсної ударної хвилі протягом кількох мілісекунд з мінімальною витратою енергії виникають кристалічні модифікації нанодисперсних матеріалів із новими властивостями.

Термовакуумний метод є прогресивним засобом диспергування гетерогенних матеріалів, який підвищує ефективність технологічного процесу та знижує енергетичні витрати.

САМОУЗГОДЖЕНИЙ АНАЛІЗ РЕЗОНАТОРІВ ГІРОТРОНІВ З КОРОТКОЮ НЕОДНОРІДНІСТЮ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ

О.В. Максименко, В.І. Щербінін, В.І. Ткаченко

ННЦ “Харьківський фізико-технічний інститут” НАН України

Одним із можливих методів підвищення потужності та зменшення омічних втрат в гіротронах є робота на вищих аксіальних резонансах в режимі гіро-ЛБХ [1]. Проте реалізація такого робочого режиму вимагає пригамування моди резонатора на нижчому (першому) аксіальному резонансі. Для цього у [1] запропоновано використовувати коротку неоднорідність в профілі резонатора, яка здатна змінювати на π фазу поля робочої моди гіротрона. На даний момент аналіз таких резонаторів проводиться лише в одномодовому наближенні та лише для вказаних розмірів неоднорідності. Вплив конверсії мод на ефективність використання короткої неоднорідності в резонаторі та її оптимальні розміри залишаються невизначеними. В даній роботі, використовуючи раніше розроблений самоузгоджений підхід з конверсією мод, проведена оптимізація розмірів короткої неоднорідності в резонаторі 527-ГГц гіротрона [2]. Також проаналізовано вплив конверсії мод на ефективність її застосування в резонаторі з метою підвищення потужності гіротрона.

1. Y. K. Kalynov, I. V. Osharin, and A. V. Savilov, “Stability of excitation of traveling waves in gyrotrons with low-relativistic electron beams,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 64, no. 11, pp. 4693–4699, Nov. 2017.

2. S. K. Jawla, R. G. Griffin, I. A. Mastovsky, M. A. Shapiro, and R. J. Temkin, “Second harmonic 527-GHz gyrotron for DNP-NMR: Design and experimental results,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 67, no. 1, pp. 328–334, Jan. 2020.

ВПЛИВ ПУЧКІВ ІОНІВ ГЕЛІЮ, З ЕНЕРГІЯМИ 4 MeV НА ПРОЦЕСИ
ПОВЕРХНЕВОГО РОЗПИЛЕННЯ

О.В. Мануйленко^{1,4}, Є.М. Прохоренко², Б.В. Зайцев¹, К.В. Павлій¹, С.М. Дубнюк¹,
В.В. Литвиненко², Т.Г. Прохоренко^{3,2}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

⁴Харківський національний університет ім. Каразіна, Україна

Під час створення термоядерних реакторів гостро стоїть питання матеріалів першої стінки. Серед матеріалів, які можуть використовуватися для виготовлення стінок реактора, розглядається і вольфрам. При опроміненні вольфраму іонами гелію відбувається порушення структури матеріалу та зміна його характеристик. Для дослідження поверхні вольфраму застосовували імітаційне моделювання. Дослідження виконували за допомогою іонів гелію. Іони гелію з енергією 4 MeV (в режимі прискорення) було отримано на прискорювачі іонів [1].

Визначено значення втраг енергії та глибини залягань ушкоджень [2]. За допомогою коду SRIM обчислено коефіцієнти розпилення вольфраму з його поверхні. Коефіцієнти розпилення знайдені з урахуванням товщини зразка та глибини залягання шару. Знайдено, що при енергіях іонів гелію 4 MeV, на коефіцієнт розпилення впливають шари вольфраму на глибинах не більше 60 ангстрем. Кількість вольфрамового пуху на краях кратерів менша ніж для кратерів, які створювались під дією іонів гелію з енергіями 0.12 MeV (режим інжекції).

1. V.I. Butenko, S.N. Dubniuk, A.F. Dyachenko, A.P. Kobets, O.V. Manuilenko, K.V. Pavlii, V.A. Soshenko, S.S. Tishkin, B.V. Zajtsev. Constructional materials experimental researches on the helium ions linear accelerator. // Problems of atomic science and technology. 2021, № 4, v. 134, p. 85-89.

<https://doi.org/10.46813/2021-134-085>.

2. O.V. Manuilenko, E.M. Prokhorenko, K.V. Pavlii, B.V. Zajtsev, S.N. Dubniuk, V.V. Lytvynenko, T.G. Prokhorenko. Changes of the radiation characteristics of surface of tungsten as a result of influence of helium ion beams. // Problems of atomic science and technology. 2022, № 3, v. 139, p. 36-41.

