

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

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
XXII КОНФЕРЕНЦІЇ З ФІЗИКИ
ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ
ТА ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

Харків
2024

Зміст

Секція 1. Фізика ядра та елементарних частинок.....	14
УЧАСТЬ ННЦ ХФТІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ CMS: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ 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	14
АНАЛІЗ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS З МЕТОЮ ПОШУКУ ПРЯМОГО НАРОДЖЕННЯ ПАР НАЙЛЕГШИХ ЧАРДЖІНО Л.Г. Левчук, С.Т. Лук'яненко	15
НАРОДЖЕННЯ ЧОТИРЬОХ БОТТОМ КВАРКІВ В АНІГЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ПОЗИТРОНІВ В.В. Котляр	16
ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРУЖНОМУ ДЕЙТРОН-ЕЛЕКТРОННОМУ РОЗСПОВАННІ $\boxed{\Gamma.І. Гах}$, М.І. Кончатний ¹ , М.П. Меренков ¹ , Е.Томасі- Густафссон ³ , А.Г. Гах ²	17
НАРОДЖЕННЯ ЗАРЯДЖЕНОГО ПІОНА В РЕАКЦІЯХ АНІГЛЯЦІЇ $e^+ + e^- \rightarrow p + \bar{n} + \pi^-$ І $e^+ + e^- \rightarrow \bar{p} + n + \pi^+$ $\boxed{\Gamma.І. Гах}$, М.І. Кончатний ¹ , М.П. Меренков ¹ , Е.Томасі-Густафссон ³ , А.Г. Гах ²	17
ПРОЯВИ ВАЖКОГО ЛЕПТОНА ЗІ СПИНОМ 3/2 В РЕАКЦІЇ $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ І ВЕЛИКИХ КУТАХ РОЗСПОВАННЯ $\boxed{\Gamma.І. Гах}$, М.І. Кончатний ¹ , М.П. Меренков ¹ , Е.Томасі-Густафссон ³ , А.Г. Гах ²	18
РОЗЦЕПЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЩІЛИНИ В НАДПЛИННІЙ НЕЙТРОННІЙ МАТЕРІЇ ЗІ СПІН-ТРИПЛЕТНИМ АНІЗОТРОПНИМ p - СПАРЮВАННЯМ ПРИ ЯДЕРНІЙ ТА НАД'ЯДЕРНИХ ГУСТИНАХ У НАДСИЛЬНИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ О.М. Тарасов	18
ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННА АНІГЛЯЦІЯ В ПАРУ КОРОТКОЖИВУЧИХ БАРИОНІВ: ВНЕСКИ МАГНІТНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ДИПОЛЬНИХ МОМЕНТІВ О.Ю. Корчін ^{1,2} , Р.Т. Овсянніков ^{1,2}	19
ДИНАМІКА СИЛ ДЕФОРМАЦІЇ В ОДНОЧАСТИНКОВИХ СПЕКТРАХ НЕПАРНИХ ЯДЕР $2s1d$ -ОБОЛОНКИ В.Ю. Корда ¹ , Л.П. Корда ² , В.Ф. Клепиков ¹ , І.С. Тімченко ²	20

ПОШУКИ КАНДИДАТІВ ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ УТВОРЕНИХ РАЗОМ З БОЗОНОМ ХІГГСА І ТАУ ЛЕПТОНАМИ ПРИ $\sqrt{s}=14$ TeV Т.В. Обіход, Є.О. Петренко	20
АНАЛІЗ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЯННЯ ПРОТОНІВ ЯДРАМИ В БОРНОВОМУ НАБЛИЖЕННІ Ю.А. Бережної ¹ , В.П. Михайлюк ² , В.В. Пилипенко ³	21
СПІН-ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРОЦЕСІ СИНХРОТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В НАДКРИТИЧНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ М.М. Дяченко, О.П. Новак, Р.І. Холодов	21
ЕНЕРГІЯ ПОДІЛУ ІЗОТОПІВ АМЕРИЦІЮ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВИЛЬОТУ ЯДЕРНИХ ЧАСТИНОК В.Т. Маслюк, О.О. Парлаг, М.І. Романюк	22
Секція 2. Фундаментальні дослідження при проміжних і високих енергіях .. 23	
ТОНКА СТРУКТУРА МАГНІТНОГО ДИПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСУ У ЯДРАХ SD І 1F2P-ОБОЛОЧКАХ О.С. Качан	23
ПЕРЕРІЗИ РЕАКЦІЇ $^{113}\text{In}(\gamma, n)^{112m,g}\text{In}$ ДЛЯ γ -СЦЕНАРІЮ ЗОРЯНОГО НУКЛЕОСИНТЕЗУ Є. Скакун ¹ , І. Семісалов ¹ , А. Чеховська ^{1,2} , С. Карпусь ¹ , В. Касілов ¹	23
ДИФЕРЕНЦІЙНІ ПЕРЕРІЗИ ГЕНЕРАЦІЇ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕАКЦІЇ (p, γ) НА ЯДРАХ СЕРЕДНЬОЇ АТОМНОЇ МАСИ В ІНТЕРВАЛІ ЕНЕРГІЙ ПРОТОНІВ 1 – 2.5 MeV В.М. Бондаренко, М.О. Кочнев, В.І. Сухоставець, С.М. Утенков	24
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРЦІАЛЬНОГО КАНАЛУ УТВОРЕННЯ ОСНОВНОГО СТАНУ ЯДРА ^8Be В РЕАКЦІЇ $^{14}\text{N}(\gamma, \alpha\alpha^6\text{Li})$ С.М. Афанасьєв ¹ , І.О. Афанасьєва ²	25
АНАЛІЗ ЯМР-СИСТЕМИ ВИМІРУ ЯДЕРНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ В НЕЙТРОННОМУ СПІНОВОМУ ФІЛЬТРІ А.А. Беляєв, Олександр О. Луханін, Олексій О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров	25
АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З РОЗЩЕПЛЕННЯ ЯДЕР ^{12}C , ^{14}N ТА ^{16}O ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПРОТОНАМИ Р. Муртазін, С. Карпусь ²⁶	
СРТ/РТ ІНВАРІАНТНІ ІЗОСПЕКТРАЛЬНІ ГАМІЛЬТОНІАНИ СУПЕРСИМЕТРИЧНОЇ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ У ФОРМАЛІЗМІ ЗВОРОТНОГО РОЗСІЮВАННЯ В.П. Березовий ¹ , О.Ю. Нурмагамбетов ^{1,2,3} ...	27

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКТУПОЛЬНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЯДЕР У ЛАНЦЮЖКАХ ІЗОТОНІВ ТА ІЗОТОПІВ В ОБЛАСТІ АКТИНОЇДІВ У НАБЛИЖЕННІ СЕРЕДНЬОГО ПОЛЯ В.М. Тарасов, В.І. Купріков, Д.В. Тарасов	27
ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕРІЗІВ БАГАТОЧАСТИНКОВИХ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ 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.....	28
ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ У ВИСОКОПОРОГОВИХ ФОТОНУКЛОННИХ РЕАКЦІЯХ НА ЯДРАХ Zr, Ni I Mn І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін	29
ПЕРЕРІЗИ БАГАТОЧАСТИНКОВИХ ФОТОНУКЛОННИХ РЕАКЦІЙ НА ЯДРАХ ^{92}Mo I ^{94}Mo І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін.....	29
УТВОРЕННЯ ІЗОТОПІВ $^{55,56,57}\text{Co}$ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА ^{nat}Ni ПРИ ЕНЕРГІЯХ ДО 95 МеВ І.С. Тімченко ^{1,2} , 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	30
ФОТОУТВОРЕННЯ ^{95}Nb НА ПРИРОДНОМУ МОЛІБДЕНІ ПРИ КІНЦЕВИХ ЕНЕРГІЯХ ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДО 95 МеВ І.С. Тімченко, О.С. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін	31
ВИЗНАЧЕННЯ ІЗОМЕРНИХ ВІДНОШЕНЬ ВИХОДІВ В РЕАКЦІЇ (γ, n) ДЛЯ ^{165}Ho П.С. Деречкей, З.М. Біган.....	32
ВИКОРИСТАННЯ РЕДЖЕ-ДУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ СТРУКТУРНОЇ ФУНКЦІЇ ПРОТОНА F2 ПРИ УСІХ ДОСТУПНИХ ЕНЕРГІЯХ О. Лендел	33
ДВОЕКСПОНЕНЦІАЛЬНА Т-ЗАЛЕЖНА ДИПОЛЬНА ПОМЕРОННА І ОДДЕРОННА АМПЛІТУДА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРІЗІВ ТА ФАЗИ ПРУЖНОГО pp- I АНТИ pp-РОЗСІЯНЬ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ З.З. Торич	33

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

НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВТОРИННОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕМІСІЇ ІЗ РІЗНИХ ТОВЩИН АЛЮМІНІЄВИХ МІШЕНЕЙ В.І. Вітько, С.Г. Карпусь, Г.Д. Коваленко, І.Л. Семисалов.....	34
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОНІВ ВИСОКОЇ ЕНЕРГІЇ КРІЗЬ ТОНКІ АЛЮМІНІЄВІ ПЛІВКИ Г. Коваленко, С. Карпусь, Т. Малихіна, І. Шляхов	34

ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМОСТИМУЛЬОВАНОЇ ЕМІСІЇ ВТОРИННИХ ЕЛЕКТРОНІВ ЗІ СПЛАВУ Cu-Al-Mg М. Лящов ¹ , С.Карпусь ² , О. Шопен ² , Є. Цяцько ²	35
УЗАГАЛЬНЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З ВИХОДУ ДЕЛЬТА ЕЛЕКТРОНІВ Г.Д. Коваленко, С.Г. Карпусь, І.М. Шляхов, І.Л. Семісалов	35
ПРО МОЖЛИВОСТІ ВІДХИЛЕННЯ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ПОЗИТРОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИГНУТИХ КРИСТАЛІВ І.В. Кириллін ^{1,2} , М.Ф. Шульга ^{1,2}	36
ПРО РОЗСПОВАННЯ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА ПЛОСКОМУ РЕЛЯТИВІСТСЬКОМУ ПУЧКУ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК В ЕЙКОНАЛЬНОМУ НАБЛИЖЕННІ М.Ф. Шульга ^{1,2} , В.Д. Корюкіна ¹	36
ОРІЄНТАЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗПОДІЛУ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРОТОНІВ У КРИСТАЛІ С.В. Трофименко ^{1,2} , І.В. Кириллін ^{1,2}	37
РЕНТГЕНІВСЬКЕ ПЕРЕХІДНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ КОВЗНОМУ ПАДІННІ ЕЛЕКТРОНА НА ШТУЧНУ ПЕРІОДИЧНУ СТРУКТУРУ С.В. Трофименко	38
ДОСЛІДЖЕННЯ КУТОВИХ РОЗПОДІЛІВ ОБСМНО ВІДБИТИХ ПОЗИТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ВЕЛИКОЇ ЕНЕРГІЇ У ЗІГНУТИХ КРИСТАЛАХ М.Ф. Шульга ^{1,2} , В.І. Трутень ^{1,2}	38
ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В РОЗПАДАХ ТОП-КВАРКІВ В ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННІЙ АНІГЛЯЦІЇ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ І.В. Трутень ¹ , О.Ю. Корчин ^{1,2}	39
БАГАТОФОТОННА ВЗАЄМОДІЯ ПЕРІОДИЧНОГО КОГЕРЕНТНОГО ПОЛЯ З УЛЬТРАРЕЛЯТИВІСТСЬКИМИ ЕЛЕКТРОНАМИ Є. Буляк ¹ , М. Шульга ^{1,2}	40
РЕЗОНАНСНЕ НАБЛИЖЕННЯ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ФОТОТРИЗУБУ В ПОЛІ ЛІНІЙНО-ПОЛЯРИЗОВАНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ О.І. Ворошило, В.М. Недорешта	40
ФОТОІОНІЗАЦІЯ ВАЖКИХ ІОНІВ КОРОТКИМ ЛАЗЕРНИМ ІМПУЛЬСОМ З ЕЛІПТИЧНОЮ ПОЛЯРИЗАЦІЄЮ О. Новак, М. Дяченко, С. Лебединський, Р. Холодов	41
Секція 4. Фізика та техніка детекторів випромінювань	41
РОЗРОБКА РАДІОМЕТРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РАДОНУ У ПОВІТРІ Г.Д. Коваленко, С.Г. Карпусь, А.А. Каплій, В.Д. Овчинник, І.Л. Семісалов, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов, В.І. Яловенко	41

ВИМІРЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СВІТЛОВОГО ВИХОДУ В ЗРАЗКАХ СЦИНТИЛЯТОРІВ ДО ТА ПІСЛЯ ОПРОМІНЕННЯ В.П. Попов, Л.Г. Левчук, Р.І. Помацалюк	42
ДЕЯКІ ПІДХОДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ З КОРОТКИМ ЧАСОМ ЗАГАСАННЯ А.В. Креч ¹ , Д.О. Кофанов ¹ , І.Ф. Хромюк ¹ , Я.В. Герасимов ¹ , Н.Л. Караваєва ¹ , Л.Г. Левчук ² , В.П. Попов ²	43
НОВИЙ ПІДХІД ЩОДО СТВОРЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ Я.І. Полупан, А.В. Креч, І.В. Лазарєв, Є.В. Мартиненко, С.В. Махота, С.С. Міненко, О.А. Тарасенко	43
ВПЛИВ ЕФЕКТУ ВІДБИТТЯ ТРИПЛЕТНИХ ЕКСИТОНІВ НА ГРАНИЦЯХ ГРАНУЛ НА СЦИНТИЛЯЦІЙНІ ТА ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ І.Ф. Хромюк, Н.Л. Караваєва, А.В. Креч, Є.В. Мартиненко, О.А. Тарасенко	44
АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ НОВІТНІХ МОНОЛІТНИХ АКТИВНИХ ПІКСЕЛЬНИХ СЕНСОРІВ І.Т. Тимчук, М.А. Проценко, Б.І. Подлесний, І.В. Борщов	44
ТЕПЛОПРОВІДНІ АЛЮМІНІЙ-ПОЛІМІДНІ ДІЕЛЕКТРИКИ О.М. Лістратенко, О.В. Кравченко	45
ЕМПІРИЧНІ ФОРМУЛИ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ НРGe-ДЕТЕКТОРА ВІД ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ДЖЕРЕЛ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ В КОНТЕЙНЕРАХ ІЗ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ І.В. Пилипчинець, О.І. Лендел, О.О. Парлаг, В.Т. Маслюк, Є.В. Олейніков.....	46
Секція 5. Дослідження та розробки прискорювачів заряджених частинок	47
ДОВГОТРИВАЛА СТАБІЛЬНІСТЬ ПОЛЯ ПОСТІЙНОГО МАГНІТА ІЗ SmCo СПЛАВА В.О. Бовда, О.М. Бовда, І.С. Гук, В.М. Лященко, А.О.°Мициков, Л.В. Онищенко, В.М. Подорожкін	47
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРОНІВ, НЕЙТРОНІВ І ГАМА КВАНТІВ В.О. Бовда, О.М. Бовда, І.С. Гук, В.М. Лященко, А.О.°Мициков, Л.В. Онищенко	48
ОПТИМІЗАЦІЯ МАГНІТООПТИЧНОЇ СТРУКТУРИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСКОРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ М.Ф. Шульга, Г.Д. Коваленко, І.С. Гук, П.І. Гладких, Д.Ю. Шахов	48

ОГЛЯД БАГАТОПУЧКОВИХ СИСТЕМ ІОННОГО ОПРОМІНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ РОЗРОБКИ ННЦ ХФТІ Ю. Марчук, Ю. Марценюк, С. Карпусь	49
ДО КІЛЬВАТЕРНОГО ПРИСКОРЕННЯ В НЕОДНОРІДНІЙ ПЛАЗМІ Д.С. Бондар ^{1,2} , В.І. Маслов ¹ , І.М. Оніщенко ¹	49
ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЗАЄМОДІЇ ТИПУ ХВИЛЯ-ЧАСТКА В.А. Буц ^{1,2} , А.Г. Загородній ³	50
КОЛЕКТИВНА ДИНАМІКА ЧАСТИНОК ПРИ ЦИКЛОТРОННИХ РЕЗОНАНСАХ: ФАЗОВА СИНХРОНІЗАЦІЯ В.О.Буц ^{1,2} , Д.М. Ваврів ²	51
ВИМІРЮВАННЯ ПІКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ВЧ ТА НВЧ СИГНАЛІВ НА ІМПУЛЬСНИХ ПРИСКОРЮВАЧАХ З ВІРТУАЛЬНИМ КАТОДОМ В.В. Катречко, Д.В. Вінніков, О.М. Озеров, В.І. Ткачов, О.В. Мануйленко, І.М. Оніщенко, В.Б. Юферов, С.В. Марченко, В.Т. Фомін	51
ІЗОЛЯЦІЯ ЕЛЕКТРОНІВ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ КАСПУ ПРИ ПРИСКОРЕННІ СИЛЬНОСТРУМОВОГО ІОННОГО ПУЧКА І.М. Оніщенко, В.І. Маслов, О.В. Федорівська	52
МОДЕРНІЗАЦІЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ДІН-2К З ПЛАЗМОВИМ КОМУТАТОРОМ СТРУМУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТРУМУ ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА Д.В. Вінніков, В.В. Катречко, О.В. Мануйленко, О.М. Озеров, І.М. Оніщенко, В.І. Ткачов, В.Б. Юферов, С.В. Марченко, В.Т. Фомін	53
АНАЛІЗ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ В ПЕРШИХ КОНТУРАХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ В.М. Борискін, В.О. Бочаров, М.О. Должек, В.Ю. Тітов, О.Ф. Стоянов, Г.М.Цебенко	53
АНАЛІЗ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ НАДКРИТИЧНОЇ ВОДНОЇ КОНВЕКЦІЙНОЇ ПЕТЛІ ПІСЛЯ СЕАНСУ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ О.І. Азаров, О.С. Бакай, В.М. Борискін, В.О. Бочаров, М.І. Братченко, Ю.В. Горенко, М.О. Должек, В.О. Момот, О.Ф. Стоянов, Г.М. Цебенко, С.В. Шелепко	54
РАДІАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ НА ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ ЛУЕ-40 ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПОНЕНТІВ ДЕТЕКТОРІВ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ В.В. Митроченко, К.Ю. Крамаренко, С.О. Пережогін, Л.І. Селиванов, В.А. Кушнір	54

ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНОЇ КАРТИНИ РОБОТИ КЛІСТРОНІВ ТА МОДУЛЯТОРІВ ПРИСКОРЮВАЧА ЛУ10 ПРИ РАДІАЦІЙНОМУ ОПРОМІНЕННІ НАДКРИТИЧНОЇ ВОДНОЇ ПЕТЛІ В.М. Борискін, В.В. Чуриков.....	55
ПОДАВЛЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ НЕСТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОННОГО ЗГУСТКА АНГАРМОНІЗМОМ, ЩО ВИКЛИКАНИЙ СЛАБКО НЕЛІНІЙНИМ РЕЖИМОМ І.В.Демиденко ^{1,2} , В.І.Маслов ^{2,3}	56
ПАСИВНА ПЛАЗМОВА ЛІНЗА, ЩО ЗМЕНШУЄ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗКИД ГАУСО-ПОДІБНИХ ЗГУСТКІВ І.В.Демиденко ^{1,2} , В.І.Маслов ^{2,3}	56
ПРО РОЗВИТОК НАДВИПРОМІНЮВАННЯ В УМОВАХ ШУМУ Є.В. Поклонський, В.М. Куклін.....	57
ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИХ ПРОБОЇВ НА ЗРАЗКАХ МІДІ З ВИСОКОЕНТРОПІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ В.А. Батурін, О.Ю. Карпенко, С.О. Єрємін, О.Ю. Роєнко.....	57
РОЗПИЛЮВАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО НЕГАТИВНИХ ІОНІВ ВУГЛЕЦЮ П.О. Литвинов, В.А. Батурін, О.Ю. Роєнко	58
ЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРОБІЙ ГАЗОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПРИСКОРЮВАЧА І.Г. Ігнат'єв	58
ВПЛИВ НА ПОЛЬОВУ ЕМІСІЮ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ УТВОРЕНЬ У ПРИПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИСКОРЮВАЧІВ Ю.С. Лебединська, С.О. Лебединський, Р.І. Холодов	59
ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРОЦЕСІ ЗВОРОТНОГО КОМПТОНІВСЬКОГО РОЗСПИВАННЯ В ПОЛІ ЛАЗЕРНОЇ ХВИЛІ В.М. Недорешта, О.І. Ворошило, Р.І. Холодов	59
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НВЧ ЖИВЛЕННЯМ ПРИСКОРЮВАЧА «АЛМАЗ-2М» Д.Ю. Залеський, В.І. Приступа, В.С. Ус, Г.В. Сотніков.....	60
Секція 6. Комп'ютерні технології у фізичних дослідженнях	61
АНАЛІЗ ПОШУКОВИХ СПЕКТРІВ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗТАШУВАННЯ ПІКІВ У γ -СПЕКТРАХ А.Ю. Бережної, Ю.В. Ляшко.....	61
ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ SMS О.О. Куров, Л.Г. Левчук, В.П. Попов, О.С. Приставка, К.О. Кліменко	61

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ МАГНІТНИХ ОБМОТОК ПЛАЗМОВИХ УСТАНОВОК С.О. Мартинов, В.П. Лук'янова, С.І. Прохорець, М.А. Хажмурадов.....	62
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА NI-STAR 190 ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗМІЩЕННЯ ТА РІВНЯ ВИГОРЯННЯ ВЯП Є.В Рудичев ^{1,2} , С.І Прохорець ^{1,2}	63
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАКЕТА ROOT ДЛЯ ОБРОБКИ ФІЗИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ С.І. Прохорець, Є.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов	64
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРІНГУ ПАРАМЕТРІВ ДЕТЕКТОРА ITS, МІЖНАРОДНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ALICE У CERN В.С. Трубніков, Ф.О. Широкопетлев.....	64
ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПОВЕРХНІ ВОЛЬФРАМА, ЯКІ НАСТУПИЛИ В РЕЗУЛЬТАТІ ОПРОМІНЕННЯ ПУЧКОМ ІОНІВ ГЕЛІЯ З ЕНЕРГІЄЮ 4 MeV 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	65
ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЯКІ ВІДБУВАЮТЬСЯ У ВОЛЬФРАМІ, ПРИ ЙОГО ОПРОМІНЕННІ ПУЧКАМИ ІОНІВ З ЕНЕРГІЄЮ 4 MeV 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	65
ЗМІНА РАДІАЦІЙНО ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ОСНОВОЮ ІЗ ПОЛІСТИРОЛУ Є.М. Прохоренко ¹ , В.В. Литвиненко ¹ , О.О. Захарченко ² , М.А. Хажмуратов ² , Т.Г. Прохоренко ³	66
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В РЕАКТОРІ З ВИСОКОВОЛЬТНИМИ РОЗРЯДАМИ У ВОДІ М. Бойко ¹ , А. Макогон ²	67
МЕТОДИКА ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ СПЕКТРІВ ПЛАЗМИ МАГНЕТРОННОГО РОЗРЯДУ І.О. Афанасьєва ¹ , С.М. Афанасьєв ² , В.В. Бобков ¹ , В.В. Грицина ¹	67
ФОКУСУВАННЯ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОННИХ ЗГУСТКІВ У ПЛАЗМІ У НЕЛІНІЙНОМУ РЕЖИМІ Т.М. Горбатюк ¹ , В.І. Маслов ^{2,3}	68
МОДЕЛЮВАННЯ Й ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДЯНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЧАСТОТУ 2,45 ГГц А.Г.Нагорний, С.О.Єрьомін, В.А.Батурін	68

МОДЕЛЮВАННЯ ВИХОДІВ ФОТОНІВ ТА ФОТОНЕЙТРОНІВ З ТАНТАЛОВОГО КОНВЕРТЕРА ПРИ ОПРОМІНЕННІ ЕЛЕКТРОНАМИ НА МІКРОТРОНІ М-30 Є.В. Олейніков І.В. Пилипчинець, О.О. Парлаг	69
КІНЕТИЧНА МОДЕЛЬ ФОСФОРЕСЦЕНЦІЇ ДОЗИМЕТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ОПРОМІНЕНИХ НА МІКРОТРОНІ М-30 П.В. Яворський, О.М. Поп, В.Т. Маслюк	69

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.)