<https://doi.org/10.46813/2022-139-0836>

ЗАСТОСУВАННЯ ПУЧКІВ ІОНІВ ГЕЛІЮ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТІВ НА ПОВЕРХНІ ВОЛЬФРАМУ

О.В. Мануйленко^{1,4}, Є.М. Прохоренко², Б.В. Зайцев¹, К.В. Павлій¹, С.М. Дубнюк¹,
В.В. Литвиненко², Т.Г. Прохоренко³

¹ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

⁴Харківський національний університет ім. Каразіна, Україна

Розглядалося питання зміни структури вольфраму в результаті опромінення іонами гелію. Дана ситуація реалізується коли вольфрам використовується як матеріал першої стінки термоядерного реактору. Для досліджень використовували іони гелію з енергіями 0.12 MeV (в режимі інжекції), отримані на прискорювачі [1]. На поверхні виявлено явище флекінгу та блістерингу. Кількість кратерів, що утворилися, істотно перевищує кількість бульбашок. Було знайдено коефіцієнт розпилення з поверхні вольфраму [2]. Отримано інтегральні та диференціальні характеристики коефіцієнту розпилення. Розглядалися зразки різної чистоти та з різним компонентним складом. Вміст вольфраму у зразках 99.5% та 99.7%. Максимальний коефіцієнт розпилення вольфраму зосереджений в певній області. Ця область знаходиться в діапазоні довжин вільного пробігу іонів гелію від 3 до 17 ангстрем.

Також вивчалася питання створення вакансій. Розглядалися питання появи та перерозподілу зміщень у зразках чистого вольфраму.

1. V.I. Butenko, S.N. Dubniuk, A.F. Dyachenko, A.P. Kobets, O.V. Manuilenko, K.V. Pavlii, V.A. Soshenko, S.S. Tishkin, B.V. Zajtsev. Constructional materials experimental researches on the helium ions linear accelerator. // Problems of atomic science and technology. 2021, № 4, v. 134, p. 85-89.

<https://doi.org/10.46813/2021-134-085>.

2. O.V. Manuilenko, E.M. Prokhorenko, K.V. Pavlii, B.V. Zajtsev, S.N. Dubniuk, V.V. Lytvynenko, T.G. Prokhorenko. Changes of the radiation characteristics of surface of tungsten as a result of influence of helium ion beams. // Problems of atomic science and technology. 2022, № 3, v. 139, p. 36-41.

<https://doi.org/10.46813/2022-139-0836..>

ВИВЧЕННЯ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І
ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ПОЛІСТИРОЛ ВОЛЬФРАМОВИХ
КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Є.М. Прохоренко¹, В.В. Литвиненко¹, О.О. Захарченко², М.А. Хажмуратов²,
Т.Г. Прохоренко³

¹Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, України

Були виготовлені експериментальні зразки композиційних матеріалів, які використовуються для радіаційного захисту [1]. Композит виготовлений із полістиролу, який був армований порошком алюмінію з розміром крупинки 60-90 мкм. Як радіаційно-захисну добавку використовували порошок вольфраму з розміром крупинки 50-60 мкм. За допомогою коду Geant4 v 4.9.6r03 розраховано величину значення відносного ослаблення дози іонізуючого випромінювання. Досліджувалися композиційні матеріали типу C(PS(10),W(YY),Al(ZZ)). Знайдено, що зразки композиційного матеріалу з товщиною 10 мм поглинають рентгенівське випромінювання в інтервалі енергій до 100 KeV. Тобто, поглинається випромінювання більшості приладів, які використовуються в медицині. Також для цих композиційних матеріалів знайдено межі міцності на розрив. Межі міцності знайшли при температурах зразків рівних 250 °К, 290 °К, 320 °К. Отримано, що межа міцності залежить від однорідності розподілу металевих компонент по об'єму композиту, розмірів крупинок компонент, кількості та виду компонент. Визначено композиційні матеріали, які мають максимальні радіаційно-захисні характеристики при максимальній міцності.

1. E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko, A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmuradov, S.A. Sokolov, T.G. Prokhorenko. Analysis of radiation protective properties of polystyrene based composite materials. // Problems of atomic science and technology. 2021, № 3, v. 133, p. 111-118.

ВПЛИВ ДИСПЕРСНОСТІ НАПОВНЮВАЧА В ПОЛІСТИРОЛ
ВОЛЬФРАМОВОМУ КОМПОЗИТІ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНОГО МАТЕРІАЛУ

Є.М. Прохоренко¹, В.В. Литвиненко¹, О.О. Захарченко², М.А. Хажмуратов²,
Т.Г. Прохоренко³

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України*

²*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

³*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна*

Вивчалися питання щодо зміни характеристик композиційних матеріалів [1]. Композиційні матеріали призначені для захисту електронного устаткування від різних типів випромінювань. Був підібраний склад компонент та розміри їх крупинок для максимальних радіаційно захисних та радіаційно розсіювальних характеристик. В якості основи застосовували полістирол, армований порошковим алюмінієм (розмір крупинок алюмінію 10-20 μm або 60-90 μm). Вольфрам був радіаційно-захисною добавкою (розмір крупинок 50-60 μm або 230-280 μm). Виявлено, що із зменшенням розмірів крупинок компонент відбувається збільшення характеристик міцності та твердості. Також виявлено, що основний вплив на міцність та твердість композиту надає компонента алюмінію. Підвищення міцності може бути до 20%. Ослаблення дози іонізуючого випромінювання розраховане за допомогою пакету програм Geant4 v 4.9.6p03. Знайдено, що композиційні матеріали C(PS(05),W(YY),Al(ZZ)) поглинають гама кванти з енергіями до 200 KeV.