ВМІСТ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В ПРИРОДНОМУ ПРОФІЛІТІ ПІД ДІЄЮ ГАММА ВИПРОМІНЮВАННЯ О.П. Березняк, М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв	71
ДОСЛІДЖЕННЯ МАСОПЕРЕНОСУ АНАЛОГІВ РАВ У ГРАНІТІ М.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Ю.Г. Пархоменко	71
КОМБІНАЦІЯ ХІМІЧНИХ ТА ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ У ВИЗНАЧЕНІ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В РУДАХ М.П. Дикий, О.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв	72
ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНИХ ЕФЕКТИВ В НАНОЧАСТИНКАХ ZnO М.П. Дикий, О.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв	73
ОЦІНКА РАДІОАКТИВНИХ ТА ХІМІЧНИХ ДОМІШОК В ПЕРТЕХНЕТАТІ, ОДЕРЖАНОГО ЗА ФОТОЯДЕРНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ М.П. Дикий ¹ , М.В. Красносельський ² , Ю.В. Ляшко ¹ , О.П. Медведєва ¹ , Д.В. Медведєв ¹ , Т.О. Пархоменко ¹	73
ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ РЕГЛАМЕНТУ DE-FACTO ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯМ В ТРУБЧАТЦІ ПГВ-1000М АЕС УКРАЇНИ Г.Ф. Гладенька, О.В. Єгіпко, В.В. Петухов, І.М. Шаповал	74
АКТИВАЦІЙНІ ВИХОДИ ДЛЯ НАКОПИЧЕННЯ МЕДИЧНИХ ІЗОТОПІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАРЯДЖЕНИХ ТА НЕЙТРАЛЬНИХ ЧАСТИНОК В. Григоренко, С. Карпусь, І. Тімченко	74
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАМА – ВИПРОМІНЮВАННЯ НА КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧУ ЕЛЕКТРОНІВ С. Гоков ¹ , В. Горбач ² , В. Касілов ¹ , Л. Колпакова ² , О. Люхтан ² , Є. Цяцько ¹	75

РОЗРОБКА В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ GEANT4 КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ НА ВИХОДІ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ С. Гоков ¹ , В. Горбач ² , В. Касілов ¹ , Л. Колпакова ² , О. Ляхтан ² , Є. Цяцько ¹	75
КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ ТЕПЛОВИХ ЗАПІЗНИЛИХ НЕЙТРОНІВ ДЛЯ ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ С. Гоков ¹ , В. Горбач ² , В. Касілов ¹ , Л. Колпакова ² , С. Кочетов ¹ , О. Ляхтан ² , Є. Цяцько ¹	76
ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ КЛІНІЧНОГО БАЗУВАННЯ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ЯДЕРНІЙ МЕДИЦИНІ ТА НЕЙТРОН-ЗАХОПЛЮВАЛЬНІЙ ТЕРАПІЇ В.О. Григоренко, Ю.Г. Казарінов, С.Г. Карпусь, В.Й. Касілов, Г.Д. Коваленко, С.С. Кочетов, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько	77
ДОСЛІДЖЕННЯ ВКЛАДУ ФОНОВИХ СПЕКТРІВ ТА МЕЖ ВИЯВЛЕННЯ ГАММА-ЛІНІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ХРОНОМЕТРА 214Ві/234U ДЛЯ ДАТУВАННЯ ВІКУ УРАНУ С.М. Афанасьєв ¹ , Д.Д. Бурдейний ¹ , Д.В. Кутній ¹ , А.І. Скрипник ¹ , О.П. Жуков ²	77
ПРОФІЛЬ ВИГОРЯННЯ НФ ЕМІТЕРА У КОМПТОНІВСЬКОМУ НЕЙТРОННОМУ ДЕТЕКТОРІ В УМОВАХ РЕАКТОРА ВВЕР-1000 В.В. Ганн ¹ , О.Л. Улибкін ¹ , П.Е. Кузнецов ²	78
ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ W-Та НЕЙТРОНО-УТВОРЮЮЧОЇ МІШЕНІ ПІДКРИТИЧНОЇ ЗБОРКИ ННЦ ХФТІ Б.В. Борц, І.О. Воробйов, В.В. Ганн, Л.І. Глуценко, М.П. Домніч, А.Ю. Зелінський, О.О. Пархоменко, І.І. Карнаухов, Ю.О. Марченко.....	78
РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СПЛАВУ УРАН- МОЛБДЕН ДЛЯ СТВОРЕННЯ НЕЙТРОНОУТВОРЮЮЧИХ МІШЕНЕЙ ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ Б.В. Борц, О.Ф. Ванжа, І.О. Воробйов, Л.І. Глуценко, М.П. Домнич, І.М. Карнаухов, Є.В. Луценко, Ю.О. Марченко, О.О. Пархоменко, В.І. Ситін	79
НАВОДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ У НЕЙТРОНОУТВОРЮЮЧІЙ МІШЕНІ ПКС В.В. Ганн, Б.В. Борц, О.О. Пархоменко, І.М.Карнаухов	80
СТІЙКІСТЬ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ЗЕМЛІ О.Л. Андрєєва ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	80
ОПИС НАДПЛИННОСТІ He-IV НА ОСНОВІ КОНВЕКТИВНОЇ МОДЕЛІ РОТОНА О.Л. Андрєєва ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	81

МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ЯСНОГО НЕБА В.О. Лихацький ¹ , Л.С. Бозбей ² , В.І. Ткаченко ^{1,2}	81
ПОРУШЕННЯ СИМЕТРІЇ ЗАХОПЛЕНИХ МОД В НЕОДНОРІДНИХ МЕТАМАТЕРІАЛАХ А.В. Глущенко, О.Л. Андрєєва	82
КОНТРОЛЬОВАНИЙ НАГРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПЛАЗМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИНЯТКОВОЇ ТОЧКИ ВИСОКОГО ПОРЯДКУ ЗВ'ЯЗАНОЇ СИСТЕМИ ХВИЛЕВОДІВ А.В. Глущенко ¹ , О.Л. Андрєєва ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	82
НЕСТАЦІОНАРНИЙ АНАЛІЗ РЕЗОНАТОРІВ ПРОТРОНІВ ІЗ САМОУЗГОДЖЕНИМ УРАХУВАННЯМ ОМІЧНИХ ВТРАТ ТА КОНВЕРСІЇ МОД О.В. Максименко, В.І. Щербінін, В.І. Ткаченко	83
НАДКРИТИЧНА ФЛЮЇДНА ЕКСТРАКЦІЯ АКТИНІЯ – 225 З МОНАЦИТУ «ЧОРНИХ ПІСКІВ» АЗОВСЬКОГО МОРЯ Б.В. Борц ¹ , С.Ф. Скоромна ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	84
МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ПОДІЛУ ЯДЕРНОГО ПАЛИВА ПРИ ВЕЛИКИХ ЗНАЧЕННЯХ ГЛИБИНИ ВИГОРЯННЯ М.С. Маловиця ^{1,2} , А.Є. Корсун ²	84
ЛЮМІНЕСЦЕНТНА ОН-ЛАЙН ДОЗИМЕТРІЯ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ С.К. Романовський, Р.І. Помацалюк, В.А. Шевченко, В.Л. Уваров	85
МЕТОД МАС-СПЕКТРОМЕТРІЇ З ІЗОТОПНИМ РОЗБАВЛЕННЯМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ БОРА В НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ С.М. Афанасьєв, Д.Д. Бурдейний, С.О. Ванжа, Д.В. Кутній, О.В. Медведєв, Н.В. Рудь	85
ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ОСНОВОЮ ІЗ ПОЛІСТИРОЛУ Є.М. Прохоренко ¹ , В.В. Литвиненко ¹ , Т.Г. Прохоренко ²	86
РАДІАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ СОРБЕНТІВ РАДІОАКТИВНИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ П.С. Погребняк	87
ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СИЛЬНОСТРУМОВИХ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПУЧКІВ НА ГРАНІТНІ ПОРОДИ С.Є. Донець ¹ , В.В. Литвиненко ¹ , О.А. Старцев ¹ , Ю.Ф. Лонін ² , <u>А.Г. Пономарьов</u> ² , О.Л. Рак ² , <u>В.Т. Уваров</u> ²	87

ОСОБЛИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗБУДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ПРИ ІОННОМУ БОМБАРДУВАННІ І.О. Афанасьєва, В.В. Бобков, В.В. Грицина, Ю.І. Ковтуненко	88
ПРО СТВОРЕННЯ МЕРЕЖІ ПОСТІВ КОНТРОЛЮ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ С.В.Барбашев.....	88
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ И ИХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ А.І. Кульментьев.....	89
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛА ЯДЕРНОГО СКАНУЮЧОГО МІКРОЗОНДУ АНАЛІТИЧНОГО ПРИСКРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ІПФ НАН УКРАЇНИ О.Г. Пономарьов, В.І. Возний, І.Г. Ігнат'єв, С.В. Колінько, Д.В. Магілін, В.А Ребров.....	90
ЕВОЛЮЦІЯ ІНТЕНСИВНОСТІ В МЕТОДІ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ФАЗОВОГО КОНТРАСТУ НА ОСНОВІ ВІЛЬНОГО ПОШИРЕННЯ А.В. Поліщук, О.А. Лебедь	90
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ФОСФОРЕСЦЕНЦІЮ, ОПРОМІНЕНИХ ЕЛЕКТРОНАМИ З ЕНЕРГІЄЮ 18 МеВ, ЗРАЗКІВ LiF:Mg, Ti О.М. Поп, І.Г. Мегела, В.Т. Маслюк, М.П. Візенко, Й.Й. Гайніш.....	91
РАДІАЦІЙНЕ КАРТУВАННЯ БАСЕЙНУ РІЧКИ ТИСА (Р. БОРЖАВА): ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО- УПРАВЛІНСЬКИЙ СУПРОВІД ГІРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ О.І. Симканич ¹ , Н.І. Сватюк ² , В.Т. Маслюк ² , К.Л. Креч ² , О.Т.Девіняк ¹ , М.Ю. Токар ¹ , Pavel Ryšánek ³ , О.С. Глух ¹	92
ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК СПИРТІВ ТА САХАРИДІВ, ОПРОМІНЕНИХ НА МІКРОТРОНІ М-30 Н.І. Сватюк ¹ , Н.В. Бойко ² , С.А. Бурмей ² , О.О. Грабар ² , О.І. Симканич ² , О.М. Поп ¹ , М.П. Візенко ¹ , Й.Й. Гайніш ¹ , В.Т. Маслюк ¹	92

Секція 1. Фізика ядра та елементарних частинок

УЧАСТЬ ННЦ ХФТІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ CMS: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

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

У травні 2023 р. було відновлено 3-й сеанс роботи Великого адронного колайдера (ВАК) з рекордною для прискорювачів енергією протон-протонних зіткнень 13.6 TeV. В експерименті CMS швидкість відбору подій високорівневим тригером (HLT) для офлайн-обробки складає ~ 2.5 kHz, що в ~ 2.5 рази вище, ніж у 2-му сеансі роботи ВАК (2015-18 рр.) та в ~ 8 разів – ніж у 1-му (2010-13 рр.). Продовжується обробка великого масиву експериментальної інформації, накопиченої в експерименті. Зокрема, здобуто ряд видатних результатів вивчення властивостей бозона Хіггса, а також отримано низку важливих результатів, пов'язаних як з вивченням явищ у рамках Стандартної моделі (СМ), так і пошуком сигналів «нової фізики» поза СМ. За останній рік в ННЦ ХФТІ виконано широкий спектр робіт з участі в експерименті CMS. Зокрема, підтримано функціонування єдиного в Україні центру 2-го (T2) ярусу ґрид-інфраструктури CMS, T2_UA_KIPT. Виконано масштабні роботи щодо відновлення системи живлення цього комплексу, а також виконано детальний аналіз стану його обчислювальних та дискових вузлів з виправленням виявлених апаратних несправностей. Крім того, підготовлено необхідні зміни в конфігурації центру для якнайшвидшого відновлення роботи. Завдяки успішному виконанню цих робіт, з початку липня 2023 р. відновлено повномасштабну участь центру T2_UA_KIPT у розподіленій обробці даних експерименту CMS. За якісним рівнем функціонування, який визначається готовністю до участі в обробці даних, комплекс (за час з початку відновлення роботи) належить до групи найбільш надійних T2-центрів CMS. Крім того, забезпечується висока інтенсивність передачі до центру експериментальної інформації CMS для обробки, яка в окремі періоди часу сягала 10 Гбіт/с (максимально можливою для існуючого каналу зовнішнього зв'язку величину), а загальний обсяг переданої за вказаний час інформації сягнув ~ 2 PB, що суттєво перевищує загальну місткість масової дискової пам'яті комплексу T2_UA_KIPT. Таким чином, практично в повному обсязі відновлено обробку в центрі T2_UA_KIPT даних експерименту CMS. Оскільки цей центр є єдиним українським сайтом, куди надходить для обробки експериментальна інформація з ВАК, це також означає відновлення обробки цієї інформації в Україні. Також за допомогою “універсального” програмного пакета LatinoAnalysis продовжено фізичний аналіз даних CMS версії UltraLegacy з метою пошуку SUSY-сигналу – прямого утворення пар чарджіно в протон-протонних зіткненнях при енергії 13 TeV. Виконано обробку даних, здобутих у першому півріччі 2016 р., а також у

2017 та 2018 рр. Побудовано розподіли подій за суттєвими для аналізу кінематичними величинами для «об'єднаної» вибірки подій, які зареєстровані в експерименті CMS впродовж усього 2-го сеансу ВАК і відповідають інтегральній світимості 137.6 fb^{-1} . Виконано роботу з визначення і аналізу систематичних похибок. Одержані результати демонструють задовільне відтворення даних експерименту CMS розрахунками в рамках СМ і вказують на відсутність (на рівні достовірності $CL=95\%$) шуканого сигналу для широкого діапазону мас чарджіно та нейтраліно. Продовжено роботи в рамках програми модернізації передньої адронної калориметрії детектора CMS. Стенд для вимірювання світлового виходу в зразках сцинтиляторів перенесено в приміщення, яке не було пошкоджено бойовими діями 2022 р. Проведено ремонтні роботи пошкоджених вузлів стенду та блоків електроніки, виконано монтаж устаткування та (частково) модернізацію лінії зв'язку стенду з РС. Станом на початок 2024 р. стенд знаходиться у робочому стані та готовий до проведення вимірювань.

Роботу підтримано грантами, виділеними НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики» і «Програми інформатизації НАН України».

АНАЛІЗ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS З МЕТОЮ ПОШУКУ ПРЯМОГО НАРОДЖЕННЯ ПАР НАЙЛЕГШИХ ЧАРДЖІНО

Л.Г. Левчук, С.Т. Лук'яненко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Виконано аналіз вибірок протон-протонних зіткнень при енергії 13 TeV, здобутих в експерименті CMS на Великому адронному колайдері у 2017 та 2018 рр., з метою пошуку сигналу суперсиметрії – прямого народження пар найлегших чарджіно з подальшим їх розпадом на заряджені лептони, нейтрино та нейтраліно. (Останні часто розглядаються як кандидат на роль частинок темної матерії Всесвіту). Ми дотримувалися методики обробки, що було використано раніше при аналізі вибірок 2016 р. Зроблено візуалізацію суттєвих для аналізу спектрів (у вигляді ROOT-гістограм), та сформовано (у разі вибірок 2017 р.) карти даних для статистичного аналізу. В результаті для шуканого сигналу були побудовані очікувані та спостережувані в експерименті області виключення (на рівні достовірності $CL=95\%$) можливих мас чарджіно і нейтраліно. На основі «альтернативних» вибірок, згенерованих методом Монте-Карло (МК), проведено оцінку низки систематичних похибок обчислення очікуваного виходу фонових та сигнальних подій. При цьому використовувалися розподіли подій за величиною MT_2 . Наші розрахунки показали, що основні джерела похибок пов'язані з кінцевим дозволом по енергії адронних струменів, що реєструються, і неоднозначністю масштабу енергії як самих струменів, так і некластеризованих у струмені частинок з малим поперечним імпульсом. Значний внесок також роблять теоретичні невизначеності, пов'язані з вибором щільності розподілу партонів за

імпульсом і відповідних параметрів перенормування μ_R і факторизації μ_F . Суттєва похибка породжується неоднозначністю ваг, якими перевизначаються МК-спектри відповідно до експериментального розподілу подій за кількістю первинних вершин. У разі сигналу є додаткові внески у похибку, пов'язані з різницею методів моделювання сигналу та фону. Враховано також деякі інші, менш значущі джерела систематичних похибок. Сумарна систематична похибка представлена «смугою невизначеності» у розподілах подій за величиною MT_2 , що дозволяє адекватніше інтерпретувати результат експерименту CMS.

Роботу підтримано грантами, виділеними НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проєктах з фізики високих енергій та ядерної фізики» і «Програми інформатизації НАН України».

НАРОДЖЕННЯ ЧОТИРЬОХ БОТТОМ КВАРКІВ В АНІГІЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ПОЗИТРОНІВ

В.В. Котляр

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Процеси, в яких утворюються дві пари b анти- b кварків в анігіляції електронів та позитронів, досліджуються в деревному наближенні на основі методів теорії збурень (ТЗ) квантової хромодинаміки (КХД). Процеси, що розглянуто, відповідають 2, 3 та 4 порядкам ТЗ КХД для народження важких кварків та легких струменів. Кінцеві стани партонних процесів містять чотири боттом кварка разом з одним чи двома глюонами або парою u, d, s, c кварк-антикварків. Моделювання жорстких партонних процесів проведено з MadGraph5_aMC@NLO, партонних злив — за допомогою Pythia 8.

Інтегральні перерізи та диференціальні розподіли боттом кварків за поперечними імпульсами p_T та бистротами розраховано для поздовжньо поляризованих електронів та позитронів з енергіями 500 GeV та в області p_T та інваріантних мас пар b кварків, де застосування ТЗ КХД є обґрунтованим. Для b кварків, що мають найбільший поперечний імпульс, отримано асиметрії перерізів «вперед–назад». В лідируючому порядку ТЗ КХД обчислено спіральні асиметрії боттом кварків з поляризованими лептонами у початковому стані. Показано, що поляризаційні спостережувані приймають значення, які є досяжними для вимірювань. Такі виміри можуть бути здійсненими в експериментах, що плануються на ILC та CLIC.

ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРУЖНОМУ ДЕЙТРОН-ЕЛЕКТРОННОМУ РОЗСІЮВАННІ

Г.І. Гах¹, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков¹, Е.Томасі-Густафссон³, А.Г. Гах²

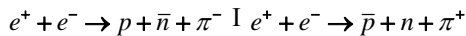
¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

³IRFU, CEA, Університет Париж-Сакле, 91191, Жів-сюр-Іветт, Франція

Дифференційний переріз та поляризаційні спостережувані (ПС) для реакції пружного розсіяння дейтрона на непорушному електроні обчислені в наближенні одно-фотонного обміну (Борнівському наближенні). Особлива увага приділена кінематичним умовам, а саме специфічному зв'язку між енергією дейтронного пучка та значенням квадрата переданого імпульсу. Великий інтерес до розсіяння із такою кінематикою обумовлений можливістю досягти та дослідити область дуже малих переданих імпульсів. Аналітичні вирази для ПС отримані за умовою, що поляризації усіх частинок (векторні та тензорні) визначені в системі спокою електрона-мішені. Чисельні результати представлені графічно для енергій дейтронного пучка від 5 ГеВ до 200 ГеВ і кутів розсіяння електрона до 20мрад. Досліджені дві односпинові ПС завдяки тензорним поляризаціям дейтронного пучка (аналізуюча здатність або поляризаційна асиметрія) або розсіяного дейтрона (поляризація дейтрона), а також усі шість можливих двоспинових ПС, які виникають за умови, що дві частинки в реакції мають векторну поляризацію.

НАРОДЖЕННЯ ЗАРЯДЖЕНОГО ПІОНА В РЕАКЦІЯХ АНІГІЛЯЦІЇ



Г.І. Гах¹, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков¹, Е.Томасі-Густафссон³, А.Г. Гах²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

³IRFU, CEA, Університет Париж-Сакле, 91191, Жів-сюр-Іветт, Франція

Нерезонансний механізм в реакціях $e^+ + e^- \rightarrow p + \bar{n} + \pi^-$ та $e^+ + e^- \rightarrow \bar{p} + n + \pi^+$ розглянуто в рамках наближення однофотонної анігіляції. Опис адронного фазового простору в термінах інваріантних змінних і формалізм, заснований на використанні інваріантних амплітуд, було розроблено нами раніше для реакцій з народженням нейтрального піона. Застосування цього формалізму для реакцій з народженням заряджених піонів потребує деякої модифікації, пов'язаної з відновленням калібрувальної інваріантності і врахування додаткових діаграм з піонним полюсом. Розглянуті два різних варіанти такої модифікації, які призводять відповідно до дипольної і монопольної асимптотичної поведінки піонного електромагнітного формфактора. Отримані аналітичні вирази для розподілів по одній та двох інваріантних змінних, а повний переріз обчислено за допомогою чисельного інтегрування. Чисельні результати наведені для значень

квадрату повної енергії пучків в с.д.і. $s = 5, 6, 10, 16 \text{ GeV}^2$. Обчислення виконані для каналу $p\bar{n}\pi^-$ та сформульовані правила переходу до каналу $p\bar{n}\pi^-$ для усіх видів розподілів.

ПРОЯВИ ВАЖКОГО ЛЕПТОНА ЗІ СПИНОМ 3/2 В РЕАКЦІЇ $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$
ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ І ВЕЛИКИХ КУТАХ РОЗСІЮВАННЯ

Г.І. Гах, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков¹, Е.Томасі-Густафссон³, А.Г. Гах²

¹ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

³IRFU, CEA, Університет Париж-Сакле, 91191, Жив-сюр-Іветт, Франція

Прояви важкого лептона зі спином 3/2 (h^\pm), як можливого проміжного віртуального становища в діаграмах Фейнма, досліджені в реакції $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ при високих енергіях і великих кутах розсіювання фотонів.

Спин-векторне поле Ψ_α лептона зі спином 3/2 описується в рамках теорії Раріти-Швінгера, а феноменологічний Лагранжیان $h^\pm e^\pm \gamma$ -взаємодії вибирається подібно до взаємодії Δ ізобари з нуклоном та γ квантом. Він містить дві незалежні структури з двома розмірними константами $[g_1]=[M^{-1}]$ та $[g_2]=[M^{-2}]$. Диференційний переріз та поляризаційні асиметрії обчисленні в випадку поздовжньо (вздовж напрямків пучків), а також для поперечно (в площині реакції) та нормально (перпендикулярно площині реакції) поляризованих пучків. Чисельні оцінки виконані в широкому діапазоні енергій зіткнення пучків і параметрів що входять до феноменологічного Лагранжіана.

РОЗЩЕПЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЩІЛИНИ В НАДПЛИННІЙ НЕЙТРОННІЙ
МАТЕРІЇ ЗІ СПІН-ТРИПЛЕТНИМ АНІЗОТРОПНИМ p -СПАРЮВАННЯМ ПРИ
ЯДЕРНІЙ ТА НАД'ЯДЕРНИХ ГУСТИНАХ У НАДСИЛЬНИХ МАГНІТНИХ
ПОЛЯХ

О.М. Тарасов

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Нелінійні інтегральні рівняння для компонент параметра порядку густої надплинної нейтронної матерії (ННМ) зі спіном – триплетним анізотропним p -спарюванням (подібним спарюванню в ${}^3\text{He}-\text{A}_2$ у магнітних полях, тобто зі спіном $S=1$ та орбітальним моментом $L=1$ для анізотропних куперівських пар нейтронів) у надсильних магнітних полях (що перевищують 10^{17} Гс) розв'язано аналітично у граничному випадку нульової температури. Ці розв'язки отримано для так званої сім'ї BSk узагальнених параметризацій ефективних сил Скірма (з трьома доданками, що залежать від густини) в нейтронній матерії. Отримані загальні

розв'язки для розщеплення енергетичної щільності в ННМ у надсильних магнітних полях (див. також [1]) конкретизовано для узагальненої BSk21 параметризації ефективних сил Скірма при ядерній густині $n_0=0,17 \text{ фм}^{-3}$ та при двох значеннях над'ядерної густини $n=1,25 \cdot n_0$ та $n=1,5 \cdot n_0$ для магнітних полів $10^{17} \text{ Гс} \leq H \leq 10^{18} \text{ Гс}$. Головними результатами є розщеплення енергетичної щільності та його асиметрія, які збільшуються нелінійно, як зі зростанням надсильного магнітного поля H , так і над'ядерної густини $n > n_0$. Такі ефекти в ННМ можуть існувати у зовнішній частині рідкого ядра (при густинах $n \approx n_0$) у сильно намагнічених нейтронних зірках, відомих під назвою "магнетари".

1. A.N. Tarasov, About magnetic properties of superfluid neutron matter with spin – triplet anisotropic p – wave pairing in superstrong magnetic fields and at supranuclear densities. Low Temp. Phys. 49, No. 10 (2023) 1111-1121.

ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННА АНІГІЛЯЦІЯ В ПАРУ КОРОТКОЖИВУЧИХ БАРІОНІВ: ВНЕСКИ МАГНІТНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ДИПОЛЬНИХ МОМЕНТІВ

О.Ю. Корчін^{1,2}, Р.Т. Овсянніков^{1,2}

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

Проведено дослідження анігіляції електрон-позитронної пари в парі короткоживучих баріон-антибаріон з подальшим розпадом кожного баріона на інший баріон і мезон. Для цього розглянуті поляризовані стани проміжних баріонів. Також до розгляду введено електричний дипольний момент проміжних баріонів (Λ і Λ_c). Цей електричний дипольний момент відповідає за порушення CP-симетрії в цьому процесі. За допомогою моделювання спрощеним методом Монте-Карло згенеровано "псевдодані" з 500000 подій для кожного процесу. Використовуючи таку статистику, було підібрано параметри перерізу розсіювання та одержано похибки параметрів і кореляційні матриці. Виконані оцінки точності, з якою можна вимірювати електричний дипольний момент короткоживучих баріонів для заданого числа подій. Крім того, досліджено вплив поляризації електронів у початковому стані на величину похибки параметрів перерізів розсіювання. Показано, що наявність поляризації початкового пучка електронів дозволяє суттєво зменшити величину похибки отриманих параметрів.

Результати можуть бути використані при аналізі експериментів на e^+e^- колайдерах в Японії (КЕКВ) на детекторі Belle II, і в Китаї (БЕРС) на спектрометрі BESIII.

ДИНАМІКА СИЛ ДЕФОРМАЦІЇ В ОДНОЧАСТИНКОВИХ СПЕКТРАХ НЕПАРНИХ ЯДЕР 2s1d-ОБОЛОНКИ

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

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків*
²*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

Для вивчення властивостей колективних сил, що породжують стабільну деформацію непарних ядер 2s1d-оболонки в основних і низько лежачих одночастинкових збуджених станах, ми розробили без модельний еволюційний підхід [1], який дав змогу вилучити інформацію про форму ядерного потенціалу безпосередньо з експериментальних даних про енергії, спіни та парності основних і низько лежачих збуджених одночастинкових станів ядер, а також про вимірні ймовірності електромагнітних переходів між ними. Із зростанням масового числа всіх досліджених непарних ядер 2s1d-оболонки ²³Na, ²⁷Al, ³¹P та ^{35,37}Cl домінуюча деформація форми ядер в низько лежачих одночастинкових станах змінюється з квадрупольної до гексадекапольної і далі до гексаконтатетрапольної. В одночастинкових спектрах досліджених ядер знайдені окремі стани та послідовності станів з аномально малою деформацією. Знайдені точки фазових переходів зі зміною мультипольності деформації форми в одночастинковому спектрі ядра ³⁷Cl.

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

ПОШУКИ КАНДИДАТІВ ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ УТВОРЕНИХ РАЗОМ З БОЗОНОМ ХІГГСА І ТАУ ЛЕПТОНАМИ ПРИ $\sqrt{s}=14$ TeV

Т.В. Обіход, Є.О. Петренко

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

В рамках вивчення властивостей кандидатів темної матерії, наведено процес утворення аксіонів разом із бозоном Хіггса і двома тау-лептонами в кінцевому стані, $p\bar{p} \rightarrow A \rightarrow a\bar{h}\tau^+\tau^-$. Відповідний експериментальний пошук аксіонів було виконано ATLAS колаборацією на БАК протягом 2015-2018 років при інтегральній світності 139 fb^{-1} в протон-протонних зіткненнях при $\sqrt{s}=13$ TeV, [1]. Результати інтерпретовані в межах 2HDM+а моделі, яка описує фізику за межами Стандартної моделі [2]. Використовуючи отримані з експериментальних даних обмеження на параметри моделі, нами були обрані два набори параметрів для проведення розрахунків поперечних перерізів утворення аксіонів і бозонів за допомогою комп'ютерної програми MADGRAPH5@NLO. Отримана інформація разом із кінематичними обмеженнями на поперечний імпульс та кутовий розподіл аксіонів і бозонів, дає змогу зробити висновок про існування CP-непарних бозонів Хіггса із масою в області 400 GeV та кандидата на темну матерію, аксіону, із

масою до 200 GeV. Отримані дані демонструють пріоритет другого сценарію, BP2, який співвідноситься із останніми експериментальними обмеженнями, [2].

1. The ATLAS Collaboration. Search for dark matter produced in association with a Higgs boson decaying to tau leptons at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector, CERN-EP-2023-072, arXiv:2305.12938 [hep-ex].

2. The ATLAS Collaboration. Combination and summary of ATLAS dark matter searches interpreted in a 2HDM with a pseudo-scalar mediator using 139 fb^{-1} of $\sqrt{s}=13$ TeV pp collision data. CERN-EP-2023-088, arXiv:2306.00641 [hep-ex].

АНАЛІЗ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЯННЯ ПРОТОНІВ ЯДРАМИ В БОРНОВОМУ НАБЛИЖЕННІ

Ю.А. Бережной¹, В.П. Михайлюк², В.В. Пилипенко³

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

²*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

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

На основі другого Борнового наближення здобуто аналітичні вирази для амплітуд і спостережуваних характеристик пружного розсіяння протонів ядрами ^{40}Ca , ^{58}Ni , ^{120}Sn та ^{208}Pb . Застосування другого Борнового наближення обумовлено тим, що поляризація нуклонів при їхньому розсіянні ядрами, розрахована в першому Борновому наближенні з ермітовим потенціалом, дорівнює нулю.

Доведено, що врахування другого Борнового наближення дає змогу задовільно описати наявні експериментальні дані при енергіях $E_p = 150\text{--}320$ MeV.

Проведено порівняння теоретичних розрахунків, виконаних із застосуванням другого Борнового наближення та розрахунків, виконаних з використанням нерелятивістської оптичної моделі.

Проведений аналіз свідчить про доволі прийнятний збіг розрахованих спостережуваних характеристик розсіяння з наявними експериментальними даними при використанні обох зазначених підходів. При цьому перевага Борнового наближення полягає у використанні аналітичних виразів для амплітуд розсіяння та спостережуваних характеристик, які неможливо знайти при використанні нерелятивістської оптичної моделі.

СПН-ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРОЦЕСІ СИНХРОТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В НАДКРИТИЧНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

М.М. Дяченко, О.П. Новак, Р.І. Холодов

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

В рамках квантової теорії поля проведено дослідження процесу синхротронного випромінювання електрона в сильному зовнішньому магнітному полі. Знайдено аналітичні вирази ймовірностей процесу для довільного значення поля з урахуванням поляризації частинок. Показано, що у випадку надкритичного

поля, коли випромінювання розповсюджується перпендикулярно до нього, ймовірності основного та спін-фліп каналів вирівнюються. Знайдено параметри Стокса магнітогальмівного випромінювання і показано, що воно повністю поляризоване для обох випадків проєкцій спіна початкових електронів. Показано, що для випадку, коли електрон випромінює вздовж магнітного поля маємо праву кругову поляризацію, а коли перпендикулярно, то для основного спінового стану буде нормальна поляризація, а для інверсного - аномальна. Знайдено залежність диференціальної інтенсивності випромінювання від кута і показано, що зі збільшенням магнітного поля з'являється конус синхротронного випромінювання перпендикулярно полю. У випадку ж неполяризованого пучка електронів, коли випромінювання розповсюджується перпендикулярно полю, то лінійна поляризація залежить від величини магнітного поля. Так в субкритичному полі випромінювання буде нормально поляризоване, а в надкритичному – ступінь поляризації прямує до нуля.