В цій статті було зроблено дослідження, присвячене фінансовому підходу Українського державного бюджету програми “Support for the development the priority areas of scientific researches” (Budget Financial Code 6541230).

1. E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko, A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmuradov, S.A. Sokolov, T.G. Prokhorenko. Analysis of radiation protective properties of polystyrene based composite materials. // Problems of atomic science and technology. 2021, № 3, v. 133, p. 111-118.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ГАЛЬМІВНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ В ДІАГНОСТИЧНИХ РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ
П.С. Погребняк²

Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, м. Харків

На теперішній час одним із актуальних напрямів дослідження є встановлення ролі структури твердих тіл у спостереженні ефектів взаємодії іонізуючих випромінювань із речовиною. У загальному випадку такі параметри, як тип іонізуючої частинки, її енергія і атомний номер речовини мішені, що приймаються на розгляд, є вичерпними для опису і передбачення результату опромінення. Разом з тим, у ряді випадків спостерігаються радіаційні ефекти, зумовлені саме структурою твердих тіл, а саме поляризаційне гальмівне випромінювання. Ефекти взаємодії низькоенергетичних електронів з атомами та кластерами інертних газів [1] дозволяють отримати результати, що мають важливе значення для діагностики матеріалів, що експлуатуються в умовах радіаційного навантаження та впливу інших екстремальних факторів. Таким чином, цей напрямок становить інтерес з точки зору розробки нових діагностичних радіаційних технологій.

1.Погребняк П.С., Гнатченко Е.В., Верховцева Э.Т., Фогель Я.М. / Об особенностях излучения сверхзвуковой струи аргона в ультрамягкой рентгеновской области спектра // Изв. АН СССР сер. Физ.-1976.-т.40.- № 2.- с. 307-310

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ АБСОРБЦІОМЕТРІЇ У МЕДИЦИНІ

О.Д. Ополонін, А.В. Креч, Н.Л. Караваєва, С.В. Махота

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків

В роботі розглянуто основні напрями та фізичні аспекти медичного застосування двоенергетичної рентгенівської абсорбціометрії (ДРА), яка на сьогодні вважається «золотим стандартом» діагностування остеопорозу.

Проведено модельні обчислення, в межах трикомпонентної ДРА моделі людини, отримано спектри рентгенівського випромінювання після проходження крізь жирову, м'яку та кісткові тканини (для діапазону енергій 20кеВ -150кеВ). Побудовано графіки енергетичної залежності ослаблення рентгенівського випромінювання жировою, м'якою та кістковою тканинами різної товщини (0,2; 0,8; 2; 8 см).

Використовуючи радіографічні зображення фрагментів свійських птахів [1], отримані в трьох різних енергетичних діапазонах (20-50кеВ, 50-100 кеВ, 60-150кеВ) проведено порівняння різних методик [1-3] ДРА для визначення мінеральної щільності кісткової тканини на фоні м'язової тканини.

1. Ополонін О.Д. «Принципи характеристики матеріалів за ефективним атомним номером при радіографічному контролі»: дис. канд. фіз.-мат. наук: 01.04.01. Харків, 2021. 158 с.

2. О.Д. Opolonin, V.D. Ryzhikov "Increasing informativity of digital radiographic systems. Functional materials. – 2013. – Vol.20. – No.4.– P. 528–533.

3. «Dual Energy X Ray Absorptiometry for Bone Mineral Density and Body Composition Assessment» // IAEA Human Health Series. – 2011. - №15. – 118p.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО ВІДГУКУ В
ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛАХ ІЗ СТОХАСТИЧНИМ ХАРАКТЕРОМ
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СВІТЛА

Я.І. Полупан, І.В. Лазарев, Є.В. Мартиненко, О.А. Тарасенко, В.О. Тарасов

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків

У переважній більшості прикладних задач використовуються прозорі сцинтилятори. Останнім часом виникла ідея використання саме сцинтиляторів із низькою прозорістю («мутних» сцинтиляторів) для локалізації місця виникнення сцинтиляційного спалаху. Так для реєстрації нейтрино автори [1] в якості «мутних» матеріалів використали рідкі сцинтилятори.