ЕНЕРГІЯ ПОДІЛУ ІЗОТОПІВ АМЕРИЦІЮ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВІЛЬОТУ ЯДЕРНИХ ЧАСТИНОК

В.Т. Маслюк, О.О. Парлаг, М.І. Романюк

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Встановлення енергетичної ємності є однією із найбільш важливих задач фізики поділу атомних ядер. Її показником може бути усереднена кінетична енергія (УКЕ) уламків поділу, яка піддається вимірюванню на експерименті. Натепер, теорія здатна врахувати вплив температури вихідного ядра на величину енергії поділу, проте вирішення такої задачі при врахуванні емісії ядерних частинок, - від альфа-, чи бета частинок, нейтронів є непростою задачею теорії ядра. В даній роботі приведено результати розрахунку УКЕ для ізоотопів америцію в рамках післяподільного наближення, що дозволяє отримати масово-зарядові спектри уламків поділу цих ізоотопів для різних температур, без та при врахуванні емісії ядерних частинок. В рамках цього підходу повна кінетична енергія поділу, або УКЕ ядер-уламків потребує знання $F(A_i)/F(Z_i)$ – масово/зарядових ймовірностей виходів уламків поділу із масою/зарядом A_i/Z_i , відповідно. Значення енергії поділу W_i , для і-вого 2-х уламкового набору знаходиться через формулу $W_i = E_0 - U_i$, де E_0 - енергія зв'язку вихідного ізоотопу N_p , а U_i - сума енергій зв'язку осколків поділу і-го кластера. Тоді для j-го ізоотопу A_m УКЕ знаходиться як:

$$\bar{W}(j) = \sum_{\{A_i\}} W_i \cdot F_j(A_i) = \sum_{\{Z_i\}} W_i \cdot F_j(Z_i)$$

Обговорюються роль емісії ядерних частинок, температури, а також оболонки 50 та 82 у формуванні особливостей та топології диференціальних енергетичних спектрів.

Секція 2. Фундаментальні дослідження при проміжних і високих енергіях

ТОНКА СТРУКТУРА МАГНІТНОГО ДИПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСУ У ЯДРАХ SD I 1f2p-ОБОЛОЧКАХ

О.С. Качан

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Наведено огляд та аналіз експериментальних досліджень, пов'язаних з вивченням властивостей магнітного дипольного резонансу (МДР) в ядрах sd та 1f2p-оболонки, виконаних у ННЦ ХФТІ. Аналіз положення центру тяжкості (ЦТ), тонкої структури та повної сили МДР у парних ядрах дозволив передбачити положення та тонку структуру МДР у непарно-непарних ядрах ^{34}Si , ^{38}K . Виявлено, що положення ЦТ МДР у непарних ядрах із незаповненою d_{5/2}-подоболонкою знаходиться в області енергії збудження 5–6 МеВ, оскільки воно визначається лише енергією спин-орбітального розщеплення. Для непарних ядер із заповненою d_{5/2}-підболонкою ЦТ МДР перебуває у області енергії збудження 8–10 МеВ, оскільки у формуванні МДР братимуть участь nn- чи pp-пари з d_{5/2}-подоболонки.

Також ідентифікований (МДР) на збуджених станах у непарних ядрах. Повна сила МДР на збуджених станах не відповідає такій, що отримана з правила сум Курата. Це пов'язано зі збільшенням ролі колективного руху в структурі збуджених станів. Проведено порівняння тонкої структури резонансоподібних структур (РПС) у ядрах sd та 1f2p-оболонки. Відзначається складніша структура РПС для ядер 1f2p-оболонки, що також може бути пов'язане зі збільшенням ролі колективного руху в структурі збуджених станів.

ПЕРЕРІЗИ РЕАКЦІЇ $^{113}\text{In}(\gamma, n)^{112\text{m,g}}\text{In}$ ДЛЯ γ -СЦЕНАРІЮ ЗОРЯНОГО
НУКЛЕОСИНТЕЗУ

Є. Скакун¹, І. Семісалов¹, А. Чеховська^{1,2}, С. Карпусь¹, В. Касілов¹

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

Переважаюча більшість поширених у природі ізотопів транс-залізних хімічних елементів була синтезована в зоряних сценаріях ядерних реакцій повільного (s-slow) та швидкого (r-rapid) захоплення нейтронів. Проте на протон-збагаченому схилі долини стабільності існує група з приблизно 35 так званих р-ядер, які не могли утворитися в цих процесах через співвідношення їх мас з масами ядер сусідніх ізотопів та ізобар. Ізотоп індій-113 (^{113}In) входить в цю групу, хоча

додатково може утворюватися в г-процесі в невеликих кількостях. Щоб зрозуміти зоряний нуклеосинтез р-ядер, необхідно знати великий набір певних ядерних даних, серед яких дуже важливими є поперечні перерізи ядерних реакцій, що викликаються протонами та фотонами.

У представленій роботі з використанням лінійного прискорювача електронів (LINAC-30) ННЦ ХФТІ (Харків) та автономної гамма-спектрометрії високої розподільної здатності в діапазоні граничної енергії гальмівного випромінювання від порогу (9,44 MeV) до 14 MeV були виміряні інтегральні виходи фотоядерної реакції $^{113}\text{In}(\gamma, n)^{112\text{m,g}}\text{In}$, що призводить до ізомерного (m) та основного (g) рівнів залишкового ядра. Індивідуальні виходи для утворення кожного члена ізомерної пари $^{112\text{m,g}}\text{In}$ були визначені з інтенсивностей супроводжуваних їх радіоактивний розпад γ -променів. Для визначення перерізів реакції використовувався метод [1] апроксимації експериментального виходу параметричною функцією фотоядерної реакції. Аналізуючи криву розпаду генетично пов'язаної ізомерної пари $^{112\text{m,g}}\text{In}$, ми змогли визначити нові значення [2] коефіцієнтів розгалуження γ -променів після розпаду нукліда $^{112\text{g}}\text{In}$, які виявилися відмінними від прийнятих на даний момент [3], що дало можливість отримати коректні значення експериментальних виходів реакцій.

Експериментальні дані порівнюються з передбаченнями статистичної теорії ядерних реакцій Хаузера-Фешбаха, реалізованої комп'ютерними кодами NON-SMOKER [4] і TALYS [5], що варіюють моделі густини ядерних рівнів та функції радіаційної сили.

1. O. Itoh et al. Journal of Nuclear Science and Technology, 48, 834 (2011).
2. I. Semisalov, A. Chekhovska, Ye. Skakun, S. Karpus, V. Kasilov. Appl. Rad. and Isotopes, 176, 109843 (2021).
3. <https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>.
4. T. Rauscher, F.-K. Thielmann, ADNDT, 88, 1 (2004).
5. J.Koning, S. Hilaire and M.C. Duijvestijn, "TALYS-1.0", Proceedings of the International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, April 22-27, 2007, Nice, France, editors O.Bersillon, F.Gunsing, E.Bauge, R.Jacqmin, and S.Leray, EDP Sciences, 211.

ДИФЕРЕНЦІЙНІ ПЕРЕРІЗИ ГЕНЕРАЦІЇ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕАКЦІЇ (p, γ) НА ЯДРАХ СЕРЕДНЬОЇ АТОМНОЇ МАСИ В ІНТЕРВАЛІ ЕНЕРГІЙ ПРОТОНІВ 1 – 2.5 MeV

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

ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

В роботі представлені результати вимірювання диференційних перерізів генерації гамма-випромінювання з реакції (p, γ) на ядрах титану, ванадію, хрому і нікелю. Експериментальні дослідження були проведені на прискорювачах ЕСУ-5 ННЦ ХФТІ та «Сокіл» в інтервалі енергій прискорених протонів від 1 до 2.5 MeV

на ізотопних мішенях. Гамма-кванти з енергіями в діапазоні від 90 кеВ до 1400 кеВ реєструвалися детекторами HPGe і Ge(Li).

Отримані дані можуть бути використані у методиці PIGE при аналізі домішок у різних матеріалах та сплавах.

Чисельні дані отриманих перерізів розміщені у міжнародній базі ядерних даних IBANDL.

Ці роботи виконувались за часткової підтримки МАГАТЕ (проект CRP № 16698).

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРЦІАЛЬНОГО КАНАЛУ УТВОРЕННЯ ОСНОВНОГО СТАНУ ЯДРА ${}^8\text{Be}$ В РЕАКЦІЇ ${}^{14}\text{N}(\gamma, \alpha \alpha {}^6\text{Li})$

С.М. Афанасьєв¹, І.О. Афанасьєва²

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

Дослідження багаточастинкових фотореакцій представляють особливий інтерес для вивчення властивостей віртуальних кластерних структур в ядрах, їхнього впливу на механізм ядерних реакцій і на динаміку нуклеосинтезу у Всесвіті. Ядро ${}^{14}\text{N}$ можна розглядати як проміжне між ядрами ${}^{12}\text{C}$ і ${}^{16}\text{O}$, які в кластерній моделі розглядаються як 3х- і 4х- α кластерні структури.

Виконано дослідження реакції ${}^{14}\text{N}(\gamma, 2\alpha {}^6\text{Li})$, події якої реконструйовано з цифрових стереокадрів фотоядерних реакцій, отриманих при фотографуванні трекового 4л детектора (дифузійна камера в магнітному полі на пучці гальмівних фотонів з $E_{\gamma\text{макс}} = 150$ МеВ). За допомогою цифрової методики було виконано реконструкцію треків і отримано кінематичні параметри частинок [1].

У розподілі подій за енергією збудження двох α частинок виявлено резонанс, ідентифікований як основний стан ядра ${}^8\text{Be}$. Виділено події, що відповідають парціальному каналу реакції ${}^{14}\text{N}(\gamma, {}^6\text{Li}){}^8\text{Be}_0$ з наступним двочастинковим розпадом ${}^8\text{Be} \rightarrow \alpha + \alpha$ і виміряно парціальний перетин цього каналу. Виконано аналіз енергетичних і кутових розподілів частинок на кожному етапі розпаду.

1. Afanasiev S.N., Afanasieva I.O. Digital study of the ${}^{14}\text{N}(\gamma, 2\alpha){}^6\text{Li}$ reaction // Problems of Atomic Science and Technology. 2023. №3(145), p. 33-37.

АНАЛІЗ ЯМР-СИСТЕМИ ВИМІРУ ЯДЕРНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ В НЕЙТРОННОМУ СПІНОВОМУ ФІЛЬТРІ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В нейтронному спіновому фільтрі поляризація ядер ${}^3\text{He}$ досягається при використанні методу спін-обмінної накачки (SEOP). Необхідність дистанційного (до 100 м) моніторингу поляризації ядер ${}^3\text{He}$ в фільтрі потребує додаткових узгоджувальних елементів при передачі сигналів по коаксіальним лініям. Було

виконано математичне моделювання і розрахунки режиму живлення РЧ-катушок для збудження магнітного поля в гелієвому осередку, розрахунки індукції магнітного потоку, що збуджується прецесією спінів та одержані амплітуди сигналів в реєструючих катушках з гелієвим осередком та осередком, заповненим водою, одержано відношення сигнал/шум для сигналу від ядер водню в воді. Розглянуті варіанти пониження реактивної компоненти імпедансу кабеля з індуктивністю при віддаленому живленні РЧ-катушок. Для забезпечення виміру величини поляризації ядер ^3He в режимі АФР з похибкою вимірювання не більшою ніж 5% в динамічному діапазоні сигналів ЯМР-поглинання не менше 120 дБ та величиною деполіризації за час вимірювання не більше 1% вибрані технічні характеристики реєструючих та РЧ-катушок, розраховані параметри розгортки утримуючого магнітного поля та вимоги до АЦП для запису спектрів в комп'ютер. При розрахунках амплітудних та фазових характеристик струмів та напруги на елементах кола РЧ-катушок та характеристик ЯМР-сигналів і параметрів резонансу використовувались пакети програмного забезпечення LTspice та SciLab.

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З РОЗЩЕПЛЕННЯ ЯДЕР ^{12}C , ^{14}N ТА ^{16}O ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПРОТОНАМИ

Р. Муртазін, С. Карпуть

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Експериментальні дослідження, що базуються на використанні стримерних та дифузійних камер, а також фотоемульсії, дозволяють проводити спостереження рідкісних багаточасткових подій з фіксацією трекової інформації про продукти ядерних реакцій. Отримані дані широко використовуються в ядерній астрофізиці для дослідження процесів зоряного нуклеосинтезу. Накопичений масив даних [1] з експериментальних оцінок перерізів взаємодії високоенергетичних протонів з ^{12}C , ^{14}N та ^{16}O потребують більш детального вивчення та аналізу. Оскільки зазначені експериментальні методики не дають повної інформації про всі можливі канали ядерних реакцій, то використання Talys дає змогу детальніше вивчити вклад проміжних реакцій. Особливу увагу приділено утворенню проміжних ^9B ($t_{1/2}=800$ zs) та ^8Be ($t_{1/2}=81.9$ as), та їх вкладу. Отримано розрахункові спектри супутнього нейтронного фону, дано оцінку його впливу на утворення додаткових трекових подій.

1. www-nds.iaea.org/exfor/

СРТ/РТ ІНВАРІАНТНІ ІЗОСПЕКТРАЛЬНІ ГАМІЛЬТОНІАНИ
СУПЕРСИМЕТРИЧНОЇ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ У ФОРМАЛІЗМІ
ЗВОРОТНОГО РОЗСІЮВАННЯ

В.П. Березовий¹, О.Ю. Нурмагамбетов^{1,2,3}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

³Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, Харків

Однією з незвичайних властивостей методу задачі зворотного розсіювання (ЗЗР) є неоднозначність відновлюваного по фазах розсіювання та спектру зв'язаних станів потенціалу. Та сама неоднозначність виникає і при побудові ізоспектральних гамільтоніанів у формалізмі суперсиметричної квантової механіки (СКМ). Хоча відповідність між ЗЗР і СКМ встановлена практично з моменту появи останньої, працює вона у разі або стаціонарних ізоспектральних гамільтоніанів, або виключно нестаціонарних. Нами запропоновано новий підхід до побудови ізоспектральних гамільтоніанів, що дає можливість, у рамках формалізму ЗЗР, пов'язати стаціонарні та нестаціонарні гамільтоніани з (майже) еквівалентним спектром значень енергії станів. При цьому потенціал нового нестаціонарного ізоспектрального гамільтоніану містить нетривіальну уявну частину, що відображає можливу дисипацію в системі. Знайдено умови, за яких нестаціонарний гамільтоніан з комплексним потенціалом має дійсний спектр, що відповідає РТ-симетричним гамільтоніанам К. Бендера. Таким чином, нами вперше реалізована СРТ/РТ відповідність стаціонарних та нестаціонарних ізоспектральних гамільтоніанів. Ця робота проведена в рамках ініціативи Кембридж-НФДУ 2022 «Індивідуальні гранти на проведення досліджень для українських вчених (за підтримки Кембриджського університету, Велика Британія)», проект №2022.02/0052 (О.Ю. Нурмагамбетов).

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКГУПОЛЬНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЯДЕР У ЛАНЦЮЖКАХ
ІЗОТОНІВ ТА ІЗОТОПІВ В ОБЛАСТІ АКТИНОЇДІВ У НАБЛИЖЕННІ
СЕРЕДНЬОГО ПОЛЯ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Проведено розрахунки властивостей парно-парних ізотонів $N=134$ ядер з $Z=86-96$, а також ізотопів Rn з $A=218-226$ та Pu з $A=222-230$ у наближенні Хартрі-Фока-Боголюбова з урахуванням аксіальної симетрії ядер із силами Скірма (SkM^* , $SLy4$). Ця робота є продовженням нашого попереднього дослідження властивостей ізотопів Ra [1], Th та U [2]. Як і в [1,2], у розрахунках ми використовували комп'ютерний код HFBTHO v2.00d [3]. 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 та окупольної 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 на β_2 та β_3 . Показано, що для розглянутих ланцюжків ізотонів та ізотопів, як і для ланцюжків ізотопів Ra [1], Th та U [2], деформація ядер β_3 сильно залежить від вибору параметрів сили спарювання нуклонів і слабо залежить від використовуваних у даному дослідженні типу параметризації сил Скірма. Завищені значення констант сил спарювання призводять до зменшення або повного зникнення деформації в розглянутих ланцюжках ізотонів та ізотопів.

1. V.I. Kuprikov, V.N. Tarasov // Phys. At. Nucl. , 2021, 84, №6, pp. 796–803.
2. V.N. Tarasov et al. // Probl. Atom. Scien. Techn., 2023, 3(145), pp. 8-11.
3. M.V. Stoitsov et al. // Comput. Phys. Commun., 2013, 184, 1592.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕРІЗІВ БАГАТОЧАСТИНКОВИХ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ У НДК «ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ

I.C. Тімченко, O.C. Деєв, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір,
В.В. Митроченко, С.О. Пережогін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Дослідження механізму ядерних реакцій (direct, compound, pre-equilibrium, etc.) проводяться з використанням експериментальних даних по фотоядерним реакціям. Для тестування та оновлення сучасних розрахункових кодів, наприклад, TALYS, EMPIRE, SCONE, CON3, які використовуються для моделювання поперечних перерізів фотоіндукованих реакцій, необхідні експериментальні значення перерізів $\sigma(E)$ та $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle$. Однак, на сьогоднішній день, наявні експериментальні дані в області ГДР, що отримані в різних лабораторіях, не завжди узгоджуються. Спостерігається також нестача даних по фотопротонним та багаточастинковим фотоядерним реакціям (у тому числі з вильотом кластерів).

У доповіді представлено результати дослідження багаточастинкових фотоядерних реакцій, проведених у НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ на лінійному прискорювачі електронів ЛПЕ-40 за останні п'ять років. Експериментальні результати для усереднених за потоком гальмівного випромінювання перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle$ отримані для реакцій на ядрах з атомною масою $27 < A < 181$ при енергіях у діапазоні $E_{\gamma\max} = 30-100$ MeV.

Для отримання експериментальних значень перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle$ використовувався активаційний γ -спектрометричний метод. В експериментах для очищення гальмівного γ -потoku від електронів використовували два методи: із застосуванням алюмінієвого поглинача або відхиляючого магніту. Поток гальмівного випромінювання, що падає на мішень, моделювався за допомогою коду GEANT4.9.2 та проводилося моніторування по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$.

Результати проведених експериментів порівнювалися з наявними в літературі даними та розрахованими значеннями з використанням перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS. Отримані результати $\langle\sigma(E_{\gamma max})\rangle$ представлені в міжнародній базі даних EXFOR.

ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ У ВИСОКОПОРОГОВИХ ФОТОНУКЛОННИХ РЕАКЦІЯХ НА ЯДРАХ Zr, Ni I Mn

І.С. Тімченко, О.С. Деев, С.М. Олійник, С.М. Потін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Ізомерне відношення ІР продуктів ядерної реакції дозволяють визначити заселення метастабільного (m) стану досліджуваного ядра відносно його основного (g) стану. Така інформація корисна у дослідженні питань, що пов'язані з ядерними реакціями і структурою ядра, такі як спінова залежність щільності ядерних рівнів, передача моменту імпульсу, спарювання нуклонів, оболонкові ефекти. Такі експериментальні дані використовуються для уточнення теорії гамма-переходів і перевірки теоретичних моделей ядра.

В експериментах з використанням потоку гальмівного випромінювання ізомерні відношення $IR(E_{\gamma max})$ вимірюються як відношення виходів $Y(E_{\gamma max})$ або середніх за потоком перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma max})\rangle$ утворення ядер-продуктів реакції в ізомерному та основному станах. Дослідження $IR(E_{\gamma max})$ за допомогою фотоядерних реакцій має перевагу, оскільки γ -квант вносить малий кутовий момент і не змінює нуклонний склад ядра.

У роботі розглядаються ізомерні пари ядер, які є продуктами фотоядерних реакцій на Zr, Ni і Mn. Ізомерні відношення $IR(E_{\gamma max})$ були оцінені у діапазоні енергії $E_{\gamma max}$ до 100 MeV з використанням поперечних перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95 та потоку гальмівного випромінювання, отриманого шляхом моделювання в програмі GEANT4.9.2. Розрахунок значень $IR(E_{\gamma max})$ проводився для реальних умов роботи лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ.

Розглянуто можливі конкуруючі реакції на різних стабільних ізотопах Zr і Ni, та оцінено внесок домінуючого каналу в сумарний вихід досліджуваних реакцій. Проведено порівняння розрахованих значень $IR(E_{\gamma max})$ з експериментальними результатами з бази даних EXFOR та оціненими даними з ENDF.

ПЕРЕРІЗИ БАГАТОЧАСТИНКОВИХ ФОТОНУКЛОННИХ РЕАКЦІЙ НА ЯДРАХ ^{92}Mo I ^{94}Mo

І.С. Тімченко, О.С. Деев, С.М. Олійник, С.М. Потін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Розробка сучасних теоретичних моделей для описання механізмів ядерних реакцій і програмних кодів на основі цих концепцій потребує верифікації з

використанням даних по перерізам для фотоядерних реакцій (γ, xn) і (γ, xp). На сьогоднішній день у міжнародних базах даних немає вичерпної інформації про багаточастинкові реакції. Спостерігаються також розбіжності між експериментальними перерізами, виміряними в різних лабораторіях. Це призвело до появи робіт з аналізу достовірності раніше вимірянних експериментальних перерізів і, як наслідок, стимулювало нові вимірювання.

У доповіді представлено результати дослідження фоторозщеплення ядер ^{92}Mo і ^{94}Mo в області граничних енергій гальмівних спектрів $E_{\gamma\text{max}} = 35\text{--}95$ МеВ. Експерименти проводили на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 у НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з використанням γ -активаційної та off-line γ -спектрометрії. Визначено експериментальні середні перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ для утворення ядер ^{90}Nb , ^{90}Mo , $^{93\text{m}}\text{Mo}$ та $^{92\text{m}}\text{Nb}$ у реакціях на мішенях з $^{\text{nat}}\text{Mo}$. Проведено порівняння отриманих значень $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ з даними з літератури.

Проведено порівняння з теоретичними розрахунками усереднених перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$, виконаними з використанням перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95. Обчислено вклад ізотопу ^{94}Mo у виходи реакції $^{\text{nat}}\text{Mo}(\gamma, xn)^{93\text{m}}\text{Mo}$ та $^{\text{nat}}\text{Mo}(\gamma, pxn)^{92\text{m}}\text{Nb}$. Показано також, що основний вклад у повний вихід утворення ядер ^{90}Nb та ^{90}Mo на натуральному Мо дає ізоотоп ^{92}Mo .

УТВОРЕННЯ ІЗОТОПІВ $^{55,56,57}\text{Co}$ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА $^{\text{nat}}\text{Ni}$ ПРИ ЕНЕРГІЯХ ДО 95 МеВ

І.С. Тімченко^{1,2}, О.С. Деев¹, 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

У даний час активно ведуться експериментальні дослідження фоторозщеплення ядер в області енергій від гігантського дипольного резонансу (ГДР) і до порогу народження піонів ($E_{th} = 145$ МеВ). Інтерес до цього діапазону енергій обумовлений зміною механізму взаємодії фотонів з ядрами: фотодезінтеграція ядер через збудження ГДР і фотопоглинання квазідейтронів. Проте спостерігається дефіцит експериментальних даних у цьому діапазоні енергій сильно обмежує як загальне розуміння процесів взаємодії γ -квантів з ядрами, так і можливості тестування модельних підходів. Особливо не вистачає даних для фотоядерних реакцій з вильотом заряджених частинок.

Проведено дослідження фотоядерного утворення ізотопів $^{55,56,57}\text{Co}$ на мішенях з натурального нікелю. Для цього були використані експериментальні дані, отримані на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 у НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з використанням γ -активаційної та автономної γ -спектрометрії при граничних енергіях гальмівних спектрів $E_{\gamma\text{max}} = 35\text{--}95$ МеВ. Здобуто експериментальні середні перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ досліджуваних реакцій, які є кумулятивним результатом двох процесів $^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma, pxn)$ та $^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma, xn)^{57,56,55}\text{Ni}$

$(\varepsilon^+\beta^+) \rightarrow {}^{57,56,55}\text{Co}$. Порівняння з літературними даними, які отримані методом наведеної активності, показало гарне узгодження.

Розрахунок середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ фотоядерних реакцій ${}^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma,\text{pxn}){}^{55,56,57}\text{Co}$ і ${}^{\text{nat}}\text{Ni}(\gamma,\text{xn}){}^{55,56,57}\text{Ni}$ було проведено для всіх стабільних ізотопів нікелю, використовуючи перерізи $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95. Порівняння експерименту і теорії показало узгодження для випадку утворення ядер ${}^{56,57}\text{Co}$, та значну розбіжність для ${}^{55}\text{Co}$. Визначено домінуючі канали реакцій для кумулятивних виходів ядер ${}^{55,56,57}\text{Co}$ на ${}^{\text{nat}}\text{Ni}$.

Ця робота була підтримана Slovak Research and Development Agency (грант № APVV-20-0532 і APVV-22-0304), а також Slovak grant agency VEGA (грант № 2/0175/24). Фінансується організацією EU NextGenerationEU через Recovery and Resilience Plan for Slovakia у рамках проекту № 09I03-03-V01-00069.

ФОТОУТВОРЕННЯ ${}^{95}\text{Nb}$ НА ПРИРОДНОМУ МОЛІБДЕНІ ПРИ КІНЦЕВИХ ЕНЕРГІЯХ ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДО 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

Фоторозщеплення стабільних ізотопів молібдену досліджувалося у багатьох роботах. Однак, для випадку утворення ядра ${}^{95}\text{Nb}$ проведені експерименти по визначенню ізомерного відношення в області гігантського дипольного резонансу та при середніх енергіях. У літературі мало даних для перерізів реакції утворення ядра ${}^{95\text{m}}\text{Nb}$ у метастабільному стані на ${}^{\text{nat}}\text{Mo}$. Так, в [1], результат було отримано у діапазоні енергій 30–68 МеВ та представлено у вигляді середнього перерізу на еквівалентний фотон $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{Q}}$.

У доповіді представлено результати дослідження фотоутворення ядра ${}^{95\text{m}}\text{Nb}$ на природному молібдені. Вимірювання проводили за допомогою активаційного методу та off-line γ -спектрометричного методу на пучку електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ. Експериментальний усереднений за потоком гальмівного випромінювання переріз $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{m}}$ для реакції ${}^{\text{nat}}\text{Mo}(\gamma,\text{xn}){}^{95\text{m}}\text{Nb}$ було визначено у діапазоні $E_{\gamma\text{max}} = 38\text{--}93$ МеВ. Отримані значення перерізів порівнювалися з даними [1]. Використовуючи відомі дані по ізомерним відношенням $IR(E_{\gamma\text{max}})$ для пари ${}^{95\text{g,m}}\text{Nb}$, отримано розрахункові значення $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{g}}$ для формування ядра ${}^{95}\text{Nb}$ в основному стані та сумарні перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{tot}}$ для досліджуваної реакції. Визначено розрахунковий внесок реакції ${}^{96}\text{Mo}(\gamma,\text{p})$ у фотоутворення ядра ${}^{95\text{g,m}}\text{Nb}$ на природному молібдені.

Теоретичні значення виходів $Y_{\text{m,g}}(E_{\gamma\text{max}})$ та середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{m,g}}$ для реакцій ${}^{\text{nat}}\text{Mo}(\gamma,\text{xn}){}^{95\text{m,g}}\text{Nb}$ були розраховані за допомогою поперечних перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS1.95 для шести моделей щільності ядерних рівнів. Порівняння

показало значне перевищення експериментальних результатів над теоретичними $\langle \sigma(E_{\gamma\max}) \rangle_{m,g}$.
 I.K. Masumoto, T. Kato, N. Suzuki, Activation Yield Curves Of Photonuclear Reactions For Multielement Photon Activation Analysis // Nucl. Instrum. Meth. 157 (1978) 567.

ВИЗНАЧЕННЯ ІЗОМЕРНИХ ВІДНОШЕНЬ ВИХОДІВ
 В РЕАКЦІЇ (γ, n) ДЛЯ ^{165}Ho
 П.С. Деречкей, З.М. Біган

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Відомо, що для ізотопу ^{164}Ho ізомерний стан характеризується спін-парністю $J^\pi = 6^-$, енергією 140 кеВ та має період напіврозпаду $T_{1/2} = 37.0$ хв.

В роботі приведено результати визначення ізомерних відношень виходів одержаних в реакції $^{165}\text{Ho}(\gamma, n)^{164m.g}\text{Ho}$ на мікротроні М-30 Інституту електронної фізики НАН України при максимальних енергіях гальмівного спектру $E_{\gamma\max} = 10.0 - 18.0$ МеВ шляхом вимірювання апаратурних гамма-ліній від розпаду ^{164m}Ho . Інтенсивність заселення ізомерного стану визначалась по гамма-лінії $E_m = 37.5$ кеВ, а основного стану – як середнє інтенсивності двох ліній $E_g = 73.5$ кеВ і $E_g = 91.5$ кеВ.

Ізомерні відношення розраховувалися по відомій формулі [1], що враховує число зареєстрованих імпульсів в фотопіках, відповідальних за розпад ізомерного і основного станів при опроміненні в пучку гальмівних гамма-квантів, а також коефіцієнти, які враховують прорахунки і накладання імпульсів, інтенсивність гамма-переходів, що заселяють ізомерний і основний стани, що припадає на акт розпаду активованого ядра, ефективність реєстрації відповідних гамма-ліній, самопоглинання гамма-квантів в мішені і часову функцію, що враховує часи опромінення, охолодження і вимірювання.

В результаті проведених вимірів і розрахунків одержані наступні експериментальні ізомерні відношення повних виходів $\eta = Y_m / (Y_m + Y_g) = 1 / (1 + 1/d)$ в залежності від максимальної енергії гамма-квантів: при $E_{\gamma\max} = 10.0$ МеВ $\eta = 0.15$; $E_{\gamma\max} = 11.0$ МеВ $\eta = 0.19$; $E_{\gamma\max} = 12.0$ МеВ $\eta = 0.23$; при $E_{\gamma\max} = 13.0$ МеВ $\eta = 0.26$; $E_{\gamma\max} = 14.0$ МеВ $\eta = 0.28$; $E_{\gamma\max} = 15.0$ МеВ $\eta = 0.29$; $E_{\gamma\max} = 16.0$ МеВ $\eta = 0.297$; при $E_{\gamma\max} = 17.0$ МеВ $\eta = 0.30$; $E_{\gamma\max} = 18.0$ МеВ $\eta = 0.305$. З приведених даних видно, що ізомерне відношення виходів η вище порогу реакції $^{165}\text{Ho}(\gamma, n)^{164m.g}\text{Ho}$ зростає, а в області > 18 МеВ досягає насичення і складає ~ 0.3 .

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

ВИКОРИСТАННЯ РЕДЖЕ-ДУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ СТРУКТУРНОЇ ФУНКЦІЇ ПРОТОНА F2 ПРИ УСІХ ДОСТУПНИХ ЕНЕРГІЯХ

О. Лендел

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Два десятиліття тому точні дані CLAS про структурну функцію протона F2 були успішно описані в рамках дуальної Радже-моделі, яка базується на нелінійних комплексних Редже-траєкторіях у формі N та Δ ізобарних резонансів, дуальних до ефективної бозонної траєкторії f у перехресному -каналі та з гладким фоном на основі екзотичних траєкторій, дуальних до Померона. З іншого боку, модель СКМТ для F2 дає хороше описання даних HERA. Тут ми спробуємо поєднати ці два підходи, перш за все, щоб адекватно врахувати передумови при описанні вже згаданого точного експерименту CLAS. Це вимагало модифікації несинглетної частини F2, яка дає основний внесок у шуканий фон. В області низьких і помірних значень Q^2 ($\leq 5 \text{ GeV}^2$), які нас цікавлять, немає потреби розглядати еволюцію КХД, що значно спрощує задачу.

ДВОЕКСПОНЕНЦІАЛЬНА T-ЗАЛЕЖНА ДИПОЛЬНА ПОМЕРОННА І ОДДЕРОННА АМПЛІТУДА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРІЗІВ ТА ФАЗИ ПРУЖНОГО pp- І АНТИ pp-РОЗСІЯНЬ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ

З.З. Торич

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

В статті [1] з простою дипольною померонною амплітудою з двома t-залежними експонентами описано диференціальні перерізи пружного pp-розсіяння при високих енергіях. Ця амплітуда містить 3 вільні параметри та масштабний множник. Для параметрів було одержано також ряд нерівностей, які виконуються при одержаних значеннях параметрів.

Для розрахунків повного та диференціального перерізів і фази не тільки для зазначеного вище розсіяння, а й для анти pp-розсіяння запропоновано амплітуду, яка крім померона, містить оддерон і два вторинні реджеони, тобто f- і ω -мезони. Траєкторії померона та оддерона мають перетин 1. В цій амплітуді число вільних параметрів дорівнює 14. Вони будуть визначені з експериментальних даних за рівняннями методу найменших квадратів чисельними розрахунками.

1. Norbert Bence, Alexander Lengyel, Zoltán Tarics. A Simple Model for Describing the Minimum Differential Cross-Section of Elastic Proton Scattering on Protons at High Energies. Scientific Herald of Uzhhorod University. Series Physics. Iss. 51. P. 30-38. 2022.

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

НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВТОРИННОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕМІСІЇ ІЗ РІЗНИХ ТОВЩИН АЛЮМІНІЄВИХ МІШЕНЕЙ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Виміри виходів низькоенергетичної ($E < 50$ eV) вторинної електронної емісії із алюмінієвих мішеней товщиною 8 и 50 мкм при початковій енергії первинного пучка електронів 15 MeV проведені на прискорювачі ЛПЕ-300.

Для мішені 8 мкм одержано наступні дані: низькоенергетичний спектр має максимум у районі 0.66 eV; повна ширина на пів висоті – 1,62 eV, а величина повної емісії дорівнює 2,86 %.

Для мішені 50 мкм одержано наступні дані: низькоенергетичний спектр має максимум у районі 1.29 eV; повна ширина на пів висоті – 3,16 eV, а величина повної емісії дорівнює 2,85 %.

Порівняння спектрів низькоенергетичної вторинної електронної емісії для двох товщин дозволило зробити висновки, що із збільшенням товщини мішені:

а) до спектру, що виходить із поверхневого шару, додається внесок від електронів, що виходять із товщини мішені;

б) максимум спектру зміщується у бік більших енергій, а його ширина збільшується за рахунок невеликої добавки електронів, які утворені у товщині мішені.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОНІВ ВИСОКОЇ ЕНЕРГІЇ КРИЗЬ ТОНКІ АЛЮМІНІЄВІ ПЛІВКИ

Г. Коваленко, С. Карпусь, Т. Малихіна, І. Шляхов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Представлено результати використання бібліотек Geant4 11.2 для моделювання взаємодії високоенергетичних електронів з тонкою алюмінієвою плівкою. Було реалізовано комп'ютерну програму для проведення двох серій обчислювальних експериментів. Енергія первинних електронів в обох обчислювальних експериментах становила 15 MeV. Моделювання проводилося для алюмінієвої плівки товщиною 8 мкм і 50 мкм. Досліджено динаміку утворення вторинних електронів вздовж осі головного пучка (перпендикулярно до поверхні плівки) залежно від товщини фольги. Поріг реєстрації дельта-електронів становив 4,2 eV. Отримано та проаналізовано енергетичні спектри

виходу вторинних електронів у прямому та зворотному напрямках. Детально вивчені процеси генерації електронів в алюмінії (вторинних, третинних, ...). Результати моделювання є основою для аналізу високо- та низькоенергетичних виходів вторинних електронів.

Результати розрахунків отримані з використанням комп'ютерних ресурсів [1] в рамках проекту «Science-IT» Університетської наукової школи Аалто.

1. <https://scicomp.aalto.fi/triton/>

ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМОСТИМУЛЬОВАНОЇ ЕМІСІЇ ВТОРИННИХ ЕЛЕКТРОНІВ ЗІ СПЛАВУ Cu-Al-Mg

М. Ляшов¹, С.Карпусь², О. Шопен², Є. Цяцько²

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

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

Представлено аналіз енергетичних спектрів вторинних електронів емітованих зі сплаву Cu-Al-Mg при температурі зразків 293К, 523К, 623К і 673К. Експериментальні дані були отримані в роботі [1] за допомогою методу сферичного конденсатору (область потенціалів сканування від -50 до +50 В) при опроміненні зразків пучком первинних електронів з енергією до 500 еВ. Встановлено особливості енергетичних спектрів вторинних електронів в області затримуючих потенціалів та вплив температури на їх функцію розподілу. Показано, що в діапазоні зазначених температур розподіл вторинних електронів за енергією змінюється, а саме: положення максимуму, відносний вихід та вклад низько енергетичних електронів в області позитивних потенціалів сферичного конденсатору.

1. В.Л. Борисов, В.Н. Лепешинська «Вторично-эмиссионные свойства магниевых и бериллиевых сплавных эмиттеров после кратковременной активировки»: наук. посібник: М.: «Известия Академии наук СССР», 1958, т.ХХІІ, №5, с.534-545

УЗАГАЛЬНЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З ВИХОДУ ДЕЛЬТА ЕЛЕКТРОНІВ

Г.Д. Коваленко, С.Г. Карпусь, І.М. Шляхов, І.Л. Семісалов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Представлено узагальнені експериментальні результати виходу дельта електронів, що отримані на прискорювачах електронів ННЦ ХФТІ в діапазоні енергій від 0,5 до 1,6 ГеВ. В якості мішені були використані Be, Al, Si, Ni та Nb. Встановлено, що вихід дельта електронів пропорційний добутку $\sqrt{T \cdot Z/A}$, де Т-товщина зразка в г/см² і має лінійну залежність. Показано, що основним чинником зростання виходу дельта електронів є не енергія первинного пучка, а густина електронів в мішені.

ПРО МОЖЛИВОСТІ ВІДХИЛЕННЯ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ПОЗИТРОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИГНУТИХ КРИСТАЛІВ

І.В. Кириллін^{1,2}, М.Ф. Шульга^{1,2}

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

Задача про відхилення високоенергетичних електронів та позитронів є важливою задачею прискорювальної фізики. Зазвичай, таке відхилення реалізується за допомогою багатометрових електромагнітів. Проте, вигнуті кристали довжиною декілька міліметрів в ряді випадків дають можливість відхилити заряджені частинки на ті ж кути, що і електромагніти. В роботі [1] нещодавно була показана можливість використання площинного каналування в зігнутому кристалі для виведення частини пучка електронів з енергією 6 GeV з прискорювача DESY II Booster Synchrotron. Доповідь присвячено результатам дослідження ефективності відхилення електронів та позитронів за допомогою зігнутих кристалів в різних діапазонах енергії частинок.

Роботу виконано за підтримки проєкту Національного фонду досліджень України № 0123U105211 (222/0004).

I. Sytov A. et al. Eur. Phys. J. C. 2022. Vol. 82. P. 197.

ПРО РОЗСІОВАННЯ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА ПЛОСКОМУ РЕЛЯТИВІСТЬСЬКОМУ ПУЧКУ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК В ЕЙКОНАЛЬНОМУ НАБЛИЖЕННІ

М.Ф. Шульга^{1,2}, В.Д. Корюкіна¹

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

Розглянуто задачу про розсіювання швидких заряджених частинок на плоскому релятивістському пучку заряджених частинок в ейкональному наближенні. Вибрана форма пучка близька до форм, що зустрічаються в сучасних експериментах, наприклад, на прискорювачі КЕКВ (Японія). Для знаходження диференціального перерізу розсіювання використано підхід [1,2], який дозволяє розглядати задачу розсіювання на різноманітних мішенях з єдиної точки зору як в ейкональному, так і в борновому наближеннях квантової електродинаміки. Ейкональне наближення було вибрано, оскільки воно має ширшу область застосування порівняно з часто вживаним борновим наближенням.

З використанням чисельних методів отримано диференціальні перерізи розсіювання для певних параметрів задачі. Розглянута задача є актуальною для пояснення сучасних експериментів з вивчення випромінювання при зіткненнях пучків, оскільки переріз випромінювання пропорційний перерізу розсіювання.

1. N.F. Shul'ga, V.D. Koriukina. On coherent and incoherent scattering of fast charged particles in ultrathin crystals. Problems of Atomic Science and Technology. V. 127. pp. 120-125. 2020. <https://doi.org/10.46813/2020-127-120>
2. 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. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2020.09.014>

ОРІЄНТАЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗПОДІЛУ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРОТОНІВ У КРИСТАЛІ

С.В. Трофименко^{1,2}, І.В. Кириллін^{1,2}

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

За допомогою комп'ютерного моделювання отримано розподіли іонізаційних втрат енергії протонів з імпульсом 15 Гев/с, які рухаються у тонкому орієнтованому кристалі кремнію, при різних значеннях кута θ між імпульсом частинок і атомними площинами та кута ψ між імпульсом частинок і атомними ланцюжками. Досліджено еволюцію розподілу імовірності величини іонізаційних втрат енергії частинок та положення максимуму E_m такого розподілу зі зміною вказаних кутів. Для площинної орієнтації кристала показано, що при кутах θ , близьких до критичного кута площинного каналювання, E_m може помітно перевищувати відповідне значення, характерне для аморфної мішені (у той час як при менших θ величина E_m є меншою за це значення). Для випадку осьової орієнтації кристала розглянуто випадок, коли при збільшенні кута ψ частинки переходять із режиму осьового каналювання у режим площинного каналювання. Показано, що при цьому розподіл іонізаційних втрат набуває двогорбої структури. Один із його піків поступово перетворюється на розподіл, типовий для площинного каналювання, у той час як інший пік при кутах порядку критичного кута осьового каналювання ψ_c потрапляє в область більших значень іонізаційних втрат, ніж відповідний пік, характерний для аморфної мішені. При цьому залежність найбільш імовірного значення E_m іонізаційних втрат від ψ зазнає стрибка при ψ , близькому до ψ_c .

Роботу виконано за підтримки проекту DFG No. 531314364.
з фізики високих енергій і ядерної фізики: Книга тез. Харків, 2020, с. 69.

РЕНТГЕНІВСЬКЕ ПЕРЕХІДНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ КОВЗНОМУ
ПАДІННІ ЕЛЕКТРОНА НА ШТУЧНУ ПЕРІОДИЧНУ СТРУКТУРУ
С.В. Трофименко

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

Розглянуто рентгенівське перехідне випромінювання, що виникає при падінні ультрарелятивістського електрона на оптичну дифракційну ґратку під малим кутом до її площини. Основну увагу приділено випромінюванню в напрямку «назад», яке розповсюджується з того ж боку ґратки, звідки налітає частинка. Отримано вирази для спектрально-кутового розподілу випромінювання. Показано, що внаслідок інтерференції внесків від різних смуг ґратки випромінювання монохроматизується і в кожному напрямку спостереження випромінюється дискретний спектр частот. Це відкриває можливості для використання такого випромінювання у якості монохроматичного джерела рентгенівських фотонів. Досліджена можливість використання даного випромінювання для вимірювання параметрів пучків заряджених частинок. Показано, що ширина спектрального піку випромінювання є чутливою до поперечного розміру пучка і може використовуватися для його вимірювання. Така чутливість є помітно сильнішою, ніж для перехідного випромінювання, що зазнає дифракції у кристалі, для якого подібний метод був вперше запропонований [1]. Крім того, форма спектрального піку залежить від форми поперечного розподілу частинок у пучку та може використовуватися для здобуття інформації про цю форму.

1. Щагін А. В. та ін. XVIII Конференція з фізики високих енергій і ядерної фізики: Книга тез. Харків, 2020, с. 69.

ДОСЛІДЖЕННЯ КУТОВИХ РОЗПОДІЛІВ ОБ'ЄМНО ВІДБИТИХ ПОЗИТИВНО
ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ВЕЛИКОЇ ЕНЕРГІЇ У ЗІГНУТИХ КРИСТАЛАХ
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

Розглянуто процес розсіювання позитивно заряджених частинок великої енергії у тонкому зігнутому кристалі за умов об'ємного відбиття на зігнутих кристалічних площинах атомів. Розгляд проведено на підставі чисельного моделювання процесу розсіювання частинок з урахуванням некогерентних ефектів у розсіюванні на теплових коливаннях атомів у кристалічній ґратці.

Проведено порівняльний аналіз впливу некогерентних ефектів при розсіянні таких частинок у тонких зігнутих кристалах при енергіях позитронів в діапазоні від 1 до 200 ГеВ. Показано, що при енергіях позитронів у діапазоні від 20 до 200 ГеВ вплив некогерентних ефектів при розсіюванні частинок практично не

змінює кутовий розподіл у відхиленні частинок на великі кути. При зменшенні енергії позитронів до 1-2 ГеВ урахування некогерентних ефектів при розсіюванні частинок змінює кутовий розподіл при відхиленні частинок на великі кути, і інтенсивність розсіювання частинок на великі кути зменшується на 20-30%.

Для виключення впливу на розсіювання частинок у кристали ефектів, пов'язаних із явищем каналювання, розглядалося проходження частинок у кристалах малих розмірів, коли товщина кристалів вибиралася близькою до величини середнього значення напівперіоду коливань каналюваних частинок.

Проведений аналіз показує, що використання об'ємного відбиття позитивно заряджених частинок у вигнутому кристалі для відхилення частинок найбільш доцільно для частинок з енергією більшою за кілька десятків ГеВ.

ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В РОЗПАДАХ ТОП-КВАРКІВ В ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННІЙ АНІГЛЯЦІЇ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ

І.В. Трутень¹, О.Ю. Корчин^{1,2}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

Мета роботи полягає у вивченні поляризаційних ефектів при наявності порушення СР інваріантності у процесі e^+e^- анігляції з орієнтуванням на майбутній електрон-позитронний колайдер CLIC з енергією $s^{1/2} = 380$ ГеВ. Основою дослідження було вивчення анігляції електрон-позитронної пари у парі топ-кварків, які, розпадаючись, утворюють боттом-кварки та W -бозони. Лагранжіан взаємодії кварків з частинками переносниками, такими як фотон і Z -бозон, був модифікований для врахування ефектів СР порушення шляхом включення доданків, пропорційних електричному та слабкому дипольним моментам.

В результаті отримано переріз процесу як функцію декількох важливих змінних, таких як енергія боттом-кварків та електронів, поляризації початкових пучків електронів, скалярних і псевдо-скалярних констант взаємодії бозона Хігса з топ-кварками, які обумовлюють появу ефектів СР порушення. Проаналізовано асиметрію в кількості подій, в яких у експериментах вимірюються енергії боттом-кварків порівняно з енергіями антиботтом-кварків. Фізичний сенс полягає в тому, щоб виявити відмінності між кількістю подій, в яких енергія боттом-кварка більша ніж енергія антикварка, і кількістю подій в протилежному випадку. Також розглянута спостережувана що відповідає різниці середніх енергій боттом-кварків та антикварків за наявності різного ступеню поляризації початкового пучка електронів. Ці спостережувані є чутливими к порушенню СР симетрії.

БАГАТОФОТОННА ВЗАЄМОДІЯ ПЕРІОДИЧНОГО КОГЕРЕНТНОГО ПОЛЯ З УЛЬТРАРЕЛЯТИВІСТСЬКИМИ ЕЛЕКТРОНАМИ

Є. Буляк¹, М. Шульга^{1,2}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

Взаємодія когерентних фотонів з ультрарелятивістськими електронами є предметом широких теоретичних та експериментальних досліджень в даний час. Нами розроблена багатофотонна модель взаємодії електронів з періодичними електромагнітними полями. Модель базується на кінематиці взаємодії - законах збереження енергії та кількості руху. Ми розглядаємо періодичне поле як агрегацію чисельних станів, що складаються з реальних (лазерне поле) або віртуальних (ондулятори, кристали) фотонів. Чисельні стани вважаються як такі, що розподілені згідно Пуасонівського закону. Електрони в такому полі набувають додаткової ваги та можуть взаємодіяти з індивідуальними числовими станами. Додаткова вага (класичний параметр, який дорівнює середньо квадратичному поперечному імпульсові що набувається в полі) еквівалентна Пуасонівському параметру розподілу. Така взаємодія призводить до відбиття всього бгвтофотонного стану як одного фотону, тобто нелінійний ефект Комптона, або народження електрон-позитронної пари (нелінійний трайдент процес). Нами встановлено, що характер взаємодії електрона з когерентним полем визначається всього двома параметрами: (i) енергією фотона в системі спокою електрона та (ii) середнім числом фотонів на довжині хвилі. Оцінюються також статистичні параметри віддачі, що відчуває електрон внаслідок взаємодії.

РЕЗОНАНСНЕ НАБЛИЖЕННЯ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ФОТОТРИЗУБУ В ПОЛІ ЛІНІЙНО-ПОЛЯРИЗОВАНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ

О.І. Ворошило, В.М. Недорешта

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

В рамках резонансного наближення досліджений процес народження електрон-позитронної пари при розсіюванні поляризованого високоенергетичного фотона на полі монохроматичної лінійно-поляризованої електромагнітної хвилі (в англійській літературі вкоренилась назва цього процесу як phototrident). Це наближення дозволяє знехтувати інтерференцією амплітуд, т.я. резонанс амплітуд відбувається в різних кінематичних областях. Крім того вибір лінійної поляризації поля дозволяє значно скоротити кількість доданків в ймовірності. Незважаючи на ці спрощення вираз для ймовірності для досліджуваного процесу, який має другий порядок за сталою тонкої структури, є досить громіздким, що є наслідком поляризаційних властивостей проміжного стану.

ФОТОІОНІЗАЦІЯ ВАЖКИХ ІОНІВ КОРОТКИМ ЛАЗЕРНИМ ІМПУЛЬСОМ З ЕЛІПТИЧНОЮ ПОЛЯРИЗАЦІЄЮ

О. Новак, М. Дяченко, С. Лебединський, Р. Холодов

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

В даній роботі розглянуто процес фотоіонізації внутрішнього електрону важкого іону коротким рентгенівським імпульсом з еліптичною поляризацією в рамках релятивістської теорії. Рух електрону описано за допомогою точних розв'язків рівняння Дірака в кулонівському потенціалі. Імпульс випромінювання врахований як збурення у вигляді класичного поля в дипольному наближенні. Напруженість поля випромінювання має бути меншою за характерне значення напруженості кулонівського поля, що виконується для важких іонів та досяжних на практиці інтенсивностей випромінювання.

Одержано явні вирази для імовірності іонізації з основного стану. Дозволеними значеннями спін-орбітального квантового числа іонізованого електрону є $\kappa = -2$ (повний момент імпульсу $j = 3/2$) та $\kappa = 1$ ($j = 1/2$). Спостерігається пригнічення іонізації в стани з $j = 1/2$ для частоти випромінювання $\omega \approx mc^2/\hbar$ незалежно від значення проєкції повного моменту. Даний ефект є релятивістським та підтверджується чисельними розрахунками поза межами теорії збурень.

Секція 4. Фізика та техніка детекторів випромінювань

РОЗРОБКА РАДІОМЕТРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РАДОНУ У ПОВІТРІ

Г.Д. Коваленко, С.Г. Карпусь, 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

Представлено попередні результати розробки дослідного зразка радіометра для визначення концентрації радону в повітрі. В якості сенсора використовувався «теплий» кремнієвий детектор площею $\sim 6 \text{ см}^2$ виробництва ННЦ ХФТІ. Програмне забезпечення вимірювального комплексу на основі радіометра забезпечує визначення концентрації радону за заданий проміжок час. Під час сеансу вимірювання експериментальні дані збираються та зберігаються у внутрішній пам'яті пристрою для подальшої обробки та аналізу. Для передачі збереженої інформації використовується інтерфейс USB. Розглянуто подальші шляхи розширення аналітичних можливостей вимірювального комплексу за рахунок підвищення ефективності реєстрації розпаду радону та вдосконалення техніки вимірювання його активності.

ВИМІРЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СВІТЛОВОГО ВИХОДУ В ЗРАЗКАХ СЦИНТИЛЯТОРІВ ДО ТА ПІСЛЯ ОПРОМІНЕННЯ

В.П. Попов, Л.Г. Левчук, Р.І. Помацалюк

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Вивчення впливу високих доз іонізуючого випромінювання на сцинтиляційні та оптичні властивості пластичних та композиційних сцинтиляторів зосереджується на вимірі технічного світлового виходу в зразках сцинтиляторів до та після опромінення. Раніше був розроблений та виготовлений стенд для таких вимірювань. Вимірювання засновано на вимірі амплітудних сцинтиляційних α -спектрів для зразків за допомогою фотоелектронного помножувача (ФЕП-85 або 9954B05–THORN EMI Electron Tubes Ltd.) та багатоканальних зарядо-числових (QDC) та аналого-числових (ADC) аналізаторів. Для отримання амплітудного розподілу імпульсів сцинтиляцій використовувалися QDC 43ЦП393 (аналог QD808/CAMAC фірми ORTEC) та ADC 712(POLON). Отримані амплітудні α -спектри в подальшому підлягали математичній обробці – зокрема, фітуванню функцією Гаусса з визначенням положення α -піку, яке відповідає величині технічного світлового виходу. Дослідження технічного світлового виходу зразків сцинтиляторів виконувалось з використанням α -джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) ^{239}Pu . Слід зазначити, що спроможність проникнення α -частинок від ДІВ ^{239}Pu складає для пластичних сцинтиляторів не більше 100 мікрон, а для композиційних сцинтиляторів є значно меншою, так як їх щільність значно вища. Оскільки товщина зразків складає 3-6 мм, то сцинтиляція від α -частинок відбувається тільки в поверхневому шарі зразка. Для того, щоб сцинтиляція відбувалася по всій товщині пропонується використовувати електрони, у яких спроможність проникнення значно більша. Відповідним джерелом може бути ДІВ $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, для якого спроможність проникнення електронів сягає 10 мм в разі пластичних сцинтиляторів на основі полістиролу. Амплітудний спектр в разі електронів не має чітко виражених ліній, тому порівняння виміряних до та після опромінення спектрів та їх математична обробка викликає певні труднощі. Запобігти цьому можна, якщо проводити «абсолютні» вимірювання технічного світлового виходу в числах фотоелектронів. Для забезпечення використання ДІВ $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ і «абсолютних» вимірювань технічного світлового виходу в сцинтиляторах проводиться модернізація стенду. Ведеться виготовлення окремих його елементів.

ДЕЯКІ ПІДХОДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ З КОРОТКИМ ЧАСОМ ЗАГАСАННЯ

А.В. Креч¹, Д.О. Кофанов¹, І.Ф. Хромюк¹, Я.В. Герасимов¹, Н.Л. Каравасва¹,
Л.Г. Левчук², В.П. Попов²

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

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

Сцинтиляційні матеріали широко використовуються в багатьох галузях науки і техніки. Розвиток сучасної сцинтиляційної техніки приводить до необхідності пошуку нових сцинтиляторів або можливості покращити характеристики вже існуючих. Сцинтиляційні властивості неорганічних 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 100 Мрад.

НОВИЙ ПІДХІД ЩОДО СТВОРЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ

Я.І. Полупан, А.В. Креч, І.В. Лазарев, Є.В. Мартиненко, С.В. Махота,
С.С. Міненко, О.А. Тарасенко

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків

В останній час нами були розроблені органічні полікристалічні сцинтилятори, які є ефективними детекторами короткопробіжних випромінювань та які, на відміну від крихких монокристалів, мають більше можливостей для їх механічної обробки. Це дозволяє створювати детектори складної форми. Одним із недоліків полікристалічних сцинтиляторів є значне погіршення їх сцинтиляційних і оптичних характеристик із збільшенням товщини сцинтилятора [1]. Усі відомі наразі способи одержання органічних полікристалів обмежуються пресуванням або гранул, які отримують криогенним дробленням монокристалічного злитку, або пластинок, які отримують перекристалізацією з органічного розчинника.

У роботі запропоновано новий підхід щодо отримання вихідного матеріалу для полікристалів на основі п-терфенілу, при якому зонною плавкою і додатковою стадією реверсного руху одержують матеріал для пресування у вигляді злитку. Такий спосіб отримання полікристалів забезпечує суттєве поліпшення їх сцинтиляційних та оптичних характеристик по відношенню до існуючих аналогів, а саме підвищення світлового виходу при реєстрації альфа та бета-

випромінювання до 185 %, підвищення оптичного пропускання на 170 % на довжини хвилі, яка відповідає максимуму люмінесценції (360 нм).

1. M. Angelone, et al. Properties of para-Terphenyl as a Detector for α , β , and γ Radiation. IEEE Transactions on Nuclear Science (2014). – Vol. 61, No.3. – pp.1483–1487.

ВПЛИВ ЕФЕКТУ ВІДБИТТЯ ТРИПЛЕТНИХ ЕКСИТОНІВ НА ГРАНИЦЯХ ГРАНУЛ НА СЦИНТИЛЯЦІЙНІ ТА ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ

І.Ф. Хромюк, Н.Л. Караваєва, А.В. Креч, Є.В. Мартиненко, О.А. Тарасенко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Роздільна реєстрація іонізуючих випромінювань із різними питомими енергетичними втратами має велике прикладне значення. Це може бути детектування, наприклад, нейтронних потоків у присутності гамма-фону, так і власне спектроскопія швидких нейтронів. Застосованими для цих задач є органічні сцинтилятори.