В роботі досліджується можливість використання органічного полікристалу в якості «мутного» сцинтилятора. Полікристали виготовляють методом пресування кристалічних гранул. Світло при розповсюдженні крізь полікристал зазнає багаторазового відбивання та заломлення на границях гранул, що ускладнює його проходження. Проведено дослідження світлового виходу та оптичного пропускання полікристалів стильбену та *n*-терфенілу із різними фракціями кристалічних гранул: від 0,06 – 0,1 мм до 2,0 – 2,5 мм (діаметр зразків 20 мм та висота 2 мм). Проведено моделювання проходження світла в полікристалічних зразках стильбену та *n*-терфенілу та розраховані значення коефіцієнтів світлозбирання в них. З'ясовано, що для отримання полікристалічних зразків із достатньо високим світловим виходом та високою ефективністю виявлення локальних місць взаємодії іонізуючого випромінювання слід використовувати гранули в діапазоні 0,4-0,8 мм.

1. Cabrera A., Abusleme A., dos Anjos J. // *Communications Physics*. – Vol. 4:273. – 2021.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ ДЖЕРЕЛА $^{239}\text{Pu-Be}$ ЗІ СПЕКТРІВ ПРОТОНІВ ВІДДАЧІ

І.Ф. Хромюк, Є.В. Мартиненко, О.А. Тарасенко

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків

Органічні сцинтилятори знайшли своє застосування у задачах спектрометрії швидких нейтронів у присутності фонового гамма-випромінювання. Особливе місце в задачах спектрометрії швидких нейтронів займають методи відновлення енергетичного нейтронного спектру зі спектру протонів віддачі, що генеруються в органічному сцинтиляторі [1, 2]. В роботі [1] значення ефективності детектування швидких нейтронів $\varepsilon(E_n)$ з енергією E_n приймалося рівним 1 для всіх E_n . Це дозволяє визначити лише положення нейтронних піків у шкалі сцинтиляційних амплітуд, а не їхню вихідну інтенсивність у джерелі.

У роботі проведено розрахунки значень ефективності ε як функції E_n з урахуванням впливу вуглецю. Використовуючи результати розрахунків $\varepsilon(E_n)$, проведено відновлення нейтронних спектрів джерела $^{239}\text{Pu-Be}$ для кристалічних сцинтиляторів стильбену та *n*-терфенілу.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України, проєкт № 2021.01/0042 «Розробка ефективних детектуючих систем для задач радіоекології, щодо найбільш шкідливих для людини іонізуючих випромінювань».

1. Galunov N.Z., Martynenko E.V. *Rad. Meas.* – 2007. – Vol. 42, No.4-5. – P. 715-718.
2. Anderson M.E., Neff R.A. *Nucl. Instr. and Meth.* – 1972. – Vol. 99, No.2. – P. 231-235.

ОРГАНІЧНІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНІ СЦИНТИЛЯТОРИ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВИСОКОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО РОЗДІЛЕННЯ ЗА ФОРМОЮ ІМПУЛЬСУ

І.Ф. Хромюк, І.В. Лазарєв

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків, Україна

Органічні полікристалічні сцинтилятори складають один з головних напрямів серед відносно нового типу сцинтиляційних детекторів – гетероструктурованих сцинтиляторів. Їх перевагою є отримання без застосування сторонніх матеріалів, а саме безпосередньо механічне гаряче пресування. Як і більшість гетероструктурованих сцинтиляторів, використання полікристалічних сцинтиляторів дозволяють позбутися характерного для монокристалів обмеження за площею реєструючої поверхні, а також уникнути пов'язаних з механічною обробкою втрат сировини.

У свою чергу, на відміну від добре відомих монокристалічних сцинтиляторів, цей матеріал є не суцільним середовищем, а гетероструктурованим. Для монокристалів (а також рідин) здатність відокремлювати сигнали, отримані від випромінювань із різними питомими енергетичними втратами вже достатньо досліджена, але збереження такого підходу до аналізу фізичних явищ у гетероструктурованих зразках є недопустимим. Це пов'язано з тим, що у таких системах міграція T -станів, рекомбінація яких безпосередньо відповідає за розділення іонізуючих випромінювань за формою імпульсу, може бути обмежена розмірами гранули, на основі яких отримано такі зразки. Тому постає необхідність аналізу таких залежностей. Саме цьому і присвячена дана робота.

Робота виконана за підтримки Національного фонду досліджень України, проєкт № 2021.01/0042 «Розробка ефективних детектуючих систем для задач радіоекології, щодо найбільш шкідливих для людини іонізуючих випромінювань».

УТВОРЕННЯ ЗБУДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ІТРИЮ ПРИ ІОННОМУ БОМБАРДУВАННІ ІТРИЮ ТА АЛЮМО-ІТТРИЄВОГО ГРАНАТУ

І.О. Афанасьєва, В.В. Бобков, В.В. Грицина, Ю.І. Ковтуненко, Д.І. Шевченко

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

У роботі проводиться порівняння параметрів іонно-фотонної емісії, яка виникає під час бомбардування іонами Ag^+ металевого ітрію та алюмо-ітрієвого гранату ($Y_3Al_5O_{12}$) з метою встановлення механізмів формування збуджених атомів та іонів ітрію в залежності від фізико-хімічних параметрів твердого тіла.

Проаналізовано емісійні спектри розпилених збуджених частинок та побудовано залежності ефективності збудження атомів та іонів ітрію $\sigma_j(E_j)$ від енергії збудження E_j відповідних станів для досліджуваних мішеней.