В роботі досліджується вплив розміру гранул на характеристики композиційних сцинтиляторів п-терфенілу та стильбену. Ефект відбиття триплетного екситону від межі кристалу [1] раніше не брався до розрахунку, оскільки його вплив був нехтовно малий для досліджуваних зразків. Однак використання гранул, у яких дифузійне зміщення триплетного екситону наближається за значенням до розмірів окремих гранул, суттєво підвищує цей вплив. Результати моделювання дифузії триплетних екситонів в окремій гранулі сферичної форми підтвердили результати попередніх досліджень, в яких експериментально було показано оптимальний розмір гранул як 60 мкм.

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. Agranovich V.M. & Galanin M.D. Electronic Excitation Energy Transfer in Condensed Matter. Amsterdam: North-Holland, 1983.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ НОВІТНІХ МОНОЛІТНИХ АКТИВНИХ ПІКСЕЛЬНИХ СЕНСОРІВ

І.Т. Тимчук, М.А. Проценко, Б.І. Подлесний, І.В. Борщов

ТОВ «Науково-виробниче підприємство «ЛТУ», Харків

Для технологічного контролю новітніх кремнієвих монолітних активних піксельних сенсорів (MAPS) типу ALPIDE (розроблено коллаборацією ALICE у CERN) з приєднаними надлегкими мікрокабелями (виготовлені з безадгезивних алюміній-поліімідних діелектриків) при складанні високотехнологічних

багатосенсорних детекторних модулів для міжнародних експериментів ALICE ITS3 і FoCal та проекту pCT, спільно з фахівцями Університету Бергену (Норвегія), створено спеціалізований автоматизований комплекс контролю. Комплекс включає в себе апаратну (блок контактування та обробки на основі контактуючого пристрою типу Yamaichi IC51-4364-1221-1 та плати обробки на основі FPGA матриці типу Xilinx Zynq UltraScale) і програмну частини (спеціалізоване ПЗ контролю розроблено на Python під ОС Linux).

Автоматизований комплекс контролю дозволяє здійснювати контроль кіл живлення, регістрів та високошвидкісних ліній зв'язку сенсору та здійснити FIFO тест. За результатами визначається якість сенсору згідно з класифікацією сенсорів ALPIDE («золотий», «срібний», «бронзовий» або «непридатний»).

Функціональність автоматизованого комплексу контролю MAPS сенсорів перевірено та підтверджено на ALPIDE сенсорах, та, при впровадженні у технологічний процес, дозволить виключити використання дефектних сенсорів у детекторних модулях.

ТЕПЛОПРОВІДНІ АЛЮМІНІЙ-ПОЛІІМІДНІ ДІЕЛЕКТРИКИ

О.М. Лістратенко, О.В. Кравченко

ТОВ «Науково-виробниче підприємство «ЛТУ», Харків

Безперервно зростаючі вимоги до поліімідних (ПІ) матеріалів призводять до необхідності розширення асортименту і створення нових композиційних ПІ систем, зокрема з високими електроізоляційними і, водночас, теплопровідними характеристиками.

Основною метою виконаної роботи було проведення структурного моделювання та розрахунку ефективної теплопровідності нових теплопровідних ПІ композитів. Також розробка і дослідження односторонніх алюміній-поліімідних лакофольгових діелектриків на основі теплопровідних ПІ композитів з теплопровідністю 0,8 - 2,0 Вт/(м·К).

У роботі проведено розробку та дослідження теплопровідних ПІ композиційних матеріалів на основі сполучних із розчинів поліамідної кислоти Puge ML RC 5069 і дисперсних наповнювачів із порошків часток AlN мікронних і нано розмірів. Проведено структурне моделювання та розрахунок ефективної теплопровідності ПІ композитів. Розроблено односторонні мікро- і наноструктуровані композиційні лакофольгові алюміній-поліімідні ПІ діелектрики з теплопровідністю 0,8 - 2,0 Вт/(м·К), а також досліджено їх основні хімічні, механічні, електричні та теплові властивості.

Нові теплопровідні композиційні лакофольгові алюміній - поліімідні діелектрики призначені для електронних модулів з підвищеною потужністю, в тому числі для детекторних модулів для досліджень у фізиці елементарних часток.

ЕМПІРИЧНІ ФОРМУЛИ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ HPGe- ДЕТЕКТОРА ВІД ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ДЖЕРЕЛ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ В КОНТЕЙНЕРАХ ІЗ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

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

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Для аналізу ізотопного та кількісного складу ядерних матеріалів, які знаходяться в герметичних контейнерах з нержавіючої сталі, використовується метод гамма-спектрометричних вимірювань їх характеристичного або стимульованого випромінювання. Точність аналізу залежить від точності калібрування детекторів HPGe- за енергетичною ефективністю, яка залежить від технічних характеристик детекторів, геометрії вимірювань і характеристик поглинаючих екранів (контейнерів).

У роботі наведено результати експериментальних досліджень залежності ефективності детектора HPGe- від енергії гамма-квантів, відстані між детектором і точковим джерелом гамма-випромінювання та товщини екрана з нержавіючої сталі. На основі проведених експериментальних досліджень отримано параметричні формули, що описують залежності ефективності детектора від енергії, відстані та товщини екрана. Їх успішна експериментальна перевірка була проведена на іншому HPGe- детекторі з іншими технічними характеристиками.

Секція 5. Дослідження та розробки прискорювачів заряджених частинок

ДОВГОТРИВАЛА СТАБІЛЬНІСТЬ ПОЛЯ ПОСТІЙНОГО МАГНІТА ІЗ SmCo СПЛАВА

В.О. Бовда, О.М. Бовда, І.С. Гук, В.М. Лященко, А.О. Мициков, Л.В. Онищенко, В.М. Подорожкін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

При розробці магніта для оперативного визначення енергії електронів на технологічному прискорювачі на 10 MeV [1] основну увагу було приділено вибору рідкоземельного сплава, магнітні характеристики якого найменше змінювалися під впливом радіаційного випромінювання на прискорювачі. Найкращі дані були одержані для зразків із Sm₂Co₁₇ сплава, які були піддані прямому впливу пучка електронів із енергією 10 MeV [2]. Характеристики магніта, виготовленого з використанням цього сплава, були всебічно досліджені в 2018 році.

Оскільки для довготривалого використання магніта в вимірах енергії на прискорювачі важливо бути впевненим в стабільності параметрів магніта в часі, в 2023 році виміри були повторені з максимальним відтворенням геометрії експериментальних умов.

Одержані дані свідчать про те, що метрологічні характеристики магніта залишились в межах, які були визначені в дослідженнях, які були проведені в 2018 році.

1. V.A. Bovda, A.M. Bovda, I.S. Guk, S.G. Kononenko, V.N. Lyashchenko, A.O. Mytsykov, L.V. Onischenko, Sm-Co Based Magnetic System for 10 MeV Technological Electron Accelerator Lu-10M. // EastEur.J.Phys., Vol. 5, No.3, (2018), 68-74. DOI:10.26565/2312-4334-2018-3-08.

2. A.M. Bovda et al. Magnetic properties of Sm₂Co₁₇ magnets under 10 MeV electron beam // Problems of Atomic Science and Technology. Series “Nuclear Physics Investigations”. 2017, № 6, p. 162-166.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРОНІВ, НЕЙТРОНІВ І ГАМА КВАНТІВ

В.О. Бовда, О.М. Бовда, І.С. Гук, В.М. Лященко, А.О.°Мициков, Л.В. Онищенко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Енергозбереження є одною із основних ідей, які приймаються за основу при розробці і реалізації сучасних проектів як багатокілометрових колайдерів, так і технологічних прискорювачів для прикладних досліджень в промисловості [1].

Одною із технологій, яка дає змогу забезпечити суттєве скорочення енерговитрат при експлуатації прискорювачів, є використання в проектах магнітних елементів: дипольних магнітів, квадрупольних лінз, ондуляторів, виготовлених із постійних магнітів на основі рідкоземельних сплавів. Одною із важливих проблем, яка при цьому виникає, є стійкість магнітних характеристик цих матеріалів під дією різних видів випромінювання, які виникають при роботі прискорювачів.

За останні роки проведено доволі багато досліджень, присвячених цьому питанню. Вони виконані в широкому діапазоні енергій падаючих на матеріали часток: електронів, нейтронів, гама квантів різної інтенсивності. Однак, проведений огляд цих робіт не дає змоги зробити однозначні висновки відносно механізмів зміни магнітних характеристик цих матеріалів під дією опромінювання. Це викликано тим, що всі ці роботи були проведені в різних умовах, з різними матеріалами, цілі робіт були також різними.

Для встановлення механізмів такого впливу необхідно виконати докладні цілеспрямовані дослідження зміни структури матеріалів після опромінювання.

1. С. Benabderrahmane. Review of Permanent Magnet Technology for Accelerators. // 8th International Particle Accelerator Conference, Copenhagen, Denmark, 2017 MAY, p.14 – 19.

ОПТИМІЗАЦІЯ МАГНІТООПТИЧНОЇ СТРУКТУРИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСКОРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ

М.Ф. Шульга, Г.Д. Коваленко, І.С. Гук, П.І. Гладких, Д.Ю. Шахов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Для реалізації запропонованої в роботі [1] програми розвитку в Україні досліджень в галузі фундаментальних і прикладних робіт в ядерній і фізиці високих енергій, та фізики взаємодії випромінювання з матерією необхідно створення прискорювача, побудованого на основі новітніх світових тенденцій в розвитку прискорювальних технологій.

В роботі [2] проведено аналіз роботи існуючих світових прискорювальних комплексів і задач, які виконуються в згаданих галузях досліджень на пучках цих прискорювачів. На основі проведеного аналізу був запропонований

концептуальний проект багатофункціонального прискорювального комплексу (МАС) з безперервним пучком на енергію до 600 МеВ. Подальший розвиток запропонованого комплексу передбачає створення нейтронного джерела на основі пучка електронів на енергію 200 МеВ, пучків позитронів для фундаментальних і прикладних досліджень, використання пучків для створення джерел випромінювання на основі лазерів на вільних електронах та джерела синхротронного випромінювання.

В роботі викладені результати пошуку оптимальної магнітооптичної структури рециркулятора, приведені функції фокусування та параметри пучків.

1. M.F. Shul'ga, G.D. Kovalenko, V.B. Ganenko, L.G. Levchuk, S.H. Karpus, I.L. Semisalov. Concept of the state targeted NSC KIPT program of experimental base development for basic and applied research in nuclear and high-energy physics and physics of radiation interaction with matter. // PAST, "Nuclear Physics Investigations". № 3,139, 2022, p. 3-6. <https://doi.org/10.46813/2022-139-003>.

2. М.Ф. Шульга, Г.Д. Коваленко, І.С. Гук, П.І. Гладких, Ф.А. Пєєв. Багатофункціональний прискорювальний комплекс ННЦ ХФТІ «МАС NSC KIPT» ПРОЕКТ. ННЦ ХФТІ, Харків, 2023, 92 с.

ОГЛЯД БАГАТОПУЧКОВИХ СИСТЕМ ІОННОГО ОПРОМІНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ РОЗРОБКИ ННЦ ХФТІ

Ю. Марчук, Ю. Марценюк, С. Карпусь

ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

Розвиток радіаційних технологій в Україні нерозривно пов'язаний з експлуатацією та модернізацією установок опромінення на базі прискорювачів заряджених частинок ННЦ ХФТІ. Особливе місце серед установок опромінення займають багатопучкові системи саме іонного опромінення. Оскільки дозволяють проводити цілий комплекс досліджень з прогнозування поведінки мікроструктурних змін матеріалів під впливом одночасного чи роздільного опромінення іонними пучками з необхідними заданими параметрами (енергією, силою струму, площею поперечного січення, наявністю домішок тощо). Представлений огляд з розвитку систем іонного опромінення матеріалів розробки ННЦ ХФТІ підготовлено в рамках навчального курсу за вибором «Прискорювачі в радіаційній фізиці» аспірантури ННЦ ХФТІ.

ДО КІЛЬВАТЕРНОГО ПРИСКОРЕННЯ В НЕОДНОРІДНІЙ ПЛАЗМІ

Д.С. Бондар^{1,2}, В.І. Маслов¹, І.М. Оніщенко¹

¹ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

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

У лазерно-плазмовому кільватерному прискоренні актуальним й широко досліджуваним питанням є отримання невеликих самоінжектованих згустків і

збільшення їхньої енергії та темпу прискорення шляхом варіювання параметрів лазерних імпульсів і плазми. Зокрема, значний ефект має використання спеціальних плазмових профілів. Раніше [1] було показано, що при поздовжньому лінійно зростаючому профілі густини плазми за рахунок стиснення кільватерної бульбашки досягається синхронність максимального поля прискорення в області задньої стінки кільватерної бульбашки та самоінжектованого згустку.

У цій роботі шляхом числового моделювання за використання коду OSIRIS [2] досліджено кільватерне прискорення в неоднорідній плазмі з чергуванням областей, в яких густина плазми зростає чи спадає з метою подовження часу руху самоінжектованого згустку у фазі прискорення кільватерного поля та збільшення енергії згустку.

1. Bondar D.S., Maslov V.I., Onishchenko I.N. Improving Stability of the Self-Injected Bunch by Variation of a Sequence of Two Laser Pulses Parameters at Wakefield Excitation in a Metal Density Plasma // Problems of Atomic Science and Technology. 2023. № 6(148). DOI: 10.46813/2023-148-069.

2. Fonseca R.A. et al. OSIRIS: A Three-Dimensional, Fully Relativistic Particle in Cell Code for Modeling Plasma Based Accelerators // Computational Science — ICCS 2002. 2002. LNCS 2331. P. 342–351. DOI: 10.1007/3-540-47789-6_36.

ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЗАЄМОДІЇ ТИПУ ХВИЛЯ-ЧАСТКА

В.А. Буц^{1,2}, А.Г. Загородній³

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Радіоастрономічний інститут НАН України, Харків, Україна

³Інститут теоретичної фізики ім. Боголюбова НАН України, Київ, Україна

Розглядається ефективність прискорення та нагрівання заряджених частинок при циклотронних резонансах та при прискоренні частинок у вакуумі без зовнішнього магнітного поля. Розглянуто деякі особливості нових циклотронних резонансів, за умовами яких врахована роль поля зовнішньої хвилі. Визначено умови прискорення частинок та механізми, що обмежують рівень енергії частинок, що прискорюються. Розглянуто умови прискорення заряджених частинок у вакуумі без зовнішнього магнітного постійного поля. Обговорюються умови теореми Лавсона-Вудварта. Показано, що сформульоване твердження у цій теоремі про те, що релятивістські частки не обмінюються енергією із зовнішньою електромагнітною хвилею у вакуумі, строго не відповідає дійсності. Показано, що завжди такий обмін має місце. Крім того, показано, що існують області параметрів (початкова енергія частинок, напруженість зовнішньої електромагнітної хвилі, компоненти хвильового вектора електромагнітної хвилі), в яких відбувається ефективний обмін енергією між хвилею і частинками. Однак показано також, що зі зростанням початкової енергії частинок здебільшого ефективність обміну енергією падає. Цей результат досить очевидний і знаходиться в якійсь відповідності до теореми Лавсона-Вудварда.

КОЛЕКТИВНА ДИНАМІКА ЧАСТИНОК ПРИ ЦИКЛОТРОННИХ РЕЗОНАНСАХ: ФАЗОВА СИНХРОНІЗАЦІЯ

В.О.Буц^{1,2}, Д.М. Ваврів²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Радіоастрономічний інститут НАН України, Харків, Україна

Циклотронні резонанси широко використовуються як для прискорення заряджених частинок, так для збудження електромагнітних коливань. Ефективність взаємодії поля з частинками суттєво зростає, якщо взаємодія відбувається зі згустками частинок, які можуть виникати внаслідок фазової синхронізації частинок. Зокрема, у МЦР та у гіротронах фазове угруповання частинок відбувається за рахунок ефектів релятивізму. Ми показуємо, що є й інші механізми фазового угруповання частинок. Один із них обумовлений досить сильним полем електромагнітної хвилі. Показано, що це поле може привести до фазового угруповання частинок. З'ясовано, що цей механізм може бути ефективнішим за механізм обумовлений ефектами релятивізму. Крім того, ми показуємо, що циклотронне випромінювання окремих часток яке зазвичай не враховується через його невелику інтенсивність, призводить до самосинхронізації електронів. При цьому власні коливання повного комплексу частинок (плазми) може набувати широкого спектра власних низькочастотних коливань. Більш того, при перевищенні деякої граничної щільності частинок зовнішнє магнітне поле може перестати утримувати ці частинки. Розвивається нестійкість, що призводить до викиду частинок з області утримання. Ми оцінюємо рівень флуктуацій, необхідного для зриву процесу синхронізації та стабілізації динаміки плазми.

ВИМІРЮВАННЯ ПІКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ВЧ ТА НВЧ СИГНАЛІВ НА ІМПУЛЬСНИХ ПРИСКОРЮВАЧАХ З ВІРТУАЛЬНИМ КАТОДОМ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Генератор на основі віртуального катода (віркатор), завдяки своїй високій потужності (від десятків МВт до декількох ГВт), широким можливостям перебудови частоти (від сотень МГц до десятків ГГц), та концептуальній простоті, виділяється серед інших НВЧ-джерел [1]. Вимірювання його основних параметрів (потужності та частотного спектру) є проблемою через невеликі тривалості імпульсу (зазвичай від сотень пкс до сотень нс) та інерційність діагностичного обладнання – детекторів [2,3].

В роботі розглянуто принципи вимірювання потужності електромагнітного випромінювання у частотних діапазонах від 1 до 18 ГГц за допомогою детекторних збірок. Наведено результати попередніх вимірювань пікової потужності та спектри сигналів (до 6 ГГц) на прискорювачі з плазмовим

комутатором струму ДН-2К, з параметрами електронного пучка: ~ 30 кА та ~ 200 кВ. Представлено графіки залежності амплітуди потужності НВЧ сигналу від амплітуди струму обриву у первинному контурі прискорювача.

1. D. J. Sullivan et al., “Virtual cathode oscillator (vircator) theory”, Artech House Microwave Library, p. 441 (1987).
2. Rishi Verma et al “Characterization of High Power Microwave Radiation by an Axially Extracted Vircator”, IEEE Transactions on Electron Devices, p. 141 – 146. (2014).
3. Tsukasa Nakamura, et al. “Output Evaluation of Microwave Pulse Emitted from Axially-Extracted Vircator with Resonance Cavity”, Hasegawa, p. 55-60 (2018).

ІЗОЛЯЦІЯ ЕЛЕКТРОНІВ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ КАСПУ ПРИ ПРИСКОРЕННІ СИЛЬНОСТРУМОВОГО ІОННОГО ПУЧКА

I.M. Оніщенко, V.I. Маслов, O.V. Федорівська

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Попередні дослідження [1] магнітної ізоляції електронів магнітним полем каспу $0,05\text{Tл}$ для прискорення пучка іонів Ar^+ при інжекції плазми густиною до 10^{14} см^{-3} і швидкістю 10^7 см/с , еквівалентної скомпенсованому іонному пучку за зарядом і струмом, показали, що іонний пучок з густиною більшою за 10^8 см^{-3} під дією поляризаційного поля рухається разом з електронним пучком за силовими магнітними лініями, що унеможливує його проходження в область з прискорювальним електричним полем.

В даній роботі з метою підвищення густини іонного пучка, що проходить до прискорювального проміжку, запропоновано наступну схему магнітної ізоляції електронів полем каспу, яка забезпечує їх видалення на металеву камеру для запобігання виникнення поляризаційного поля. В цій моделі, відстань від пучка до камери зменшена до $0,3\text{см}$ і область прискорювального поля наближена до $2,7\text{см}$ до площини інжекції. Показано, що в такій конфігурації реалізується ізоляція електронів та проходження іонного пучка з густиною до 10^{10} см^{-3} до області прискорення.

1. I.N. Onishchenko, V.I. Maslov, O.V. Fedorovskaya. Acceleration of compensated high-current ion beam with cusp magnetic electron insulation in the accelerating gap and subsequent compensation with an electron beam // Problems of Atomic Science and Technology. Series “Nuclear Physics Investigations (79). 2023, №3 (145), p. 116-119.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ДІН-2К З ПЛАЗМОВИМ КОМУТАТОРОМ СТРУМУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТРУМУ ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Проведено модернізацію малогабаритного прискорювача електронів ДІН-2К з індуктивним накопичувачем енергії та плазмовим комутатором струму з метою підвищення струму пучка. З використанням сучасного діагностичного обладнання визначена послідовність фізичних процесів протягом всього циклу роботи прискорювача, що дозволило більш точно регулювати залежності вихідних параметрів пучка від параметрів первинного контуру. Поліпшено вихідні параметри розрядного контуру за рахунок збільшення зарядної напруги на генераторі імпульсних струмів до 45 кВ, та на плазмових гарматах до 18 кВ. Забезпечено низку технічних рішень, щодо вакуумного діоду. Підібрана геометрія та матеріал катоду, що забезпечили максимальний струм пучка. Виготовлені діелектричні фокусуючі лінзи котрі підвищили струм пучка на колекторі до 30 кА. Оцінена енергія пучка склала близько 200 кеВ. Потужність пучка становить близько 6 ГВт. Одержано залежності індукованої напруги та струму пучка від катод-анодного проміжку, зарядної напруги на генераторі імпульсних струмів та плазмових гарматах у вакуумному діоді. На основі одержаних залежностей наведені рекомендації, щодо підвищення ефективності прискорювача ДІН-2К.

АНАЛІЗ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ В ПЕРШИХ КОНТУРАХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ

В.М. Борискін, В.О. Бочаров, М.О. Должек, В.Ю. Тітов, О.Ф. Стоянов, Г.М.Цебенко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Охолоджувані елементи лінійних прискорювачів - це секції прискорення, соленоїди, корпуси гармати, коліматорів, вакуумних насосів, високочастотного навантаження та ін. З досвіду експлуатації прискорювачів відомо, що відкладення в першу чергу накопичуються на поверхні нагрівачів і в котушці блоку імпульсного трансформатору. Для прогнозування темпів зростання товщини слою відкладень щотижня проводили аналіз води на деякі параметри – рН, провідність, інколи вміст іонів металів. Опромінення впливає на окислювальні здатності води і, як наслідок, на посилення корозії обладнання, про що свідчить присутність помітної концентрації хрому у зворотній воді. В свою чергу, продукти корозії сумісно з карбонатами і сульфатами лужноземельних металів переходять у відкладення. При циркуляції води провідність зменшується, а рН

росте, це свідчить про те, що кількість іонів в воді зменшилась, гідрокарбонати розклалися, діоксид вуглецю, якій підкисляв воду, виділювався в атмосферу, а шар відкладень виріс. На основі одержаних даних спрогнозовано час кислотної промивки обладнання.

АНАЛІЗ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ НАДКРИТИЧНОЇ ВОДНОЇ КОНВЕКЦІЙНОЇ ПЕТЛІ ПІСЛЯ СЕАНСУ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ

О.І. Азаров, О.С. Бакай, В.М. Борискін, В.О. Бочаров, М.І. Братченко,
Ю.В. Горенко, М.О. Должек, В.О. Момот, О.Ф. Стоянов, Г.М. Цебенко,
С.В. Шелепко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Для проведення експериментів по дослідженню корозії в надкритичній воді був виготовлений пристрій у вигляді прямокутної петлі 1,5x1,2 м з закругленими кутами та ввареною опромінювальною камерою і загальним об’ємом приблизно 3,9 л. Надкритична водна конвекційна петля була зроблена із сталевій труби (12X18N10T) завтовшки 4 мм і внутрішнім діаметром 32 мм. Пучок електронів на виході прискорювача ЛПЕ-10 в період кожного сеансу опромінування мав середню енергію 10 МеВ та середній струм пучка електронів 0.71 мА. Максимальний флюенс на поверхні камери опромінування в кожному сеансі сягав $2 \cdot 10^{20}$ ел/см². На початковому етапі роботи спостерігали доволі високу концентрацію металів у воді, зокрема хрому до 0,7 мг/л, це можна пояснити корозією тіла петлі і зразків для корозійних випробувань, потім концентрація іонів металів зменшувалась через їх виділення на внутрішній поверхні петлі у вигляді нерозчинних сполук. Як потім спостерігали, внутрішня поверхня петлі була покрита дуже тонким білувато-блакитним осадом з рижуватими цяточками. Вірогідно, на петлі утворюється плівка з продуктів корозії, які являють собою мінерали, що захищають метал від корозії.

РАДІАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ НА ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ ЛУЕ-40 ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПОНЕНТІВ ДЕТЕКТОРІВ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

В.В. Митроченко, К.Ю. Крамаренко, С.О. Пережогін, Л.І. Селиванов, В.А. Кушнір

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Однією з найбільших проблем у розробці нових або модернізації існуючих установок для досліджень фізики високих енергій є створення детекторів, які зазнають значних поглинених доз і пов’язаного з ними радіаційного ушкодження. Це вимагає розробки нового радіаційно-стійкого обладнання на основі результатів радіаційних випробувань. В даний час існує потреба в джерелах нейтронного і гамма-випромінування, які можуть створювати умови, адекватні умовам експлуатації матеріалів і пристроїв у складі детекторних систем. Основна мета

роботи - створення на базі прискорювача електронів ЛУЕ-40 стенду для проведення відповідних експериментів при рівні поглиненої дози до 10^6 Гр, та флюєнсу нейтронів до 10^{14} н·см⁻².

У доповіді представлено сучасний стан прискорювача електронів ЛУЕ-40, приведено основні параметри пучка в діапазоні енергій частинок 35-95 МеВ. Представлено результати розробки електрон-нейтронних конвертерів [1] та системи для отримання рівномірного розподілу щільності електронів які застосовуються для проведення радіаційних випробувань. Описано методику опромінювання елементів оптичних систем детекторів фізики високих енергій (зразків кварців для генерації Черенківського випромінювання, сцинтиляторів різних типів, оптоволоконних кабелів, тощо).

Роботу підтримано грантом НАН України в рамках Цільової програми наукових досліджень "Участь у новітніх міжнародних проєктах з фізики високих енергій та ядерної фізики" (договір Ц-3/35-2021-2023).

1. V.V. Mytrochenko, et al. LUE-40 linac based neutron source for irradiation tests of NEP detector materials and components. Problems of Atomic Science and Technology, 2023, N. 6 (148), P. 150. doi.org/10.46813/2023-148-150.

ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНОЇ КАРТИНИ РОБОТИ КЛІСТРОНІВ ТА МОДУЛЯТОРІВ ПРИСКОРЮВАЧА ЛУ10 ПРИ РАДІАЦІЙНОМУ ОПРОМІНЕННІ НАДКРИТИЧНОЇ ВОДНОЇ ПЕТЛІ

В.М. Борискін, В.В. Чуриков

ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

Наразі існує актуальна проблема діагностики роботи клістронів та модуляторів прискорювача для оперативного реагування на можливі нештатні ситуації. За отриманими даними нормальний та аварійний режим роботи обладнання доволі істотно відрізняється за акустичною картиною. Так як у наявності є певний обсяг акустичної інформації роботи прискорювача ЛУ10 було прийняте рішення дослідити випадки аварійних та штатних варіантів роботи обладнання. На основі рознесених у часі випадків фазового переходу теплоносія та списку випадків відключення ВН та КІУ з журналів було утворено наближені за часом масиви даних, призначені для дослідження.

За умовами проведення записів – звукознімаючий датчик був частково ізольований від зовнішнього впливу, тому для пошуку необхідної інформації необхідно провести дослідження даних масивів необхідна додаткова обробка методами фільтрації, так як отримані записи мають високий рівень забрудненості білим шумом, а корисний сигнал (від модуляторів та клістронів) не має достатньої амплітуди для розрізнення неозброєним оком.

ПОДАВЛЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ НЕСТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОННОГО ЗГУСТКА АНГАРМОНІЗМОМ, ЩО ВИКЛИКАНИЙ СЛАБКО НЕЛІНІЙНИМ РЕЖИМОМ

І.В.Демиденко^{1,2}, В.І.Маслов^{2,3}

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

³DESY, Гамбург, Німеччина

Прискорення кільватерним полем у плазмі може забезпечити компактні джерела релятивістських електронних згустків високої яскравості. Лазери на вільних електронах і колайдери частинок, що використовують плазмові кільватерні прискорювачі, вимагають високої ефективності та згустків з низьким розкидом енергії. У сильно нелінійному режимі радіальна сила є однорідною вздовж бульбашки, $F_r = \text{const}$, радіальні коливання електронів згустку є гармонічними і виникає поперечна нестійкість електронного згустку. Дослідження [1-3] показують, що нестійкість суттєво пригнічується за рахунок ангармонічних коливань електронів згустку, якщо сила фокусування $F_r(z)$ є неоднорідною вздовж бульбашки, а радіальна неоднорідність може бути додатковим ефектом. Проблема нестійкості може бути вирішена в слабко нелінійному режимі, коли не всі електрони плазми залишають бульбашку. У слабко нелінійному режимі по всьому перерізу драйверу F_r є неоднорідною. Радіальна неоднорідність розподілу залишкових електронів плазми також призводить до ангармонічних коливань електронів згустку і стабілізації згустку. Оцінено період коливань і показано, що оптимальною формою електронного згустку є порожнистий конус із кінцевою товщиною стінки. Більш довгий згусток-порожнистий-конус може бути стабільним, забезпечуючи вищу ефективність прискорення.

1. Mehrling T J, Fonseca R A, Martinez de la Ossa A, Vieira J 2017 Mitigation of the hose instability in plasma-wakefield accelerators Phys. Rev. Lett. 118 174801.
2. Diederichs S, Benedetti C, Esarey E et al 2022 Stable electron beam propagation in a plasma column Phys. Plasmas 29 043101.
3. Martinez de la Ossa A, Mehrling T J, Osterhoff J. Intrinsic Stabilization of the Drive Beam in Plasma-Wakefield Accelerators. Phys. Rev. Lett. 121 (2018) 064803.

ПАСИВНА ПЛАЗМОВА ЛІНЗА, ЩО ЗМЕНШУЄ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗКИД ГАУССО-ПОДІБНИХ ЗГУСТКІВ

І.В.Демиденко^{1,2}, В.І.Маслов^{2,3}

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

³DESY, Гамбург, Німеччина

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 за енергією. У цій роботі ми числовим моделюванням дослідили фокусування пасивною плазмовою лінзою гаусо-подібних згустків в залежності від їх довжини. Ми показали, що для формування однорідного фокусуєчого поля і щоб запобігти втраті енергії згустками є необхідною наявність електронного згустка-передвісника. Ця плазмова лінза зменшує енергетичний розкид згустків, оскільки перший фронт згустку, який має більшу енергію, знаходиться в гальмівному полі, а його задній фронт, який має меншу енергію, знаходиться в прискорювальному полі. Окрім цього, ми дослідили еволюцію згустків з часом для наочної демонстрації дії плазмової лінзи у кільватерному прискорювачі.

ПРО РОЗВИТОК НАДВИПРОМІНЮВАННЯ В УМОВАХ ШУМУ Є.В. Поклонський, В.М. Куклін

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

Обговорюється вплив шуму на генерацію поля в режимі надвипромінювання, коли всі осцилятори взаємодіють один з одним. Розглянуто процес фазової синхронізації збуджених осциляторів і зазначено, що на його ефективність впливає розкид їх амплітуд. Зовнішній шум призводить до неузгодженості фаз і може пригнічувати генерацію. Розглянуто поведінку системи осциляторів поблизу порогу генерації. Показано, що навіть нижче порогу невелике зовнішнє поле може провокувати генерацію до амплітуд, характерних для процесів за відсутності шуму.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИХ ПРОБОВ НА ЗРАЗКАХ МІДІ З ВИСОКОЕНТРОПІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ В.А. Батурін, О.Ю. Карпенко, С.О. Єрьомін, О.Ю. Роєнко

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Проблема стійкості прискорюючих структур до високовольтних пробов є актуальною при розробці сучасних прискорювачів заряджених частинок, зокрема лінійних прискорювачів електронів.

В інституті прикладної фізики НАН України, методом високочастотного магнетронного розпилення, відпрацьована технологія синтезу високоентропійних покриттів TiMoW, та TiMoW₂Si, а також їх наплення на зразки міді. На трьох та чотирьох елементних зразках проведено перші експерименти по дослідженню впливу цих покриттів на стійкість до високо градієнтних високо вакуумних пробов. Показано, що для високоентропійних покриттів кращі результати спостерігаються на зразках з більш розупорядченою кристалічною структурою, при цьому напруга при якій виникають перед пробійні струми збільшується на 79%, напруга виникнення пробов на 35%, та напруги остаточного пробую на

27%. Проведені експерименти вказують на перспективність використання високоентропійних матеріалів та покриттів ними міді в прискорюючих структурах електронних/іонних прискорювачів.

РОЗПИЛЮВАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО НЕГАТИВНИХ ІОНІВ ВУГЛЕЦЮ

П.О. Литвинов, В.А. Батурін, О.Ю. Роєнко

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Відомо, що вуглецева терапія є більш ефективною в порівнянні із протонною. Оскільки сучасні іонні прискорювачі використовують джерела негативних іонів, питання розробки ефективних джерел іонів С- є актуальними.

З літератури відомо про спробу отримання негативних іонів вуглецю із мультикаспового джерела. В якості робочого газу використовувався ацетилен. Спектрометричний аналіз пучка показав, що він складається в основному із $C_2H_2^-$, C_2H^- , C_2^- – але в спектрі не зафіксовано атомарних іонів вуглецю.

Нами розроблено конструкцію розпилювального джерела іонів С-. Робота джерела заснована на формуванні плазмового емітера, що містить іони вуглецю з використанням тліючого розряду з порожнім графітовим катодом. Для підвищення надійності роботи джерела з конструкції були принципово виключені всілякі нагрівачі, а необхідний температурний режим електродів розрядної камери досягається за рахунок розподілу потужності розряду. Для отримання робочого середовища з твердофазного матеріалу використовується іонно-плазмове розпилення графітового катоду і графітової вставки, що розпилюється. Це дозволить уникнути генерації домішкових негативних іонів. Розпорочені атоми вуглецю термалізуються на гарячій поверхні термалізатора, а потім потрапляють на поверхню з малою роботою виходу (LaB_6), де відбувається їх конверсія в С-. Після їх десорбції з поверхні конвертора вони формуються в іонний пучок.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРОБІЙ ГАЗОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПРІСКОРЮВАЧА

І.Г. Ігнат'єв

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Для розрахунку пробивної напруги високовольтних структур найбільш універсальним є статистичний метод, заснований на чисельному моделюванні ймовірності пробою системи електродів. Метод був адаптований автором для високовольтних прискорювачів прямої дії та вдосконалювався протягом більш як двадцяти років.

Шляхом аналізу розрахункових та експериментальних даних для електростатичного прискорювача на напругу 2 МВ проведено верифікацію методу для випадку газової ізоляції на основі бінарної суміші азоту (N_2) та гексафториду сірки (SF_6).

ВПЛИВ НА ПОЛЬОВУ ЕМІСІЮ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ УТВОРЕНЬ У ПРИПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИСКОРЮВАЧІВ

Ю.С. Лебединська, С.О. Лебединський, Р.І. Холодов

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Одним з основних напрямків розвитку прискорювальної техніки є підвищення темпу прискорення до 100 МВ/м, як, наприклад, в проєкті Compact Linear Collider (CLIC), що дозволить зменшити лінійні розміри сучасних електронних прискорювачів, зробити їх більш компактними та досягти рекордних енергій прискорення пучків заряджених частинок (порядку декількох ТеВ). Технічним обмеженням для досягнення необхідних високих прискорювальних градієнтів є виникнення електричного пробоя, що призводить до падіння прискорювальної напруги та пошкодження конструктивних елементів самого прискорювача.

Початок виникнення такого явища пов'язаний з польовою емісією електронів з поверхні прискорювальної структури з подальшим нагрівом, плавленням поверхні та утворенням плазми.

У дослідженні теоретично розглянуто вплив діелектричних утворень у приповерхневому шарі металу на характер та величину польового емісійного струму. Визначено величину емісійного польового струму при наявності у приповерхневому шарі заповнених газом нанопор.

I. H. Abramowicz et.al. Conceptual design report for the LUXE experiment, , Eur. Phys. J. Special Topics 230, 2445 (2021).

ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРОЦЕСІ ЗВОТНОГО КОМПТОНІВСЬКОГО РОЗСПІВАННЯ В ПОЛІ ЛАЗЕРНОЇ ХВИЛІ

В.М. Недорешта, О.І. Ворошило, Р.І. Холодов

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Теоретично досліджено вплив поляризації лазера на процес випромінювання фотона електроном в сильному полі лазерної хвилі. Показано, що випромінювання відбувається у вузькому конусі вильоту електрона з кутом розчину порядку мілірадіан. Імовірність процесу у полі циркулярно поляризованого лазера вища, ніж за лінійної поляризації. Отримано залежності ступеня поляризації випроміненого фотона від параметра еліптичності лазера. Показано, що для циркулярної поляризації лазера випромінювання кінцевого фотона чисто поляризоване і воно також циркулярно поляризоване. Якщо ж лазер лінійно поляризований, то випромінювання лінійно поляризоване, але не чисто поляризоване. Зазначимо, що зі зростанням інтенсивності лазера ступінь поляризації фотона збільшується, а зі зростанням кількості фотонів зовнішньої хвилі - зменшується. Аналіз проводився для випадків інтенсивностей лазера та

характеристик електронного пучка, що плануються в експерименті LUXE (DESY, Гамбург, Німеччина) [1].

1. H. Abramowicz et.al. Conceptual design report for the LUXE experiment, , Eur. Phys. J. Special Topics 230, 2445 (2021).

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НВЧ ЖИВЛЕННЯМ ПРИСКОРЮВАЧА «АЛМАЗ-2М»

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Управління джерелом НВЧ потужності прискорювача «Алмаз-2М» здійснюється подачею на підсилювальний клістрон КІУ12-а імпульсів, модульованих частотою 2805 МГц з НВЧ генератора «Рубін». Запуск та синхронізація роботи модулятора «Рубіна» та модулятора клістроно здійснюється від пристрою запуску систем прискорювача.

Частота «Рубіна» має бути налаштована на резонансну частоту прискорювача, яка може змінюватися під впливом зовнішніх умов та старіння матеріалів елементів прискорювача. Тому при підготовці до роботи прискорювача потрібно підлаштувати частоту генератора. Вимірювання цієї частоти проводиться вбудованим хвилеміром «Рубіна», який також потребує калібрування. У цій роботі запропоновано методику калібрування хвилеміру з точністю до 1 МГц.

Крім частоти модуляції імпульсу управління клістроном, важливими параметрами є часові характеристики імпульсів управління запуском генератора «Рубін», і синхронізації інших систем прискорювача (їх взаємне розташування щодо опорного сигналу початку відліку часу, їх тривалість, тривалість фронтів та їх стабільність). Для експериментів з прискорення кільватерного пучка електронів вони є особливо важливими при отриманні профільованої по заряду послідовності імпульсів. З цією метою було проведено модернізацію стандартної системи запуску прискорювача. Це дозволило отримувати імпульси, що запускають, з фронтом близько 200 нс і з такою ж точністю установки початку імпульсів. На базі сучасних мікросхем та радіокомпонентів розроблено нову схему запуску систем прискорювача з фронтом менше 100 нс.

Секція 6. Комп'ютерні технології у фізичних дослідженнях

АНАЛІЗ ПОШУКОВИХ СПЕКТРІВ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗТАШУВАННЯ ПІКІВ У γ -СПЕКТРАХ

А.Ю. Бережной, Ю.В. Ляшко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Для обробки γ -спектрів з метою визначення перерізів реакцій, РСФ та інших важливих фізичних параметрів ядерних реакцій, розробляється програма обробки спектрів «ГАММАРЕАКС». У останній версії цієї програми було модифіковано і поліпшено алгоритм пошуку піків і алгоритм побудови пошукових спектрів (спектрів, за допомогою яких можна розмічати межі й центри піків у початковому γ -спектрі). Пошукові спектри будувалися за допомогою згортки початкового γ -спектра з негативною згладженою другою похідною гаусіана, яка має вигляд сходинок. Перед побудовою пошукового спектра виконувалась згортка цього спектра з ідеальним гаусіаном з відносно невеликою амплітудою, що добре згладжувало початковий спектр і особливо його ділянки зі «слабкою» статистикою. Дослідження проводились на реальних

γ -спектрах, і потім порівнювалися з результатами розмітки піків у тих же спектрах іншими програмами. Аналіз показав, що межі і центри піків визначаються достовірніше, ніж при використанні попередніх алгоритмів.

ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ННЦ ХФТІ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Спеціалізований обчислювальний комплекс ННЦ ХФТІ для обробки даних з Великого адронного колайдера (ВАК) працює на 2-му (T2) ярусі грід-інфраструктури експерименту CMS, де він зареєстрований під назвою T2_UA_KIPT. В зв'язку з початком бойових дій в Україні (тобто з 24 лютого 2022 р.) роботу центру T2_UA_KIPT було припинено. За останній рік було виконано масштабні роботи щодо відновлення системи живлення комплексу. В джерелах безперебійного живлення (ДБЖ) замінено загалом 136 акумуляторних батарей, які вийшли з ладу, з проведенням процедури калібрування, яка визначає час роботи ДБЖ від батарей при відключенні живлення. Також було підготовлено необхідні зміни в конфігурації центру, які треба виконати після зупинення роботи комплексу. Зокрема, було отримано (і пізніше встановлено на серверах) нові грід-

сертифікати з SAN-розширенням. Виконано зміну конфігурації сайту, пов'язану з необхідністю заміни протоколу SRM, що використовується для збереження результатів завдань, на протокол WebDav. Виконано детальний аналіз стану обчислювальних та дискових вузлів комплексу. На двох дискових серверах розподіленого сховища даних було виконано заміну мережевих карт 10 Гбіт/с, які перестали визначатися операційною системою або працювали з короткочасними перериваннями. На кількох обчислювальних вузлах, а також на одному з дискових серверів було вилучено непрацюючі карти пам'яті. Для виконання вимоги грид-інфраструктури CMS з переходу автентифікації та авторизації користувачів з проху-сертифікатів на систему SciTokens на головному вузлі комплексу були встановлені відповідні оновлення. Нарешті, було включено головний сервер розподіленого сховища даних комплексу, а також дискові сервери. Після ряду додаткових налаштувань було забезпечено успішне проходження усіх чотирнадцяти SAM-тестів грид-інфраструктури WLCG/CMS, які перевіряють функціонування системи прийому та обробки грид-завдань, а також усіх моніторингових тестів віртуальної організації OPS. Відновлення трансферів даних призвело до переважання каналу зовнішнього зв'язку, обмеженого на той час швидкістю 1 Гбіт/с. Зважаючи на неможливість подальшої роботи в таких умовах, канал, що забезпечує вихід в мережу LHCONE, був розширений до 10 Гбіт/с, що призвело до зниження помилок передачі даних. Зважаючи на досягнення, в цілому, успішного проходження в центрі T2_UA_KIPT всіх «критичних» SAM-тестів грид-інфраструктур WLCG і CMS, було прийняте рішення перервати вимушену зупинку роботи комплексу з початку липня 2023 р. Після вирішення деяких додаткових проблем спільно з фахівцями, які відповідають за обчислювальну інфраструктуру CMS, на комплексі після 16-місячної перерви було повністю відновлено обробку експериментальної інформації CMS. Це означає також відновлення обробки даних, що здобуто на ВАК, в Україні.

Роботу підтримано грантами, виділеними НАН України в рамках цільової програми «Участь в новітніх міжнародних проєктах з фізики високих енергій та ядерної фізики» і «Програми інформатизації НАН України».

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ МАГНІТНИХ ОБМОТОК ПЛАЗМОВИХ УСТАНОВОК

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Найважливішою властивістю магнітної конфігурації системи, що призначена для утримання високотемпературної плазми, є наявність магнітних поверхонь, які утворено траєкторіями силових ліній магнітного поля при багатократній обертальності навколо головної осі тора. Отримання тривимірних геометричних моделей магнітних поверхонь, серед яких найбільш складною є гвинтова обмотка

(ГО), є найважливішим трудовістким завданням проектування. ГО установки представлена у вигляді провідників зі струмом, сформованих у полюси. Полюси укладені на торову поверхню. При пропущенні струму крізь них утворюється магнітна конфігурація, що утримує плазму.

Вхідні дані: закон навивки (лінія навивки) полюса на торову поверхню; каркас утворюючих кривих; граничні умови; закон інтерполяції поверхні між утворюючими кривими.

У роботі представлені математичні моделі, методи та алгоритми, що дозволяють отримати тривимірні твердотільні та поверхневі геометричні моделі ГО плазмової установки. Використані методи кінематичного моделювання, сплайни Безьє та рівняння Оверхаузера для визначення координат точок поверхні, що моделюється.

На підставі розроблених математичних моделей можна провести низку інженерних розрахунків системи – розрахунків напружено-деформованого стану системи та процесів теплообміну.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА HI-STAR 190 ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗМІЩЕННЯ ТА РІВНЯ ВИГОРЯННЯ ВЯП Є.В Рудичев^{1,2}, С.І Прохорець^{1,2}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

В Україні натеper відсутній досвід перевезення більше, ніж 12 ВТВЗ, як це здійснювалося в контейнерах ТК-13. Відтак, радіаційна та експлуатаційна безпека контейнерів HI-STAR, а також обслуговуючого персоналу потребує невідкладного вивчення. Таке дослідження має обґрунтувати радіаційну та експлуатаційну безпеку контейнерів HI-STAR та обслуговуючого персоналу, що є необхідною умовою для безпечної роботи комплексу ЦСВЯП, що, в свою чергу, є стратегічно важливим завданням для енергетичної незалежності України. Для детального аналізу розподілу рівня дозового навантаження поза ТК авторами побудовано тривимірну модель для розрахунків дозових навантажень нейтронів. Ця модель є максимально наближеною до реальної геометрії. В цій моделі не застосовано жодного спрощення, за винятком зони ВТВЗ, яку було частково гомогенізовано. При цьому модель внутрішньої структури БЦК повністю відповідає його конструкційним особливостям, включно з пластинами з наноматеріалу Metamic-NT (Al - В₄C), які розташовані всередині БЦК.

Проведено моделювання проходження нейтронного випромінювання крізь ТК HI-STAR 190 при розміщенні в БЦК різного числа ВТВЗ. Встановлено, що доза нейтронного опромінення біля середини бічної поверхні ТК не є максимальною, а отже існують області, де рівень дозового навантаження перевищує граничний рівень, який було встановлено згідно розрахункам компанії HOLTTEK. Для

забезпечення радіаційної безпеки проведено дослідження з оптимізації розміщення у ТК збірок з різним рівнем вигорання та часом витримки, а також проаналізовано доцільність установаження додаткових захистів.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАКЕТА ROOT ДЛЯ ОБРОБКИ ФІЗИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

С.І. Прохорець, Є.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

ROOT - об'єктно-орієнтоване програмне забезпечення, що активно розробляється в ЦЕРНі, та дає можливість проводити генерацію подій, моделювання детекторів, реконструкцію подій, збір та аналіз даних. На даний момент основний упор робиться на аналіз та обробку даних, але завдяки використанню об'єктно-орієнтованого програмування, ROOT надалі можна використовувати для застосування в інших областях, у тому числі спільно з таким відомим набором бібліотек, як GEANT4. ROOT може застосовуватися для аналізу великих масивів даних, що дуже актуальним для ЛНС-експериментів.

У цій роботі показано можливості застосування ROOT для ефективного аналізу даних математичного моделювання та фізичних експериментів, а також візуалізації радіографічних зображень, отриманих за допомогою MCNPX.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРІНГУ ПАРАМЕТРІВ ДЕТЕКТОРА ITS, МІЖНАРОДНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ALICE У CERN

В.С. Трубніков, Ф.О. Широкопетлев

*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України
Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна*

В даній роботі розглядається створення специфічного програмного забезпечення щодо моніторингу параметрів якості роботи детектора ITS. Головна мета цього - це швидке та своєчасне виявлення детекторних сенсорів, параметри роботи яких наближаються до критичних значень, що, у свою чергу дозволяє вирішувати проблеми ще до того, як це зашкодить постійному надходженню якісних експериментальних даних. Детектор ITS є одним з детекторів найвищого пріоритету у експерименті ALICE, та його безперервне та якісне функціонування є дуже важливим та забезпечує якісну роботу інших детекторів. Створення програмне забезпечення було успішно застосовано на реальних експериментальних даних з коллайдера ЛНС у продовж всього так званого Pb+Pb RUN наприкінці 2023 року. Обговорюються виявлені ефекти.

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПОВЕРХНІ ВОЛЬФРАМА, ЯКІ
НАСТУПИЛИ В РЕЗУЛЬТАТІ ОПРОМІНЕННЯ ПУЧКОМ ІОНІВ ГЕЛІЯ З
ЕНЕРГІЄЮ 4 MeV

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

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

⁴Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

В роботі вивчалися характеристики вольфраму з чистотою 99,7%, який може використовуватися як матеріал першої стінки термоядерного реактору. Зразки вольфраму були опромінені пучком іонів гелію з енергією 4 MeV (режим прискорення). Опромінення проводилося в холодному режимі при температурі 380 °К. На поверхні зразків вольфраму виявлено тонкі нитки вольфраму (“пух”). Цей “пух” утворився в результаті дифузії іонів гелію до поверхні, та видавлювання вольфраму у тонкі нитки. Висота ниток вольфраму була більшою за товщину втричі. Знайдено, що висота ниток вольфраму залежить від енергії іонів гелію та щільності їхнього потоку. Щільність потоку іонів гелію мала значення $(0.15...0.44) \cdot 10^{13} \text{part/cm}^2$.

1. O.V. Manuilenko, E.M. Prokhorenko, K.V. Pavlii, B.V. Zajtsev, S.N. Dubniuk, V.V. Lytyvnenko, T.G. Prokhorenko. Features of structural damages of surface of tungsten as a result of irradiation with helium ion beams with energy 4 MeV. // Problems of atomic science and technology. 2023, № 6, v. 148, p. 33-38.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЯКІ ВІДБУВАЮТЬСЯ
У ВОЛЬФРАМІ, ПРИ ЙОГО ОПРОМІНЕННІ ПУЧКАМИ ІОНІВ З ЕНЕРГІЄЮ 4
MeV

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

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

⁴Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

Виконано чисельне моделювання процесів, що відбуваються у поверхневому прошарку вольфраму при його опроміненні іонами гелію з енергією 4 MeV. Ці процеси відбувається при використанні вольфраму як матеріалу першої стінки термоядерного реактору. Пучки іонів гелію створювались на реальному прискорювачі. Всі процеси чисельно моделювалися з використанням коду програм SRIM Показано, що домішки вносять зміни до результатів не більше ніж 0.1% (для зразків із чистотою 99,7%). Знайдено, що максимуми процесів іонізації,

утворення фононів, сегрегації перебувають на глибині 6,1 μm . Напівширина піків профілів цих величин знаходиться в інтервалі глибин 5,8 - 6,3 μm . Іони проникають на глибину до 7 μm . Усі ці параметри добре узгоджуються з експериментальними даними [1].

1. O.V. Manuilenko, E.M. Prokhorenko, K.V. Pavlii, B.V. Zajtsev, S.N. Dubniuk, V.V. Lytvynenko, T.G. Prokhorenko. Features of structural damages of surface of tungsten as a result of irradiation with helium ion beams with energy 4 MeV. // Problems of atomic science and technology. 2023, № 6, v. 148, p. 33-38.

ЗМІНА РАДІАЦІЙНО ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ОСНОВОЮ ІЗ ПОЛІСТИРОЛУ

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

¹Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків

²ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Вивчалися радіаційно-захисні характеристики композиційних матеріалів. Основою композиційних матеріалів був полістирол, а радіаційно захисною добавкою порошок вольфрам. Для збільшення міцності композиційний матеріал армований порошковим алюмінієм. Було вивчено радіаційно захисні характеристики зразків, у яких маса компоненти вольфраму змінювалася від 45%, 75%, 90% від загальної маси композиту. Такі композити мають високі характеристики міцності та твердості. Ослаблення дози іонізуючого випромінювання знайдено за допомогою коду Geant4 v 4.9.6p03. Розглядалися зразки композитів, які мали суцільну структуру із товщиною шару 10 мм. Знайдено, що всі зразки ефективно поглинають гамма-випромінювання з енергіями до 100 KeV.

Також за допомогою чисельних методів пораховані значення половинного ослаблення дози іонізуючого випромінювання. Для композиційних матеріалів цього класу значення половинного ослаблення знаходилося в інтервалі енергій від 250 KeV до 600 KeV. Отримані результати добре узгоджуються з експериментальними дослідженнями [1].

1. E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko, A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmura -dov, 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.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В РЕАКТОРІ З ВИСОКОВОЛЬТНИМИ РОЗРЯДАМИ У ВОДІ

М. Бойко¹, А. Макогон²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків

Створено математичну модель реактора, який використовується для водопідготовки та обробки стічних вод за допомогою наносекундних високовольтних розрядів. В основу фізичної моделі покладено надходження повітряних бульок в зону розряду та розгляд реакцій за участю атомів і молекул кисню, водяної пари в збуджених і в основних станах, їх відповідні константи швидкостей і початкові концентрації, які описують процеси в електричних розрядах і вносять найбільший внесок у синтез активних частинок, таких як радикали -ОН. Одержано значення концентрації активних частинок в часі в газовій бульці між високовольтним електродом і стінкою розділу середовищ газова булька – вода. Показано, що розрахункова температура електронів в енергетичних одиницях є достатньою для утворення радикалів -ОН електронним ударом з молекул води. Також показано, що середня напруженість електричного поля в оброблюваній воді сягає 30 кВ/см, що у купі з випромінюванням від розряду достатньо для незворотної інактивації великих концентрацій бактерій та деструкції певних шкідливих хімічних сполук.

МЕТОДИКА ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ СПЕКТРІВ ПЛАЗМИ МАГНЕТРОННОГО РОЗРЯДУ

І.О. Афанасьєва¹, С.М. Афанасьєв², В.В. Бобков¹, В.В. Грицина¹

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

В даній роботі приведено опис функціональних можливостей створеного на мові програмування Python застосунку для цифрової обробки оптичних спектрів світіння плазми магнетронного розряду. Реєстрація спектру випромінювання плазми здійснювалася в дистанційному режимі за допомогою професійної цифрової камери Canon EOS 80D з роздільною здатністю 7000*5000 пікселів. Застосунок дозволяє завантажити цифрове зображення і в автоматичному режимі визначити зону розташування спектру та встановити довжини хвиль ліній спектру. Також в застосунку реалізована можливість інтерпретації ліній спектру, яка здійснюється з використанням бази табличних даних спектральних ліній для різних елементів [1].

Використання цифрової камери для реєстрації спектру дає можливість отримати інформацію про розподіл інтенсивності ліній вздовж осі розряду (просторовий розподіл інтенсивності світіння спектральної лінії), який відображає зміну числа збуджених частинок вздовж осі розряду. Встановлено, що розподіл

збуджених атомів у розряді є складною функцією відстані, який змінюється в залежності від режиму роботи магнетронного розряду.

1. https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

ФОКУСУВАННЯ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОННИХ ЗГУСТКІВ У ПЛАЗМІ У НЕЛІНІЙНОМУ РЕЖИМІ

Т.М. Горбатюк¹, В.І. Маслов^{2,3}

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

²*DESY, Гамбург, Німеччина*

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

Фокусування релятивістських електронних згустків кільватерним полем, яке збуджується в плазмі, важливе для багатосекційного прискорення. У [1] запропоновано і числовим моделюванням досліджено механізм фокусування плазмовим кільватерним полем, в якому згустки фокусуються однаково та однорідно. У цьому матеріалі досліджується числовим моделюванням ця кільватерна плазмова лінза в нелінійному режимі для релятивістських електронних згустків. Для того, щоб згусток не обмінювався енергією з кільватерним полем, необхідно використовувати згусток - провідник. Згусток - провідник збуджує нелінійне кільватерне поле і готує однорідне поле фокусування. Радіальна кільватерна сила F_r в області розташування згустка, що фокусується, приблизно постійна вздовж згустку. Показується, що підбираючи форму згустків, можна зменшити енергетичний розкид згустка, що фокусується. Зокрема, на голову гауссоподібного згустку, з більшою енергією, діє невелике поле, що гальмує. На хвіст згустку, з меншою енергією, діє невелике поле, що прискорює.

1. V.I.Maslov, I.N.Onishchenko, I.P.Yarovaya. Plasma Wakefield Excitation, Possessing of Homogeneous Focusing of Electron Bunches. Problems of Atomic Science & Technology. 2013. N1. p. 134-136.

МОДЕЛЮВАННЯ Й ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДЯНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЧАСТОТУ 2,45 ГГц

А.Г.Нагорний, С.О.Єрьомін, В.А.Батурін

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

За допомогою програми CST microwave studio виконано комп'ютерне моделювання й оптимізація параметрів водяного навантаження на рівень потужності до 3 кВт. Навантаження включає коротку (120 мм) секцію мідного прямокутного хвилеводу перерізом $90 \times 45 \text{ мм}^2$, у яку через отвір у широкій стінці уведений поглинаючий пристрій. Він являє собою металевий циліндр діаметром близько 50 мм і довжиною 150 мм, сполучений з порожнистим діелектричним конусом довжиною 70 мм. У середині поглинаючого пристрою циркулює вода, що

надходить далі в теплообмінник. Поглинання надвисокочастотної потужності відбувається безпосередньо у воді без проміжних поглиначів.