Встановлено, що вибивання розпилених частинок ітрію відбувається в процесах кратних чи каскадних зіткнень налітаючого іона з твердим тілом, а також при вибиванні складних метастабільних комплексів Y_mO_m . В залежності від процесу утворення, розпилені частинки можуть отримати збудження при розділі загальної електронної хмари атому твердого тіла та налітаючого іона, при адіабатичному розпаді системи тверде тіло - розпилена частинка та за рахунок розвалу вибитого складного метастабільного комплексу на поверхні твердого тіла або при його відльоті. На формування кінцевого збудженого стану розпилених атомів та іонів ітрію суттєво впливає швидкість відльоту розпиленої частинки, положення рівня збудженого стану щодо зони провідності твердого тіла, наявність каскадних переходів з вище розташованих збуджених станів.

ВИЯВЛЕННЯ ГЕТЕРОГЕННОСТІ ФАЗОВОГО СКЛАДУ СПЛАВІВ ШЛЯХОМ ВІМС АНАЛІЗУ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ З ВОДНЕМ

Оксенюк І.І., Літвінов В.О., Бобков В.В.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Виявлення наявності декількох фаз у складі сплавів, окрім традиційних методів аналізу, також можливо за допомогою ВІМС-мікроскопії або ВІМС-мікрозондового аналізу. Такий спосіб спирається на можливості приладу, зокрема його поверхневу роздільну здатність. У ВІМС-приладах без можливості отримання вторинно іонних зображень такий спосіб не можливо реалізувати. Результати проведеної серії ВІМС досліджень взаємодії різних сплавів з воднем показали що, спираючись на різницю у характеристиках взаємодії з воднем, можливим є виявлення фазової гетерогенності досліджуваного зразка при ВІМС аналізі взаємодії зразка з воднем без застосування мікрозондового аналізу та/або вторинно іонної мікроскопії. Також є можливою ідентифікація металів що є у складі виявлених різних фаз. Серед досліджених зразків гетерогенність фазового складу було виявлено при дослідженнях сплавів LaNi_5 , $\text{Zr}_{65}\text{V}_{30}\text{Ti}_5$, а також зразка Ті-вмісної нержавіючої сталі. У якості критерію для диференціації, застосовувалося порівняння залежностей інтенсивностей емісії вторинних іонів Me_kH_m від парціального тиску водню із залежностями від температури зразка для цих же вторинних іонів. Необхідність у використанні такого порівняння витікає з того що залежності виходів воденьвмісних вторинних іонів від поверхневої концентрації водню можуть істотно відрізнятися навіть при їх емісії з поверхні однієї фази, згідно результатів проведеної серії досліджень.

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ ГАММА-ПЕРЕХОДІВ У НУКЛІДАХ РЯДУ ^{238}U

Д.В. Касперович, Ф.А. Даневич, В.І. Киришук, В.В. Кобичев,
Б.М. Кропив'янський, В.І. Третяк

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

Метою даної роботи є перевірка повідомлення про експериментальне спостереження шести нових гамма-переходів при розпаді нукліду $^{234\text{m}}\text{Pa}$ з енергіями понад 2 МеВ та відносними інтенсивностями випромінення гамма-квантів ($2 \cdot 10^{-5} - 1,8 \cdot 10^{-4}$) % [1]. Для вимірювань використовувалися два зразки U_3O_8 , виготовлені та сертифіковані у США, з різним ізотопним збагаченням нукліду ^{235}U : (1) 0,3206(2)% (маса зразка 200 г), виготовлений у 1977 р., та (2) 93,2330(53)% (маса зразка 230 г), виготовлений у 1990 р. Зразки знаходяться у герметичних алюмінієвих контейнерах циліндричної форми з внутрішнім діаметром 70 мм та товщиною вікна 2 мм. Вимірювання з кожним зразком проводилися за допомогою циліндричного HPGe-детектора об'ємом 70 cm^3 впродовж 46 діб. Фон детектора було виміряно впродовж 8,1 діб.

Експериментально підтверджено спостереження п'яти гамма-піків з енергіями 2022,24(12) кеВ, 2041,23(13) кеВ, 2065,80(13) кеВ, 2093,19(38) кеВ та 2136,69(14) кеВ. Встановлено, що джерелом піків є розпад нукліду, що знаходиться у рівновазі з ^{238}U , найімовірніше $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (окрім піку 2041,23(13) кеВ, походження якого не вдалося встановити). Енергії та інтенсивності випромінення для вказаних переходів узгоджуються з даними роботи [1]. Пік 2102,14(15) кеВ не спостережений у даній роботі через перекриття з інтенсивним піком 2103,5 кеВ, що є результатом одиночного вильоту анігляційних гамма-квантів при реєстрації гамма-квантів 2614,5 кеВ (^{208}Tl).

1 В.Б. Бруданин и др., Письма в ЭЧАЯ 1 (2004) 84.

ТЕРИТОРІЇ УРАНОВОЇ СПАДЩИНИ ЯК ТЕХНОГЕННО-ПІДСИЛЕНІ
ДЖЕРЕЛА РАДІОАКТИВНОСТІ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ
Т.В. Дудар¹, О.В. Фаррахов²

¹*Національний авіаційний університет, Київ*

²*ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ*

З точки зору оцінки безпеки радіоактивних джерел (RSSA), розглядається відносно новий підхід, який оцінює національну політику, зобов'язання та дії щодо захисту радіоактивних джерел і запобігання реальним можливостям створення брудної бомби. Такий підхід передбачає розгляд поняття радіаційного тероризму як використання або загрози використання в терористичних цілях радіоактивних речовин і матеріалів в якості вражаючого фактора іонізуюче випромінювання.

Уранові хвостосховища, наявні на територіях уранової спадщини в Україні, є відходами видобутку урану. Відходи виробництва складаються на поверхні шахтної ділянки у подрібненому вигляді. Цінні урановмісні мінерали часто видаляються шляхом кучного вилуговування з використанням кислот або лугів, а залишок радіоактивного шламу, який називається «урановими хвостами», зберігається у водоймищах. Уранові хвостосховища містять більше десятка радіонуклідів, які є основною небезпекою хвостосховищ. Найбільш важливими з них є торій-230, радій-226, радон-222 (газ радон) і дочірні ізотопи розпаду радону, включаючи полоній-210. Значна частина цих відходів – це альфа-частинки, що утворюються з ланцюгів розпаду природних урану та торію. Території розташування таких ділянок пропонується досліджувати з точки зору наявності техногенно-підсиленних джерел радіації природного походження, яким приділяється велика увага у Європі та світі.

ВРАХУВАННЯ РИЗИКІВ РОЗВИТКУ КАРСТОВИХ ПРОЦЕСІВ У МІСЦЯХ РОЗТАШУВАННЯ АТОМНИХ СТАНЦІЙ

К.А. Васютинська, С.В. Барбашев, С.С. Смик

Національний університет «Одеська політехніка»

Екологічний підхід до вибору місць розміщення атомних станцій України вимагає врахування природних і техногенних чинників, що можуть негативно впливати на радіаційну безпеку як АЕС, так і районів їх розташування. Відповідно до «Загальних положень безпеки атомних станцій – 2008» для цього потрібно враховувати ряд характерних для даного майданчика факторів, у т.ч. небезпечні динамічні геологічні процеси, серед яких найбільш впливовим є карст.

Мета роботи полягала у розробці пропозиції щодо вибору місць розміщення постів спостереження екологічного, у тому числі геологічного, моніторингу території розташування АЕС на основі методів геоінформаційного аналізу карстових процесів у відповідних зонах контролю.

Для аналізу вибрана Рівненська АЕС, яка розташована в регіоні, практично всю територію якого (~85%) займають породи, здатні до карстування. Слід зауважити, що останніми роками площі відкритого карсту в цьому регіоні збільшуються.

У роботі систематизовані ризики активізації карстопроявів у районі розміщення станції. Методом ГІС-технологій визначені зони розвитку карстових процесів, що безпосередньо або опосередковано впливають на гідрогеологічні характеристики ландшафту та ґрунтів зони ведення моніторингу. Показано, що обумовлені карстовими породами зміни як швидкості руху ґрунтових вод, переносу забруднюючих речовин (радіонуклідів), так й акумуляційної здатності порід, вимагають створення такої мережі пунктів геоекологічного моніторингу, яка давала б представницьку інформацію про можливі ризики пов'язані з існуванням карстів. На основі проведених досліджень запропоновано схему розташування таких пунктів в зоні спостереження Рівненської АЕС.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИХ ВИСОКОГРАДІЄНТНИХ ПРОБОЇВ З ІОННО-
МОДИФІКОВАНОЇ ПОВЕРХНІ МІДНИХ ЕЛЕКТРОДІВ
Лебединський С.О., Карпенко О.Ю., Батурін В.А., Холодов Р.І.

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Задача зменшення вірогідності виникнення високоградієнтних високовакуумних пробоїв є актуальною у наші дні через необхідність конструювання нових компактних лінійних прискорювачів заряджених частинок з високою енергією у точці зіткнення. Оскільки, щоб отримати енергії зіткнення у декілька ТеВ необхідно побудувати кілометри прискорювальних структур, задача підвищення гранично допустимого темпу прискорення є надзвичайно важливою технічно та економічно. Припускаючи, що одним з факторів, що впливають на високо вакуумні пробої є поверхневі властивості матеріалу електродів, нами було запропоновано розглянути можливість поліпшення стійкості електродів прискорювальних структур до високо вакуумних пробоїв шляхом модифікації їх поверхні.

У даній роботі експериментально та теоретично досліджується вплив напрацювання радіаційно індукованих дефектів у приповерхневі шари матеріалу для обробки конструкційних матеріалів прискорювальних структур з метою спрямованої зміни їх приповерхневих властивостей, таким чином, щоб покращити їх стійкість до вакуумних пробоїв і при цьому визначити оптимальні параметри необхідної іонно-плазмової обробки поверхні цих структур.