Метою комп'ютерного моделювання було обчислення основних характеристик навантаження, з'ясування оптимальної геометрії (форма й розміри конуса, глибина його занурення у хвилевід та ін.) а також вибір додаткових елементів узгодження. Результати моделювання показують, що за допомогою даного пристрою можуть бути досягнуті досить високі показники в прийнятному діапазоні частот. На основі проведеного комп'ютерного моделювання розроблена й виготовлена реальна конструкція погодженого водяного навантаження. Ведеться підготовка до його натурних випробувань.

МОДЕЛЮВАННЯ ВИХОДІВ ФОТОНІВ ТА ФОТОНЕЙТРОНІВ З ТАНТАЛОВОГО КОНВЕРТЕРА ПРИ ОПРОМІНЕННІ ЕЛЕКТРОНАМИ НА МІКРОТРОНИ М-30

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

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Гальмівне випромінювання, отримане на електронних прискорювачах, широко використовується для вирішення широкого кола прикладних задач (наприклад: альтернативне виробництво медичних радіоізотопів). Одночасно з пучками гальмівного випромінювання, що утворюються при взаємодії електронів з конверторами, генеруються фотонейтрони, які можуть істотно впливати на кінцеві характеристики опромінених зразків. Тому інформація про характеристики фотонейтронів необхідна для оптимізації схем опромінення.

У статті наведено результати моделювання залежності виходів гальмівних фотонів, фотонейтронів та їх співвідношення від товщини Та-конвертора (0.04 - 10 мм) для фіксованих значень енергій 10 - 20 МеВ. Розрахунки проводились для реального пучка електронів мікротрона М-30 з використанням інструментарію GEANT4.

Дана робота виконана в рамках проекту науково-дослідних робіт молодих учених НАН України. Номер державної реєстрації – 0123U102958.

КІНЕТИЧНА МОДЕЛЬ ФОСФОРЕСЦЕНЦІЇ ДОЗИМЕТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ОПРОМІНЕНИХ НА МІКРОТРОНИ М-30

П.В. Яворський, О.М. Поп, В.Т. Маслюк

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Відомо, що явище фосфоресценції відноситься до супутніх завдань твердотільної дозиметрії високоенергетичного ядерного випромінювання, яке можна використати для покращення контролю параметрів радіаційних полів.

Явище післярадіаційного висвічування можна спостерігати на протязі довгого часу після опромінення, його оптичні характеристики залежать від енергетичного спектру легуючих або структурних об'єктів в оптичних матеріалах.

В ході роботи отримано результати використання однорівневої моделі для інтерпретації кривих характеристик люмінесцентного свічення матеріалів на основі LiF, Li₂B₄O₇ та інших, які були опромінені в різних режимах на мікротроні М-30 з енергією 12.5 MeV.

Розглядається запропонована схема підгонки теоретичних та експериментальних даних (метод кліпсів), встановлено залежність параметрів кривої висвічування від умов опромінення енергетичного рівня та кінетичних коефіцієнтів моделі. Обговорюється можливість дослідження розупорядкування на фосфоресцентні характеристики використовуючи метод Монте-Карло.

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.)

ВМІСТ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В ПРИРОДНОМУ ПІРОФІЛІТІ ПІД ДІЄЮ ГАММА ВИПРОМІНЮВАННЯ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Природний пірофіліт $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$ мінерал класу алюмосилікатів, який володіє багатьма цінними технологічними властивостями (висока температура плавлення, хімічна стійкість, низьке термічне розширення, гарні діелектричні властивості) і застосовується в атомній енергетиці у якості вогнетривкого матеріалу. Також пірофіліт розглядається як перспективна матриця та захисний бар'єр для іммобілізації РАВ. Тому дослідження впливу радіаційних випромінювань на структуру та фізико-хімічні властивості даного мінералу є актуальними.

За допомогою методів гамма активаційного аналізу, ІЧ- спектроскопії та кристалооптики було досліджено елементний склад, структурно-фазові особливості пірофіліту у вихідному стані та після опромінення гамма- квантами. Опромінення проводилось гальмівним гамма випромінюванням на ЛПЕ, енергія електронів складала 12 МеВ. За допомогою гамма активаційного аналізу в зразках реєструються домішки: Са, Ті, Fe, Mn. В результаті тривалого опромінення гамма квантами в ІЧ- спектрах відмічається послідовне збільшення інтенсивності смуг, які характерні для коливань Al-O-H і Si-O-Si за рахунок упорядкування структури, а також спостерігається появлення багатьох маленьких піків, які пов'язані з адсорбованою вологою в області 3400-3450 cm^{-1} завдяки чому не відбувається деградація структури пірофіліту, що робить його більш стійким до радіаційного впливу.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСОПЕРЕНОСУ АНАЛОГІВ РАВ У ГРАНІТІ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Використання природних мінералів з гранітів УКЩ розглядаються як одне з найбільш надійних розміщень значної кількості РАВ. Близький мінералогічний

склад іммобілізуючою матриці та середа захоронення забезпечить значну стабільність в бар'єр-порода.

Вивчення дифузії актиноїдів в зразки граніту (Коростенський плутон) проводилось за допомогою Yb_2O_3 , активованого гальмівним випромінюванням на ЛПЕ. В процесі опромінення оксиду ітербію були напрацьовані радіонукліди, найбільш примітні з яких $^{175,169,167}Yb$ мають періоди напіврозпаду 4,19, 32,03 і 2,36 діб, відповідно. За допомогою розробленої методології зняття шарів проводилось прецизійним шліфуванням зі зразків нативного та опроміненого до дози $3 \cdot 10^7$ Гр граніту. Товщина знятих шарів складала від 2 до 100 мкм, що давало змогу судити про профіль дифузії. Гамма випромінювання активних ізотопів ітербію в нативних та опроміненнях зразках граніту реєструвалося германієвим детектором з енергетичним розділенням 3.2 кеВ по лінії 1333 кеВ. Відзначимо, що показники коефіцієнтів дифузії ізотопів ітербію в опромінені зразки граніту були вищими як для кристалів, так і для зерно-граничної зони за рахунок виходів у між-кристалічний простір таких елементів, як Na, Ca, K, Si.

КОМБІНАЦІЯ ХІМІЧНИХ ТА ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ У ВИЗНАЧЕНІ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В РУДАХ

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

ІНЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

Зростаюча потреба використання рідкісно земельних елементів (РЗЕ) для виробництва антикорозійних та термостійких сплавів потребує розробки більш високочутливих методів їх визначення в рудах та відвалах. Використання традиційних методів аналітичної хімії для визначення кожного елемента є задачею складною та дороговартою.

Сполучення хімічних методів (сорбція селективними сорбентами, кислотний розклад, груповий осад, електролітичне осадження на ртутному катоді, центрифугування та ін.) та ядерно-фізичні методи (гамма активаційний аналіз на ЛПЕ, метод характеристичного рентгенівського випромінювання на ЕСП-5) дозволяє ефективно вирішувати задачу визначення РЗЕ. Спектри зразків реєструвалися германієвими детекторами з енергетичним розділенням 3,2 кеВ по лінії 1333 кеВ ^{60}Co та з енергетичним розділенням 0,2 эВ по лінії 5,9 кеВ ^{55}Fe для тонкого.

Проведені експерименти з використанням комбінації хімічних та ядерно-фізичних методів показали, що при аналізі, наприклад, марганцевих руд межа визначення РЗЕ складала $\sim 0,1$ мкг/г, що цілком задовольняє пошукам та переробці промислових руд.

ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНИХ ЕФЕКТІВ В НАНОЧАСТИНКАХ ZnO

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Наночастинки оксиду цинку широко використовуються в багатьох прикладних напрямках (сонячні батареї, резистори, лазери, діоди, акустичні пристрої та інші.). Проведений системний аналіз особливостей вихідних та гамма активованих на ЛПЕ наночастинок ZnO (~40 нм, SIGMA, USA). Спектр активованого зразку ZnO реєструвався германієвим детектором.

Методами гамма спектрометрії, рентгенівської дифрактометрії, ІЧ-спектроскопії та фотолюмінесценції вивчалися елементний та фазовий склад, кристалічність та емісійні властивості зразків ZnO.

Одержано підтвердження про синергізм радіаційно-індукованих на поверхні ZnO активних центрів та утворених в зразку високо реакційних сполук (ОН•, пероксидів H₂O₂ та внаслідок хімічних реакцій HO₂•). Особливості кристалічної структури активованих наночастинок ZnO з багатьма кисневими вакансіями дійсні стимулювати появу додаткового кисню без введення будь яких додатків. Наявність таких високо реакційних центрів забезпечує направлене використання активованих наночастинок ZnO для каталітичних процесів та в медико-біологічних напрямках.

ОЦІНКА РАДІОАКТИВНИХ ТА ХІМІЧНИХ ДОМІШОК В ПЕРТЕХНЕТАТІ, ОДЕРЖАНОГО ЗА ФОТОЯДЕРНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

М.П. Дикий¹, М.В. Красносельський², Ю.В. Ляшко¹, О.П. Медведєва¹,
Д.В. Медведєв¹, Т.О. Пархоменко¹

¹*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

²*Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва*

Якість радіофармпрепарату (РФП) пертехнетату (⁹⁹TcO₄), отриманого електролітичним методом за фотоядерною технологією, контролювалася різними методами. Вміст радіоактивних домішок в пертехнетаті реєструвався при вимірюванні спектрів випромінювання германієвим детектором з енергетичним розділенням 3,2 кЕВ по лінії 1333 кЕВ ⁶⁰Со. Єдиною домішкою в технецієвій кислоті був ізотоп ⁹⁹Mo. Інтенсивність домішкового випромінювання не перевищувала 0,19%. Контроль хімічної чистоти (розклад пероксиду в розчині технецієвої кислоти) проводився методом перманганометрії з 0,1 N KMnO₄ і квантометричним методом з ФЕМ-140 з інтерференційним світлофільтром в області 630 нм. Наявність іонів водню (H⁺) визначалася методом рН- метрії.

Отриманий за фотоядерною технологією пертехнетат із використанням різних носіїв неодноразово апробований на тваринах в Інституті медичної радіології С.П. Григор'єва.

ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ РЕГЛАМЕНТУ DE-ФАСТО ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯМ В ТРУБЧАТЦІ ПГВ-1000М АЕС УКРАЇНИ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Регулярний щорічний моніторинг дефектоутворень у теплообмінних трубках (ТОТ) парогенераторів ПГВ-1000М АЕС України і узгоджене поміж НАЕК та ХФТІ накопичення даних багаторічних вимірів у репрезентативній ($>2 \cdot 10^6$ вимірів) базі даних (БД) покращують фактологічність та ефективність майбутнього конт-ролю ТОТ при його неповній реалізації. Розробка планів контролю жорстко регламентується нормативною документацією та виконується персоналом АЕС за багатофакторними процедурами, для яких ще на стадії проектування були в ос-новному розроблені відповідні алгоритмічні схеми. Створення та застосування таких автоматичних процедур продемонструвало наявність деякої варіативності планування і при тому важливо, що поступово з роками установлені Регламентом об'єми вимірів і їх локалізація вже не забезпечують достатнього покриття областей з розвитком дефекто-утворень.

Отримані результати статистичної обробки накопичених вимірів дефекто-утворів дозволяють перейти до модернізації діючих процедур контролю ТОТ, що потребує певних змін у Регламенті проведення контролю парогенераторів. Такими корекціями може бути або розширення об'ємів неповного контролю, або ж менш затратний перерозподіл локалізації контролю на користь статистично значних і критичних місць концентрації фактичних дефекто-утворень.

Водночас необхідно суттєво розширити наявну БД з додаванням результатів неруйнівного контролю ТОТ на інших АЕСУ, щоб мати змогу врахувати відмінності у режимах роботи парогенераторів на різних атомних станціях для найбільш повного обґрунтування запропонованих змін.

АКТИВАЦІЙНІ ВИХОДИ ДЛЯ НАКОПИЧЕННЯ МЕДИЧНИХ ІЗОТОПІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАРЯДЖЕНИХ ТА НЕЙТРАЛЬНИХ ЧАСТИНОК

В. Григоренко, С. Карпусь, І. Тімченко

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

При аналізі експериментальних даних з накопичення медичних радіоізоотопів різними методами необхідно порівнювати абсолютні значення величин відповідних активаційних виходів. Проблема полягає у відмінностях між фізичними процесами взаємодії випромінювання з речовиною (наприклад, протонів, нейтронів, чи гамма-квантів). Також необхідно враховувати характеристики існуючих пучків (енергетичний спектр або густину потоку частинок), та відмінності у виході з тонкої та товстої мішені. Представлено та обговорено математичний формалізм активаційних виходів ядерних реакцій, індукованих зарядженими та нейтральними частинками.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАМА – ВИПРОМІНЮВАННЯ НА КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧУ ЕЛЕКТРОНІВ

С. Гоков¹, В. Горбач², В. Касілов¹, Л. Колпакова², О. Ляхтан², С. Цяцько¹

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

У програмному середовищі Geant 4 за допомогою комп'ютерної моделі джерела нейтронів на виході лінійного прискорювача електронів були визначені основні характеристики гама випромінювання в місті розташування зразків, що опромінюються, та зовні, поверх свинцевого захисту на великому детекторі. Ми провели декілька комп'ютерних експериментів на 10^7 первинних електронів з енергією 25 МеВ. Були розглянуті такі конфігурації системи: 1. Вольфрамові пластини без графітового відбивача, та свинцевого захисту. 2. З відбивачем, без свинцевого захисту. 3. З графітовим відбивачем, та свинцевим захистом. Зразки були як із свинцевим захистом, так і без нього. Для всіх розглянутих конфігурацій були отримані енергетичні спектри гама – квантів які потрапляють на малий детектор в місці розташування зразків, та на великий детектор (бункер прискорювача, навколишнє середовище).

Аналіз отриманих даних довів, що графітовий відбивач нейтронів також є ефективним відбивачем низькоенергетичних гама – квантів ($E < 1$ МеВ), тільки його присутність збільшувала потік гама – квантів цих енергій на малому детекторі на 30%. В цілому конфігурація з графітового відбивача та свинцевого захисту навколо нього збільшує потік гама – квантів на зразки, що опромінюються більш ніж на 40%. При цьому свинцевий захист зменшував гама фон на зразках і в бункері більш ніж у 20 разів. Проведені розрахунки довели, що свинцевий захист товщиною 5 см є досить ефективним для проведення експериментів за нейтронними програмами при енергіях первинних електронів 25 МеВ.

РОЗРОБКА В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ GEANT4 КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ НА ВИХОДІ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ

С. Гоков¹, В. Горбач², В. Касілов¹, Л. Колпакова², О. Ляхтан², С. Цяцько¹

¹ННЦ Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

У роботі розроблено комп'ютерну модель джерела нейтронів на виході лінійного прискорювача електронів ЛПЕ -30 у середовищі GEANT4 при використанні PhysList QGSP_BERT_HP. Була проведена низка комп'ютерних експериментів, які довели, що вихід нейтронів при енергії електронів 25 МеВ становить $5 \cdot 10^{-3} N_n/N_e$, найбільш імовірна енергія складає 0,6 МеВ. Ефективність

використання графітового відбивача залежить від радіусу кривизни його напівсферичного куполу: чим менше радіус тим більше ефективність. Також було встановлено, що графітовий відбивач не тільки збільшує кількість нейтронів, які потрапляють на детектор на 20%, а і тепле енергетичний спектр.

При додаванні в систему формування нейтронів тепловача з поліетилену товщиною 5 см спектр нейтронів повністю теплюється. В цьому випадку енергія 80 % всіх нейтронів, які потрапляють на детектор не перевищує 100 кеВ. Також в результаті проведених розрахунків було встановлено, що при використанні графітового відбивача нейтронний фон біля нього зменшується у декілька разів і спектр нейтронів значно теплюється. Це дозволить при проведенні експериментів збільшити граничний струм пучка електронів при збереженні одного і того ж радіаційного навантаження, та зекономити технічний ресурс прискорювача.

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ ТЕПЛОВИХ ЗАПІЗНИЛИХ НЕЙТРОНІВ ДЛЯ ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ

С. Гоков¹, В. Горбач², В. Касілов¹, Л. Колпакова², С. Кочетов¹, О. Люхтан²,
Є. Цяцько¹

¹ *ІНЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України*
² *Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна*

В роботі в середовищі Geant 4 була розроблена комп'ютерна модель осередку системи формування потоків терапевтичних пучків сповільнених нейтронів, яка заснована на використанні запізнилих нейтронів поділу. Сутність такого джерела нейтронів полягає в тому, що при взаємодії потужного електронного пучка з комбінованою мішенню з вольфраму та мішенню яка містить подільний матеріал, відбувається реакція поділу, в результаті якої випромінюються нейтрони. Якщо перенести активовану таким чином мішень в систему формування потоків нейтронів, ми отримаємо компактне джерело нейтронів.

В середовищі Geant 4 була розроблена геометрія цього осередку та проведена низка експериментів на 10^7 нейтронів. При цьому використовувався фізичний лист QGSP_BERT_HP. Дослідження енергетичних спектрів нейтронів довело, що більше половини нейтронів, потоки яких формуються за допомогою такого осередку системи формування мають енергію < 20 кеВ, яка є придатною для використання в терапевтичних цілях. Аналіз отриманих в комп'ютерному експерименті даних дав можливість розробити модифікований осередок системи формування потоків терапевтичних пучків сповільнених нейтронів, який відрізняється від базового, наявністю цільного тепловача з поліетилену з отворами для активованих мішеней, та відбивача з графіту. Аналіз отриманих даних довів, що в цьому разі кількість теплових нейтронів, які потрапляють на детектор зростає у 10 разів в порівнянні з базовим осередком, а енергія 80%

частинок не перевищує 5 кеВ, що значно краще підходить для терапевтичних цілей.

ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ КЛІНІЧНОГО БАЗУВАННЯ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ЯДЕРНІЙ МЕДИЦИНІ ТА НЕЙТРОН-ЗАХОПЛЮВАЛЬНІЙ ТЕРАПІЇ

В.О. Григоренко, Ю.Г. Казарінов, С.Г. Карпуть, В.Й. Касілов, Г.Д. Коваленко, С.С. Кочетов, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Пропонується методика створення медичного високоінтенсивного джерела нейтронів клінічного базування. Представлено функціональну схему джерела з необхідними параметрами та мінімізованим супровідним фоном швидких нейтронів і гамма-випромінювання. Для отримання терапевтичних нейтронів запропоновано використовувати запізнілі нейтрони поділу. Джерело складається із сильнострумowego прискорювача електронів на 35 МеВ із запасеною потужністю в пучку, що дорівнює 35 кВт, активної зони, транспортної системи і формувачів пучків терапевтичних уповільнених нейтронів. Передбачається, що концентрування потоку нейтронів здійснюватиметься за допомогою набору коліматорів, спрямованих від сферичної поверхні конструкції формувача до центру сфери. Розглянуто можливість транспортування активованих мішеней з активної зони до двох формувачів різного типу для одночасного використання їх при генеруванні потоків нейтронів для НЗТ і стереотаксичної хірургії.

За попередньою оцінкою, щільності потоків нейтронів можуть істотно перевищувати найкращі світові стандарти. Так само пропонується використання активної зони прискорювача для виробництва радіоактивних медичних ізотопів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВКЛАДУ ФОНОВИХ СПЕКТРІВ ТА МЕЖ ВИЯВЛЕННЯ ГАММА-ЛІНІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ХРОНОМЕТРА $^{214}\text{Bi}/^{234}\text{U}$ ДЛЯ ДАТУВАННЯ ВІКУ УРАНУ

С.М. Афанасьєв¹, Д.Д. Бурдейний¹, Д.В. Кутній¹, А.І. Скрипник¹, О.П. Жуков²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Для визначення часу з моменту збагачення урану одним з методів є неруйнівний гамма спектрометричний метод датування урану, заснований на вимірюванні відношення активностей ізотопів $^{214}\text{Bi}/^{234}\text{U}$. Слід зауважити, що у лінії для ^{214}Bi і ^{234}U розташовані в різних енергетичних інтервалах і їх активність суттєво залежить від збагачення.

В даній роботі представляються результати аналізу гамма-спектрів, отриманих в лабораторіях ННЦ ХФТІ (Харків) та ІЯД (Київ) з метою вибору оптимальної геометрії для вимірювання низькоінтенсивного випромінювання і визначення мінімальної виявленої активності ^{214}Bi і ^{234}U . Для реєстрації гамма спектрів

використовувалися HPGe-детектори ХФТІ та ІЯД. В якості тестових зразків вибрано природні, низькозбагачені та високозбагачені сертифіковані уранові стандарти (CRM 969, CRM 146) з діапазоном збагачення від 0.3 % до 93 %.

Дослідження виконано для різних підходів калібрування - абсолютної та відносної ("власної/внутрішньої") ефективностей детектування. Головною метою досліджень було оцінити вклад фонових спектрів та меж виявлення γ -лінії на невизначеність вимірювання віку урану у різних вимірювальних геометріях.

ПРОФІЛЬ ВИГОРЯННЯ HF ЕМІТЕРА У КОМПТОНІВСЬКОМУ НЕЙТРОННОМУ ДЕТЕКТОРІ В УМОВАХ РЕАКТОРА ВВЕР-1000

В.В. Ганн¹, О.Л. Улибкін¹, П.Е. Кузнецов²

¹ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

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

У реакторах ВВЕР-1000 для моніторингу нейтронного поля широко використовуються β -емісійні детектори на основі Rh. Наряду з перевагами вони також мають і суттєвий недолік – затримку сигналу через наявність періоду напіврозпаду у (n,β) -реакції. Для забезпечення безпеки роботи реактора в перехідних або аварійних режимах використовуються й інші засоби, наприклад, зовнішні іонізаційні камери. У той же час безінерційні детектори (їх ще називають Комптонівськими) могли б покращити показники безпеки та економічності. Одним із перспективних кандидатів на таку роль є детектор на основі металевого Hf, де базовими процесами, через які формується сигнал, є (n,γ) - та (γ,e) -реакції.

Основна ідея даної роботи полягала у з'ясуванні того, як саме вигорання впливає на здатність поглинання нейтронів емітером із металевого Hf. Це було реалізовано через оцінку кількості нейтронів, які зникають в емітері внаслідок (n,γ) -реакції. Також було отримано радіальний профіль вигорання. Роботу було виконано за допомогою програми MCNPX у моделі паливної збірки реактора ВВЕР-1000.

ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ W-Ta НЕЙТРОНО-УТВОРЮЮЧОЇ МІШЕНІ ПІДКРИТИЧНОЇ ЗБОРКИ ННЦ ХФТІ

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

ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

Наведено огляд робіт у галузі радіаційного матеріалознавства матеріалів мішеней нейтронних джерел, заснованих на підкритичних зборках, керованих лінійними прискорювачами електронів або протонів (т.зв. ADS-систем). Електро-ядерні ADS-системи є прообразом безпечних ядерних реакторів 5-го покоління.

У зв'язку з фізпуском нейтронного джерела ННЦ ХФТІ, мішенню якого є порошковий вольфрам, покритий танталом із застосуванням високотемпературної вакуумної прокатки, розглянуті питання технології приготування, конструкція та фізико-механічні властивості матеріалів W-Ta мішені. Відзначається унікальність властивостей вольфраму, як металу з погляду механічної поведінки в неопромінену стані. Проаналізовано ядерно-фізичні процеси радіаційної ушкоджувальності мішені, при її спільному опроміненні нейтронами підкритичної зборки та високоенергетичними (e, γ) – пучками. Наведено оцінки ресурсу мішеней ADS-систем.

РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СПЛАВУ УРАН-МОЛІБДЕН ДЛЯ СТВОРЕННЯ НЕЙТРОНОУТВОРЮЮЧИХ МІШЕНЕЙ ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ

Б.В. Борц, О.Ф. Ванжа, І.О. Воробйов, Л.І. Глущенко, М.П. Домнич,
І.М. Карнаухов, Є.В. Луценко, Ю.О. Марченко, О.О. Пархоменко, В.І. Ситін

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Перспективним матеріалом для нейтроноутворюючих мішеней за ядерно-фізичними властивостями є мішені з урану та його сплавів. При цьому суттєвими вимогами до такого роду матеріалів є їх високі фізико-механічні властивості, що забезпечують структурну та геометричну стабільність при роботі в термонапруженому стані, стійкість до радіаційного зростання та розпухання під дією опромінення в процесі роботи, корозійна стійкість у середовищі теплоносія.

Під час створення уранової мішені для джерела нейтронів ННЦ ХФТІ передбачається вакуумна індукційна виплавка сплаву уран-молібден з донним розливом, а також гаряча деформація зливка з подальшою термообробкою. При розробці технології виплавки необхідно враховувати високу хімічну активність розплаву урану, який агресивно взаємодіє з конструкційними матеріалами установки. Для підвищення надійності процесу вакуумної виплавки сплаву була проведена модернізація її вакуумної системи, що дозволило суттєво збільшити швидкість відкачування активних газів в процесі виплавки та знизити залишковий тиск у зоні розплаву. Для безпечного відпрацювання нової технології виплавки проведені експериментальні плавки на модельних матеріалах з температурою плавлення значно вищою, ніж у сплаві уран-молібден. Вони довели можливість виплавки за новою технологією з рівномірним розподілом молібдену по перетину злитка.

НАВОДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ У НЕЙТРОНОУТВОРЮЮЧІЙ МІШЕНІ ПКС

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

ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Нейтронуютворююча мішень підкритичної збірки (ПКС) складається з дванадцяти уранових пластин покритих з обох боків прошарками Al, а проміжок між пластинами заповнений водою, що рухається. Мішень опромінюється пучком електронів з енергією 100 МеВ, що створює електрон-фотонну зливу, яка викликає появу фото-нейтронів, фото-протонів і протонів віддачі. З використанням програми MCNPX обчислено розподіл потоку протонів по глибині Al покриття, що закриває лицьову сторону другої уранової пластини (в області максимуму нейтронного потоку). Виявилось, що величина потоку протонів віддачі, що попадають з води, різко знижується на відстані близько 20 μm від поверхні Al, а потім з глибини 100 μm починається посилення потоку протонів за рахунок вкладу фото-протонів, що вибиваються з ядер Al за схемою $\text{Al}^{27}(\gamma - p)\text{Mg}^{26}$. В результаті, потік протонів збільшується майже до початкової величини. Була розрахована концентрація водню у Al покритті. Встановлено, що загальна кількість водню за механізмом (γ -р), у чотири рази перевищує кількість водню, що надходить при вбиванні протонів із води. При цьому частина фото-протонів, що утворилися у алюмінії у прикордонній області, переходить в уран. Це є ілюстрацією *нового ефекту* – перехресного наводження урану фото-протонами з алюмінію. Таким чином, фото-протони є головним джерелом наводження алюмінію і прикордонної області урану. Швидкість накопичення водню у цих областях становить 26 ppm/рік, що має враховуватися при оцінці ресурсу роботи мішені.

СТІЙКІСТЬ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ЗЕМЛІ

О.Л. Андреева¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

¹*ІНЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

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

Відомо, що у системі Сонце, Земля, Космос за час її існування підтримується тепловий баланс Землі (ТБЗ). Це означає, що в тривалій перспективі кількість власного тепла, що виділяється, і тепла, отриманого від Сонця, повинна дорівнювати теплу, що випромінюється Землею в Космос. У такій рівноваженій системі будь-яка зміна рівня тепла, що надходить або випромінюється, може призвести до катастрофічних наслідків: розігріву або замерзання Землі. Однак надходження тепла від Сонця або надр Землі зберігаються на незмінному рівні. Тому основними чинниками можливого порушення ТБЗ є процеси, які відбуваються у атмосфері Землі. Такими чинниками можуть бути парникові гази (водяна пара (ВП), CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 та ін.), що зменшують відтік тепла від Землі.

У роботі розглянуто вплив ВП на ТБЗ, тому що в списку газів, що мають сильний парниковий ефект, ВП знаходиться на першому місці. ВП безпосередньо пов'язана з хмарністю Землі.

У роботі запропонована система рівнянь Лотки-Вольтерри, що описує взаємний вплив хмарності на теплові потоки, що надходять від Сонця і випромінюються з поверхні та надр Землі.

ОПИС НАДПЛИННОСТІ He-IV НА ОСНОВІ КОНВЕКТИВНОЇ МОДЕЛІ РОТОНА

О.Л. Андрєєва¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

В [1] запропонована конвективна модель (КМ) ротона, згідно з якою ротон являє собою конвективну комірку, що має форму гексагональної прямої піраміди. На підставі запропонованої моделі оцінено характерні геометричні розміри ротону, та описано просторовий розподіл швидкості 7 атомів гелію та обуреної температури всередині нього. Передбачається, що просторовий розподіл ротонів має горизонтально-багат шарову періодичну структуру з якої випливає пояснення квантування енергетичного спектру ротонів.