ІОНІЗАЦІЯ ПРИ ЗІТКНЕННІ ІОНУ СВИНЦЮ ТА АЛЬФА-ЧАСТИНКИ В КОРОТКОМУ РЕНТГЕНІВСЬКОМУ ІМПУЛЬСІ

О. Новак, М. Дяченко, Р. Холодов

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Досліджено процес іонізації при зіткненні альфа-частинок з воднеподібним іоном свинцю та одночасним опроміненням коротким інтенсивним рентгенівським імпульсом. Імовірність процесу знайдена поза межами теорії збурень шляхом чисельного розв'язку нестационарного рівняння Дірака з використанням варіаційної методики [1–3].

Головна увага зосереджена на взаємному впливі лазерного та кулонівського потенціалів на імовірність процесу. Показано наявність інтерференційного ефекту, який полягає у відхиленні імовірності процесу від некогерентної суми імовірностей фотоіонізації іону свинцю та імовірності іонізації при зіткненні з альфа-частинкою без опромінення рентгенівським імпульсом.

У випадку сильного поля процес фотоіонізації домінує, проте взаємодія з альфа-частинкою призводить до інтерференційного ефекту, величина якого перевищує відповідну імовірність іонізації ударом альфа-частинки.

1. W.R. Johnson, S.A. Blundell, J. Sapirstein, Phys. Rev. A, vol.37, no.2, p.307, 1988.
2. S. Selstø, Eva Lindroth, and Jakob Bengtsson, Phys. Rev. A, vol.79, 043418, 2009.
3. S.R. McConnell, A.N. Artemyev, M. Mai, A. Surzhykov, Phys. Rev. A, vol.86, 052705, 2012.

ФОРМУВАННЯ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ МЕТОДАМИ ФАЗОВОГО КОНТРАСТУ ДЛЯ ЗАСТОСУВАНЬ В МЕДИЦИНІ

Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А.

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Розглянуто теоретичні основи формування зображень методами рентгенівського фазового контрасту, який дозволяє з високою просторовою роздільною здатністю здійснювати візуалізацію внутрішньої будови об'єктів з малими градієнтами щільності речовини, що дає значні перспективи для застосувань в медицині. В основі цих методів лежить явище заломлення рентгенівських променів, яке призводить до зміни фазового фронту хвилі. Методика фазового контрасту дозволяє виявити більш щільні утворення в об'єкті дослідження, що важливо для ранньої медичної діагностики, та також може бути поєднана з томографічними методами. Розроблено алгоритми розрахунку розподілу інтенсивності випромінювання після проходження через тестові багатокomпонентні об'єкти, які характеризуються різними розмірами та показниками заломлення. Вирішується актуальне завдання з визначення потенційних можливостей дослідної установки на основі фазового контрасту та пошуку параметрів установки, за яких зображення має оптимальний візуальний контраст.

ЗОНДОФОРМУЮЧІ СИСТЕМИ ВИСОКОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ З КОРЕКЦІЄЮ СФЕРИЧНИХ АБЕРАЦІЙ ДЛЯ ЯДЕРНОГО СКАНУЮЧОГО МІКРОЗОНДУ

О.Г. Пономарьов, С.В. Колінько, Г.Є. Положий, В.А. Ребров

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Удосконалення роздільної здатності ядерного мікросонда до рівня 10 нм у режимі протонно-променевої літографії та 100 нм для мікроаналізу є актуальним завданням. Для вирішення цього завдання були розглянуті зондоформуючі системи на базі розподіленого ортоморфного квадруплету магнітних квадрупольних лінз з малою робочою відстанню 4 см. Зміна положення першого дублету вздовж оптичного тракту дозволяє змінювати коефіцієнти зменшення в межах 500...900.

Такі системи мають дуже великі сферичні аберації, що не дозволяє їх реалізувати на практиці. Тому для корекції аберацій було застосовано системи окупольних лінз. Оптимізація процесу формування мікросонда здійснювалася виходячи з величини наведеного колімованого аксептансу, який характеризується максимальним фазовим об'ємом сформованим прямокутними об'єктним та кутовим коліматорами за умови фокусування пучка в пляму на мішені заданих розмірів.

Розрахунки показують, що при повної компенсації аберацій за допомогою трьох окупольів при енергетичному розкиді іонів у пучку на рівні 10^{-5} реалізуються режими формування мікросонда у діапазоні 10...100 нм з необхідними величинами струму для відповідних методик, які можна реалізувати на практиці.