КМ ротону дозволяє запропонувати фізичну основу явища надплинності. Нормальна компонента He-IV веде себе як звичайна рідина, тобто в результаті змочування утворює меніск поблизу стінки судини. Всередині меніска, що взаємодіє зі стінкою судини, низхідний рух атомів гелію ротона буде призводити до руху ротона вгору і, таким чином, забезпечувати рух надплинного He-IV вгору стінкою судини.

1. Ткаченко В.И. Конвективная модель ротона. ЕЕЖР, 2017, V. 4, N. 1, С. 28-46.

МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ЯСНОГО НЕБА

В.О. Лихацький¹, Л.С. Бозбей², В.І. Ткаченко^{1,2}

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Турбулентність ясного неба (ТЯН) - це один з основних видів атмосферної турбулентності в авіації, який не супроводжується значною хмарністю, а спостерігається при ясному небі або невеликій кількості хмар верхнього ярусу. ТЯН виникає внаслідок нерівномірного розподілу температури, тиску, вологості та вітру в атмосфері, що призводить до виникнення вертикальних та горизонтальних градієнтів щільності та швидкості повітря [1].

За механізмами формування можна виділити два основних типи [2]: шарувата турбулентність, яка виникає внаслідок нестабільності Кельвіна-Гельмгольца, коли два шари повітря з різними швидкостями та щільностями тісно контактують між

собою та формують хвилеподібні збурення поверхні розділу; конвективна турбулентність, яка виникає внаслідок нестабільності Релея-Тейлора, коли тепле та легке повітря піднімається вгору через холодне та важке повітря, створюючи терміки та вертикальні потоки.

1. Andreeva O.L., Tkachenko V.I. EEJP, 2015, Vol. 2, № 4, P. 52–57.

2. Бозбей Л.С., Борц Б.В., Ткаченко В.І. Навчально-методичний посібник. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 37 – 41.

ПОРУШЕННЯ СИМЕТРІЇ ЗАХОПЛЕНИХ МОД В НЕОДНОРІДНИХ МЕТАМАТЕРІАЛАХ

А.В. Глущенко, О.Л. Андреева

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Інтерес до метаматеріалів, що функціонують на захоплених модах викликаний їх високою добротністю, це може бути використано в додатках для спазерних і нанолазерних технологій. Для метаповерхонь, що складаються з масиву нанорезонаторів з періодичними граничними умовами, захоплені моди мають нескінченну добротність, що унеможливило їх збудження зовнішнім нормально падаючим полем. Для збурення цих мод традиційним є внесення асиметрії в геометрію системи. У даній роботі ми представляємо механізм збурення захоплених мод шляхом введення неоднорідностей у структуру метаповерхні. Досліджувалися як власні моди, так і резонансні стани під впливом зовнішнього нормально падаючого поля. Введення неоднорідностей порушують симетрію основного стану системи, що відкриває радіаційний канал для збудження високодобротних резонансів. Розраховано експериментально вимірювані величини ефективної діелектричної проникності та коефіцієнта пропускання, які описують резонансні властивості неоднорідної метаструктури.

КОНТРОЛЬОВАНИЙ НАГРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПЛАЗМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИНЯТКОВОЇ ТОЧКИ ВИСОКОГО ПОРЯДКУ ЗВ'ЯЗАНОЇ СИСТЕМИ ХВИЛЕВОДІВ

А.В. Глущенко¹, О.Л. Андреева¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

¹*ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

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

У нашій попередній роботі ми запропонували метод контрольованого нагріву циліндричної плазми з використанням особливостей виняткових точкових. Було досліджено систему плазмового та діелектричного хвилеводів, зв'язок між якими дозволяє керувати нагріванням у плазмі. У цій роботі ми пропонуємо узагальнений підхід із використанням системи зв'язаних хвилеводів. Дослідження проводилося в багатомодовому наближенні з урахуванням дисипації в системі. Нами запропоновано конструкцію, що складається з системи діелектричних

хвилеводів, розташованих уздовж кільця. Знайдені параметри такої системи при яких електромагнітне поле локалізовано в середині кільця, утвореного діелектричними хвилеводами. Очікується, що такий підхід значно збільшить потенціал запропонованої раніше системи для нагрівання плазми. Плазмовий хвилевід пропонується розмістити в середині кільця, утвореного діелектричними хвилеводами. Нагріванням плазми можна керувати за допомогою вибору різної кількості діелектричних хвилеводів, що утворюють зовнішнє кільце. Отримані результати можуть бути використані для подолання існуючих проблем керованого термоядерного синтезу.

НЕСТАЦІОНАРНИЙ АНАЛІЗ РЕЗОНАТОРІВ ГІРОТРОНІВ ІЗ САМОУЗГОДЖЕНИМ УРАХУВАННЯМ ОМІЧНИХ ВТРАТ ТА КОНВЕРСІЇ МОД

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Існуючі на даний час підходи аналізу резонаторів гіротрона дозволяють розглядати їх поздовжні профілі будь-якої складності лише в наближенні без пучка та з несамоузгодженим врахуванням омічних втрат. Добре відомі та широкоживані стаціонарний [1] та нестаціонарний [2] підходи можуть розраховувати параметри лише традиційних резонаторів зі слабкою неоднорідністю та враховують омічні втрати методом збурень. Методи які б самоузгоджено враховували омічні втрати та конверсію мод відсутні. У зв'язку з підвищенням робочої частоти сучасних гіротронів та необхідністю пригамовувати конкуруючі моди, резонатори, які потребують таких методів, розглядаються все частіше.

В цій роботі пропонується узагальнюючий нестаціонарний підхід, який коректно і самозгоджено враховує омічні втрати і конверсію мод. Для гіротрона з великою неоднорідністю поздовжнього профілю отримані потужність та ККД. Проведено порівняння з існуючими підходами.

1. V.L. Bratman, M.A. Moiseev, M.I. Petelin, and R.E. Erm, “Theory of gyrotrons with a nonfixed structure of the high-frequency field”, Radiophysics and Quantum Electronics, vol. 16, no. 4, pp. 474-480, 1973.

2. N. S. Ginzburg, G. S. Nusinovich, N. A. Zavolsky, “Theory of non-stationary processes in gyrotrons with low Q resonators,” International Journal of Electronics Theoretical and Experimental, vol. 61, no. 6, pp. 881–894, 1986.

НАДКРИТИЧНА ФЛЮЇДНА ЕКСТРАКЦІЯ АКТИНІЯ – 225 З МОНАЦИТУ
«ЧОРНИХ ПІСКІВ» АЗОВСЬКОГО МОРЯ
Б.В. Борц¹, С.Ф. Скоромна¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

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

З розвитком технологій в ядерній медицині затребуваним стає альфа-емітер актиній-225 (Ac-225). Він має період напіврозпаду близько 10 діб. Ac-225 ефективно застосовується для лікування раку передміхурової залози, а також є дієвим препаратом при лікуванні інших форм раку.

Ізотоп Ac-225 може напрацьовуватись із нуклідів ThO₂ монацитових «чорних пісків» при природному опроміненні потоками нейтронів. В Україні монацит добувають із титано-цирконієвих розсипів (родовища на півдні Донецької області).

Для отримання ізотопу Ac-225 передбачається використовувати відпрацьовану для комплексів Th методику вилучення з монациту "чорних пісків" Азовського моря. У [1] розроблено метод пробопідготовки та визначено послідовність етапів екстрагування комплексів Th. Крім того, для деяких комплексів металів (U, Mo) розроблена методика поділу їх ізотопів.

1. Скоромная С.Ф., Казаринов Ю.Г., Ткаченко В.И. Вісник НТУ "ХПІ", Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2018, №16(1292), С. 70 - 75.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ПОДІЛУ ЯДЕРНОГО
ПАЛИВА ПРИ ВЕЛИКИХ ЗНАЧЕННЯХ ГЛИБИНИ ВИГОРЯННЯ
М.С. Маловиця^{1,2}, А.Є. Корсун²

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

При моделюванні складних реакторних систем для пришвидшення розрахунків замість моделювання всіх можливих уламків поділу ядерного палива використовують один ефективний уламок, перерізи якого відповідають осередненим перерізам розподілу продуктів ядерного поділу. Проте, при високих рівнях вигорання (~ 50 %) та суттєвих змінах величини скалярного потоку з часом (напр. у реакторі з Хвилею Ядерного Горіння [1]) такі перерізи можуть мати помітну залежність від рівня вигорання.

Проводилися моделювання зміни складу продуктів поділу ядерного палива від рівня його вигорання та розрахунок відповідних цим змінам усереднених мікроскопічних перерізів продуктів ядерного поділу. У результаті моделювання отримані зміни залежності розподілів продуктів поділу ядерного палива та усередненого мікроскопічного перерізу від рівня вигорання. Виділені ядра, які мають найбільший вплив на зміну осередненого мікроскопічного перерізу радіаційного захоплення нейтрону. Отримані формули, які більш точно

моделюють залежність усередненого мікроскопічного перерізу уламків ядерного палива від рівня вигорання, при високих рівнях вигорання (~ 50 %).

1. Fomin S.P., Kirdin A.I., Malovytsia M.S., Pilipenko V.V., Shul'ga N.F. Influence of the radial neutron reflector efficiency on the power of fast nuclear burning wave reactor // *Annals of Nuclear Energy*. 2020. Vol. 148, Art.: 107699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107699>

ЛЮМІНЕСЦЕНТНА ОН-ЛАЙН ДОЗИМЕТРІЯ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПРискорювачі ЕЛЕКТРОНІВ

С.К. Романовський, Р.І. Помацалюк, В.А. Шевченко, В.Л. Уваров

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Контроль якості промислової обробки продукції на прискорювачі електронів вимагає постійного моніторингу критичних параметрів режиму опромінення, насамперед поглинутої дози. Описано метод безконтактного вимірювання в режимі реального часу поверхневого розподілу дози в об'єкті що опромінюється. Нова методика заснована на використанні оптичного випромінювання, збудженого в об'єкті пучком прискорених електронів (катодолумінесценція, КЛ).

Досліджено механізм КЛ в аморфних діелектриках, до яких належать технічні матеріали, що зазвичай використовуються в радіаційних технологіях (пакувальний картон, полімери тощо). Описано оптичну схему та обладнання для реєстрації КЛ на промисловому прискорювачі електронів (10 МеВ, 10 кВт). Показано, що інтенсивність сигналу КЛ є пропорційною потужності поглинутої дози. Розроблено автоматизовану систему реєстрації сигналу КЛ у реальному часі та визначення параметрів сканованого пучка (профіль, ширина, зміщення). Наведені результати калібрування виходу КЛ за поглинутою дозою в технологічному діапазоні її значень.

МЕТОД МАС-СПЕКТРОМЕТРІЇ З ІЗОТОПНИМ РОЗБРАВЛЕННЯМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ БОРА В НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

С.М. Афанасьєв, Д.Д. Бурдейний, С.О. Ванжа, Д.В. Кутній, О.В. Медведєв, Н.В. Рудь

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Процедура вимірювання масових часток елементів у розчинених пробах методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаної плазмою досить складна і об'ємна навіть на етапі пробоприготування. Не менш складні процедури вимірювання і обробки результатів.

В даній роботі пропонується для визначення концентрації бору в нержавіючій сталі використати метод ізотопного розбавлення. Метод не потребує приготування калібрувальних розчинів. Концепція цього методу включає додавання відомих кількостей ізотопно-збагаченої речовини (I) до аналізованого

зразка (II). Визначення ізотопного складу отриманої суміші (III) разом з ізотопними складами (I) і (II) дозволяють визначити кількісну величину - концентрацію бора в зразку. В якості аналізуемого матеріалу використовували нержавіючу сталь з підвищеним вмістом бору (1.6 ± 2.0 %) з природним співвідношенням ізотопів бору: $^{10}\text{B}:^{11}\text{B} \sim 20:80$. Як збагачену речовину використовували порошок елементарного аморфного бору зі співвідношенням ізотопів бору: $^{10}\text{B}:^{11}\text{B} \sim 98:2$. Розчинення проб нержавіючої сталі виконували в концентрованій сірчаній кислоті (H_2SO_4) з додаванням 50%-ого розчину перекису водню (H_2O_2) за постійного нагрівання і перемішування.

Виконано порівняння двох методів вимірювання масових часток бору (калібрувальні стандарти та ізотопного розбавлення) і отримано якісне співпадіння значень концентрації бору для аналізуемого зразка.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ОСНОВОЮ ІЗ ПОЛІСТИРОЛУ

Є.М. Прохоренко¹, В.В. Литвиненко¹, Т.Г. Прохоренко²

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків*

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна*

Виконано роботи з удосконалення технології процесу виробництва радіаційно-захисних композиційних матеріалів. Проведено доопрацювання систем контролю нагрівання суміші компонент. Це дозволило одержати високу однорідність складу композитів. Виготовлений композиційний матеріал із основою з полістиролу. У композит доданий порошковий вольфрам як радіаційно-захисна добавка. Розмір крупинок вольфраму 20-30 μm . Для збільшення характеристик міцності композит армований високодисперсним порошковим алюмінієм з розміром крупинок 10-20 μm . Виготовлено дослідні зразки радіаційно-захисних композиційних матеріалів. У цих композиційних матеріалах об'єм металевої компоненти вдвічі менший за об'єм компоненти полістиролу. Були одержані композиційні матеріали з високою міцністю. Проведено випробування міцності на розрив [1]. Знайдено, що при таких розмірах крупинок металу, максимальне значення міцності на розрив становило значення 36 МПа [1]. З композиційного матеріалу з такою міцністю, можна створювати радіаційно захисні споруди з висотою більше 3 метрів, без руйнування самого композиту.

I. E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko, A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmuradov, S.A. Sokolov, T.G. Prokhorenko. Study of strength characteristics and radiation protective properties of polystyrene tungsten composite materials. // Problems of atomic science and technology. 2023, № 2, v. 144, p. 29-36.

РАДІАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ СОРБЕНТІВ
РАДІОАКТИВНИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ
ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
П.С.Погребняк

Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків

Збільшення потужностей ядерної енергетики висуває все більш жорсткі вимоги до мінімізації радіоактивного впливу на довкілля. Однією зі складових цієї проблеми є оцінка стану сорбентів інертних радіоактивних газів. Відомо, що серед продуктів поділу ядерного палива присутні криптон та ксенон. Здатність цих газів накопичуватись у вигляді клатратів відкриває перспективу її ідентифікації з застосуванням поляризаційного гальмівного випромінювання. Здатність до поляризації у атомів інертних газів, що об'єднані у кластери є відомою і була описана в роботі [1]. На підставі подібності форми між спектрами резонансного фотопоглинання атомів інертних газів та поляризаційним гальмівним випромінюванням обґрунтовано доцільність експериментальної перевірки поляризованості атомів у складі кластерів. Досліджуються ефекти взаємодії низькоенергетичних електронів з атомами та кластерами інертних газів, зокрема, розглядається особливість генерації ультрам'якого рентгенівського спектру K γ при енергетичних переходах [1].

1. С.Т.Верховцева, П.С.Погребняк Ультрамягкий рентгеновский спектр излучения K γ в области M $4,5$ – N $2,3$ переходов // Оптика и спектроскопия.-1978,т.45. в. 5.- с.866-868.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СИЛЬНОСТРУМОВИХ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ
ЕЛЕКТРОННИХ ПУЧКІВ НА ГРАНІТНІ ПОРОДИ

С.Є. Донець¹, В.В. Литвиненко¹, О.А. Старцев¹, Ю.Ф. Лонін², А.Г. Пономарьов²,
О.Л. Рак², В.Т. Уваров²

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, Харків*

²*ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України*

Потреба освоєння нових покладів вуглеводнів ставить задачу пошуку нових фізичних інструментів для здійснення прохідницьких робіт. Концентровані потоки енергії є одним з інноваційних засобів руйнування гірських порід. Нами вивчались особливості впливу трубчастих сильнострумових релятивістських електронних пучків (тривалість імпульсу 5 нс, струм пучка 2кА, енергія частинок 350 кеВ) на граніті. На прикладі закономірностей виносу матеріалу з опроміненої мішені сірого граніту розроблено модель просторового розподілу поглиненої дози та її конвертації в теплову енергію. Проведено аналіз елементного складу в зоні дії електронного пучка. Зроблено припущення, про механізм руйнування мішені полягає в дії як термічних так і електрофізичних

чинників. Проведено співставлення експериментальних та розрахункових результатів.

ОСОБЛИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗБУДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ПРИ ІОННОМУ БОМБАРДУВАННІ

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

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

Проведено дослідження основних параметрів іонно-фотонної емісії, що виникає при бомбардуванні шпінелі ($MgO \cdot nAl_2O_3$) іонами середніх енергій (Ag^+ , 20 кеВ). Встановлено, що спостерігається тільки випромінювання збуджених атомів та іонів металів, що входять до складу шпінелі. Квантовий вихід випромінювання збуджених атомів металів суттєво залежить від положення рівня енергії збудженого стану відносно зонної структури шпінелі.

Аналіз просторового розподілу випромінювання та залежності ефективності збудження різних станів від енергії збудження показав, що вибиваються дві групи збуджених частинок зі значно різними швидкостями. Це пов'язано з дією двох механізмів їх вибивання: і) багаторазовими зіткненнями первинного іона з частинками мішені, в результаті чого частинка, що відлітає, отримує значну кінетичну енергію (декілька кеВ); ii) розвитком каскаду зіткнень в твердому тілі, що призводить до відльоту частинок з кінетичною енергією до кількох сотень еВ. Збудження обох груп частинок відбувається за рахунок процесів електронного обміну між оксидом і частинкою, що відлітає.

Спостережувані значні зміни виходу розпилених частинок у деяких збуджених станах від часу іонного опромінення (дозы) шпінелі пов'язані з вибиванням збудженого комплексу атом металу – атом кисню у нестабільному стані, розпад якого призводить до утворення атомів або іонів металів у певних збуджених станах і кисню.

ПРО СТВОРЕННЯ МЕРЕЖІ ПОСТІВ КОНТРОЛЮ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

С.В. Барбашев

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Доповідь присвячена аналізу загальних підходів до побудови мережі автоматизованих постів контролю майбутньої Інтегрованої Автоматизованої Системи Радіаційного Моніторингу (ІАСРМ) навколишнього середовища на території України, яку планується створити за підтримки Європейської Комісії.

Показано, що існуюча в Україні мережа об'єктових систем автоматизованого радіаційного контролю (АСКРО) не в змозі оперативно відобразити зміни

радіаційної обстановки у разі надзвичайної ситуації як усередині країни, так і за її межами.

Вирішити це завдання можна, взявши за основу мережу існуючих постів об'єктових АСКРО, відносно рівномірну мережу постів радіаційного моніторингу атмосферного повітря, що належать Державній службі України з надзвичайних ситуацій, а також мережу метеостанцій Гідромету, які розташовані поблизу тих самих місць, що й пости моніторингу, та, у результаті, сформувати інтегровану мережу постів контролю.

Оптимізацію числа постів контролю, пов'язану з економічною стороною, можна провести за допомогою одного з відомих методів оптимізації.

Для забезпечення представницької та точної оцінки вимірювань при радіаційному контролі, зокрема автоматизованому, як навколо АЕС й інших радіаційно-небезпечних об'єктів, так й на території країни та на її кордоні, мережу постів треба формувати з урахуванням еколого-гігієнічного принципу на основі моніторингу метеоданих, ландшафтного та демографічного районування досліджуваної території, а також прогностичних розрахунків за допомогою системи РОДОС.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДО ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ И ИХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

А.І. Кульментьєв

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Будучи одним із джерел енергії з найменшим викидом вуглецю, атомна енергетика має унікальні переваги у порівнянні з іншими джерелами енергії. Проте, щоб ядерна енергетика була більш конкурентоспроможною в сучасних енергетичних системах, атомні електростанції (АЕС) мають бути не лише економічними, а й безпечними, стійкими та надійними. В останні роки спостерігається тенденція глибокої інтеграції інформаційних технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), та промисловості. Обговорюється застосування методів ШІ для оптимізації дизайну, експлуатації та обслуговування ядерних реакторів. Найважливішою частиною серед різноманітних складних систем АЕС за своєю суттю є активна зона ядерного реактора. Ядерний реактор — це складна нелінійна система, що охоплює кілька дисциплін, таких як ядерна фізика, матеріалознавство, теплообмін, хімія, механіка рідини та радіаційний захист. Розглядається останній прогрес у дослідженні машинного навчання та ШІ для розробки стійкого до аварій палива для легководних реакторів. Іншим перспективним напрямком методів ШІ є теплогідролінійний симуляційний аналіз, який в основному зосереджений на процесі потоку та теплопередачі теплоносія в ядерному реакторі. По суті, реактор є джерелом тепла з компактною конструкцією і високою швидкістю тепловиділення на одиницю об'єму. Такі

дослідження особливо актуальні для точної оцінки надкритичних коефіцієнтів тепловіддачі води у випадку реактора із надкритичним водоохолодженням.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛА ЯДЕРНОГО СКАНУЮЧОГО МІКРОЗОНДУ АНАЛІТИЧНОГО ПРИСКРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ІПФ НАН УКРАЇНИ

О.Г. Пономарьов, В.І. Возний, І.Г. Ігнат'єв, С.В. Колінько, Д.В. Магілін,
В.А Ребров

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Проведено дослідження зондоформуючої системи ядерного скануючого мікрозонду на базі квадруплету магнітних квадрупольних лінз із трьома незалежними джерелами живлення квадруполів. У режимі стигматичного фокусування третє джерело є вільним параметром, який впливає на іонно-оптичні характеристики мікрозонда. Оптимальна система вибиралася в результаті розв'язання оптимізаційної задачі, в якій функцією цілі був приведений колімований аксептанс. Отримана зондоформуюча система має коефіцієнти зменшення $D_x \times D_y = 109 \times 59$, що у порівнянні з діючою системою на базі ортоморфного квадруплету з коефіцієнтами зменшення $D_x \times D_y = 23 \times 23$ є значним поліпшенням іонно-оптичних характеристик. Варто зазначити, що нова система має помірні аберації. Проведене чисельне моделювання процесу фокусування пучка протонів з енергією 1 МеВ з урахуванням експериментально виміряного розподілу протонів в траєкторному фазовому просторі показало, що розміри пучка на мішені можуть бути зменшені в кілька разів в порівнянні з діючою системою. При цьому щільність струму у сфокусованій плямі збільшується на порядок.

ЕВОЛЮЦІЯ ІНТЕНСИВНОСТІ В МЕТОДІ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ФАЗОВОГО КОНТРАСТУ НА ОСНОВІ ВІЛЬНОГО ПОШИРЕННЯ

А.В. Поліщук, О.А. Лебедь

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Візуалізація слабопоглинаючих об'єктів та дослідження швидкоплинних процесів є важливими. В цьому напрямі все більш провідну роль відіграють когерентні джерела світла та експериментальні методики реєстрації змін хвильового фронту. Недавно, один з таких методів був реалізований у виді фазової томографії наступного покоління[1] та клінічної Талбот-Лау радіографії[2].

В нашій роботі розглядаються принципи безоптичного рентгенівського методу вільного поширення (propagation-based x-ray phase contrast) на базі електростатичного прискорювача горизонтального типу "Сокіл"[3]. Проведено аналітичні розрахунки поширення інтенсивного рентгенівського випромінювання

з ціллю отримання висококонтрастних проєкцій досліджуваних об'єктів, опираючись на дані результатів синхротронного експерименту (зірки Сіменса та крила комахи)[4]. Одержано вирази для проєкційної товщини однорідного зразка при заданому початковому неоднорідному розподілі інтенсивності та фази. Для обробки експериментальних даних ми використовували комп'ютерний код Python, демо-версію програми Matlab, пакети ANKAphase та SYRMEP Tomo Project.

У поєднанні з автоматизованими системами та алгоритмами обробки даних такий метод буде незамінним у задачах безпеки та контролю цілісності багатопарових тепловидільних компонентів електростанцій.

1. M. Viermetz et al., PNAS, Vol. 119, No. 8 (2022).
2. A. Momose, Physica Medica, 79 (2020).
3. O. M. Buhay et al., Phys. Procedia 66, 166 (2015).
4. K. Medjoubi et al., Microsc. Microanal., 24 (Suppl. 2), (2018).

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ФОСФОРЕСЦЕНЦІЮ, ОПРОМІНЕНИХ ЕЛЕКТРОНАМИ З ЕНЕРГІЄЮ 18 MeV, ЗРАЗКІВ LiF:Mg, Ti О.М. Поп, І.Г. Мегела, В.Т. Маслюк, М.П. Візенко, Й.Й. Гайніш

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

В роботі досліджено залежність кінетики спаду фосфоресценції, зумовленої опроміненням електронами з енергією 18 MeV зразків LiF:Mg, Ti, від температури.

Опромінення всіх досліджених зразків здійснювалось однаковою флюенсом $5 \cdot 10^{11}$ ел·см⁻² та однаковою інтенсивністю $9 \cdot 10^9$ ел·см⁻²·с⁻¹ на мікротроні М-30 відділу фотоядерних процесів ІЕФ НАН України при температурі 18°C, в радіаційному полі розсіяних електронів з енергією 18 MeV у супроводі невід'ємного гальмівного випромінювання.

Вимірювання спаду фосфоресценції здійснювалось на установці, в якій задана температура досліджуваного зразка підтримувалася стабільною за допомогою програмного забезпечення.

Встановлено, що суттєвий вплив температури на кінетику спаду фосфоресценції спостерігається на початковому етапі (до ~300 сек), що добре узгоджується з експоненціальним законом. У той же час, кінцева частина кривої описується кривою Беккереля, при цьому впливу температури на кінетику спаду фосфоресценції не спостерігається.

РАДІАЦІЙНЕ КАРТУВАННЯ БАСЕЙНУ РІЧКИ ТИСА (Р. БОРЖАВА):
ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-
УПРАВЛІНСЬКИЙ СУПРОВІД ГІРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

О.І. Сімканич¹, Н.І. Сватюк², В.Т. Маслюк², К.Л. Креч², О.Т. Девіняк¹,
М.Ю. Токар¹, Pavel Růžánek³, О.С. Глух¹

¹Ужгородський національний університет, Україна

²Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

³Institute of Pharmacology, First Faculty of Medicine, Charles University and
University Hospital in Prague

Радіоекологічний моніторинг стає ключовим інструментом у оцінці стану довкілля гірських районів Закарпаття. Саме, гірський масив Карпат має важливий правовий нормативний статус із різними зональними відмінностями території за геологічними, геохімічними й кліматичними умовами. Насамперед, це стосується розробки нормативно-правових документів, оцінки стану водних ресурсів басейну р. Тиса, проекту регламенту проведення екологічної експертизи й радіаційному картуванню досліджуваних територій. Радіаційний аналіз р. Боржава є вкрай важливим, оскільки ця річка має стратегічне значення для визначення її впливу на екологічний стан Тиси та для розробки ефективних стратегій управління водними ресурсами у даній регіональній екосистемі.

У роботі представлено результати радіаційного картування сезонних коливань і міграції вмісту ГАН (гама-активних нуклідів) в глиб прилеглих територій та проведено їх детальний аналіз, що дозволить створити основу для прийняття рішень у системі екологічного менеджменту, для створення бази даних екологічно-нормативної інформації й радіаційному картуванні територій.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК СПИРТІВ ТА
САХАРИДІВ, ОПРОМІНЕНИХ НА МІКРОТРОНІ М-30

Н.І. Сватюк¹, Н.В. Бойко², С.А. Бурмей², О.О. Грабар², О.І. Сімканич², О.М. Поп¹,
М.П. Візенко¹, Й.Й. Гайніш¹, В.Т. Маслюк¹

¹Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

²Ужгородський національний університет, Україна

Відомо, що радіаційна обробка біоорганічних матеріалів дозволяє направлено модифікувати їх структуру, змінюючи при цьому їх фізико-хімічні характеристики та біологічну активність. Такі можливості є важливими для прикладних застосувань при створенні нових продуктів харчової та фармацевтичної галузей.

Такі ж дослідження для низки біоорганічних сполук проводяться на мікротроні М-30 з можливістю вивчення впливу умов опромінення на характер зміни їх структурних характеристик. У даній роботі представлені результати досліджень властивостей водних розчинів спирту, глюкози, сахарози опромінених на М-30 з

енергією пучка електронів 12,5 МеВ. Показано особливості їх часових змін електрофізичних, оптичних параметрів. Встановлена селективність біологічної активності опромінених водних розчинів для вибраних штамів патогенних та лактобактерій.