ВПЛИВ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ З ЕНЕРГІЄЮ 14 MeV НА
ФОСФОРЕСЦЕНЦІЮ ТА ОПТИЧНЕ ПОГЛИНАННЯ КРИСТАЛІВ $Al_2O_3:Nb$
І.Г. Мегела, О.М. Поп, В.Т. Маслюк, Я.М. Пекар, В.Я. Пекар

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Зазвичай для термолюмінесцентної дозиметрії використовують кристали Al_2O_3 , вирощені у присутності графіта. При цьому створюються аніонні вакансії, за рахунок зв'язування кисню графітом, що суттєво збільшує кількість пасток для електронів і, таким чином, вихід термолюмінесценції. У даній роботі апробовані для термолюмінесцентної дозиметрії зразки Al_2O_3 збагачені ніобієм Nb внаслідок використання термозахисних екранів з ніобійвмісної кераміки.

Опромінення досліджених зразків здійснювалось на мікротроні М-30 відділу фотоядерних процесів ІЕФ НАН У, в радіаційному полі розсіяних електронів з енергією 14 MeV у супроводі гальмівного випромінювання, флюенсами в інтервалі $10^{10} - 10^{16}$ ел·см⁻². В опромінених зразках досліджено виникаючу фосфоресценцію, наведене оптичне поглинання та термолюмінесценцію в залежності від дози.

На кривих термолюмінесценції зразків $Al_2O_3: Nb$ спостерігаються, на відміну від нелегованих зразків, два піки 170°C та 225°C, в яких спостерігаються значно більший вихід термолюмінесценції, приблизно у 2 рази. Отримані результати свідчать, що $Al_2O_3: Nb$ є перспективним матеріалом для термолюмінесцентної дозиметрії.

РАДОН У ДЖЕРЕЛЬНИХ ВОДАХ ТЕРМАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ ЗАКАРПАТТЯ
Н.І. Сватюк¹, В.Т. Маслюк¹, О.І. Симканич², О.Б. Тарнай, М. Візенко

¹*Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород*
²*ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород*

Радонова проблема є надзвичайно актуальною в сучасних умовах існування людства. Завдяки радону людини отримує більше половину річної ефективної дози радіоактивного опромінення. Радон – це радіоактивний газ, який утворюється у процесі розпаду Урану та Торію і надходить в атмосферу з ґрунту, води, природного газу тощо. Оскільки радон є інертним газом, він характеризується високою міграційною здатністю і може накопичуватись в повітрі приміщень, досягаючи високих концентрацій. Разом з тим, доцільно звернути увагу і на концентрацію радону в джерельних водах термальних басейнів Закарпаття.

У роботі проведено дослідження концентрації радону природних термальних басейнів Берегівського району, для цього були організовані експедиції по відбору проби води для вимірювання об'ємної активності (ОА) води за Радоном-222. Проби води з термальних басейнів джерел відбирали в ємкості об'ємом 1,5 дм³ шляхом їх занурення в джерело і маркували (номер проби, дата і година відбору). Збір зразків води та вимірювання проводили відповідно до тесту протоколу USEPA (USEPA, 1991). Всього зібрано зразки термальної води з 21 природних джерел. У всіх досліджуваних термальних джерелах зафіксовано перевищення рекомендованих (USEPA) відносної граничної величини вмісту радону проте, ці значення знаходяться в межах стандартів радіаційного захисту, рекомендованих країнами Європейського Союзу.

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙТРОННОЇ МНОЖИННОСТІ ФОТОПОДІЛУ ЯДЕР
АКТИНІДІВ ДЛЯ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ПЕРШОГО ШАНСУ
Є.В. Олейніков, О.І. Лендел, О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинець

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Розроблено параметричне описання залежності середньої кількості миттєвих нейтронів від маси уламків (A) фотоподілу ядер актинідів ^{232}Th , ^{235}U та ^{238}U для області енергій першого шансу поділу (від порогів (γ, f) до порогів (γ, nf) реакцій) [1]. Для перевірки нашої параметризації, згідно [2], були проведені розрахунки для подільних ядер актинідів $^{234}\text{U}^*$ ($E^* = 6.8$ MeV), $^{236}\text{U}^*$ ($E^* = 6.5; 7.0; 12.0$ MeV), $^{238}\text{Np}^*$ ($E^* = 6.3; 11.0$ MeV), $^{240}\text{Pu}^*$ ($E^* = 6.5$ MeV), утворених в результаті реакцій нейтронного поділу для яких існують експериментальні данні [3]. Необхідно відзначити, що чисельні значення залежності виходів миттєвих нейтронів від A уламків фотоподілу для вказаних подільних ядер, отриманих у результаті моделювань з використанням нашого параметричного описання та додатково проведених розрахунків кодами GEF і TALYS якісно узгоджуються між собою і відображають структуру, характерну для існуючих експериментальних даних.

1. E.V. Oleynikov et al. Parameterization of neutron yields for the first chance photofission fragments // Proceeding of 28th International Seminar on Interactions of Neutrons with Nuclei. (ISINN-28). Xi'an, China, 24th-28th May 2021. P. 116-126.

2. W.J. Martin et al. Dual neutral particle induced transmutation in CINDER 2008 // Nucl. Instr. Method. A – 2014. – V. 767. – P. 163–168.

3. <https://www-nds.iaea.org/exfor/>