

Секція 1. Фізика ядра та елементарних частинок.....	9
УЧАСТЬ ННЦ ХФТИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ CMS НА КОЛАЙДЕРІ LHC К.О. Кліменко, О.О. Куров, Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко, В.Ф. Попов, О.С. Приставка, Д.В. Сорока, Л.С. Ковальова, О.Л. Безпалов.....	9
АНАЛІЗ НОВОЇ ВЕРСІЇ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS З МЕТОЮ ПОШУКУ ПРЯМОГО НАРОДЖЕННЯ ПАР ЧАРДЖИНО Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко.....	10
КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ВИЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS К.О. Кліменко, Л.Г. Левчук, О.О. Куров, О.С. Приставка.....	10
БАГАТОРАЗОВЕ ДІРАКІВСЬКЕ ЕЙКОНАЛЬНЕ РОЗСПОВАННЯ ПРОТОНІВ НА ЯДРАХ З УРАХУВАННЯМ НЕЕЙКОНАЛЬНИХ ПОПРАВOK В.В. Пилипенко, В.І. Купріков, В.М. Тарасов.....	11
РОЗРАХУНКИ ОКТУПОЛЬНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ В ІЗОТОПАХ ТОРІУ	11
В НАБЛИЖЕННІ ХАРТРИ-ФОКУ-БОГОЛЮБОВА З СИЛАМИ СКІРМА В.М. Тарасов, В.І. Купріков, В.В. Пилипенко, Д.В. Тарасов.....	11
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПАДІВ КОРОТКОЖИВУЧИХ БОТТОМ-БАРІОНІВ	11
ТА АНТИБАРІОНІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ПОЛЯРИЗАЦІЇ О.Ю. Корчин, С.В. Трофименко	11
ПОДІЛ ЯДРА 235U З УРАХУВАННЯМ ОБОЛОНOK Ю.А. Амінов.....	12
РОЗПАД БОЗОНА ХІГГСА НА ПОЛЯРИЗОВАНІ ЛЕПТОНИ ТА КВАРКИ О.Ю. Корчин ^{1,2} , Р.Т. Овсянніков ²	12
ПОШУКИ $pp \rightarrow n\pm n \rightarrow W \pm nn$ СИГНАЛУ В КОНТЕКСТІ МССМ-МОДЕЛІ Т.В. Обіход, Е.О. Петренко.....	12
ТОНКА СТРУКТУРА ДИФРАКЦІЙНОГО КОНУСА ПРУЖНОГО РОЗСІЯННЯ АДРОНІВ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ У МОДЕЛІ FMO Н. Бенце ¹ , І. Сани ² , О. Лендел ³	13
FINE STRUCTURE OF THE DIFFRACTION CONE OF HADRONS ELASTIC SCATTERING AT HIGH ENERGIES IN FMO MODEL N. Bence ¹ , I. Szanyi ² , A. Lengyel ³	13
ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАСТЕРНОЇ РАДІОАКТИВНОСТІ В СПЕКТРАХ ВИХОДІВ УЛАМКІВ ПОДІЛУ ЯДЕР-АКТИНІДІВ В.Т. Маслюк ¹ , Ю.А. Кондаш ² , А.Д. Скорбун ³ , О.О. Парлаг ¹ , С.Ф. Гончарова ²	14
ПРО ПОЗДОВЖНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ В КЛАСИЧНІЙ ЕЛЕКТРОДИНАМІЦІ, ПЛАЗМІ, ПЛАЗМОНАХ, ХВИЛЕВОДАХ,	14
АНТЕНАХ І ПЕРЕТИНАЮЧИХСЯ ЛАЗЕРНИХ ПУЧКАХ В.М. Симулик.....	14
ПРО АЛГЕБРУ КЛІФФОРДА В РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ РІВНЯННЯХ ДЛЯ ЧАСТИНКИ ЗІ СПІНОМ 3/2 В.М. Симулик, І.І. Вийконь.....	14
ПРО СПІНОВІ АЛГЕБРИ $SO(1,9)$ І $SO(10)$ У ПРОСТОРИ 8-КОМПОНЕНТНИХ СПІНОРІВ В.М. Симулик, І.І. Вийконь.....	15
Секція 2. Фундаментальні дослідження	15
при проміжних і високих енергіях.....	15

МЕХАНІЗМИ НАРОДЖЕННЯ БОТТОМ-КВАРКІВ У e^+e^- -ЗІТКНЕННЯХ В.В. Котляр ¹ , О.Ф. Щусь ²	16
НАРОДЖЕННЯ БОТТОМ-БАРІОНІВ У ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЇ АНІГЛЯЦІЇ В.В. Котляр ¹ , О.Ф. Щусь ²	16
СПИНОВІ АСИМЕТРІЇ У НАРОДЖЕННІ В-КВАРКІВ І Z-БОЗОНІВ У ПРОТОН-ПРОТОННИХ ЗІТКНЕННЯХ НА ВЕЛИКОМУ АДРОННОМУ КОЛАЙДЕРІ ЦЕРН В.В. Котляр, М.І. Маслов.....	16
КІНЕТИКА РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПУЧКІВ, ЩО ВИПРОМІНЮЮТЬ У ПЕРІОДИЧНИХ ПОЛЯХ З ВИЩИМИ ГАРМОНІКАМИ Євген Буляк, Микола Шульга.....	16
KINETICS OF RELATIVISTIC ELECTRON BEAMS RADIATING IN PERIODIC FIELDS WITH HIGHER HARMONICS Eugene Bulyak, Nikolay Shul'ga.....	17
ГІДРОДИНАМІКА ДУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ КВАРК-ГЛЮОННОЇ ПЛАЗМИ У МЕМБРАННІЙ ПАРАДИГМІ ЧОРНИХ ДІР А.М. Арсланалієв ^{1,2} , А.Ю. Нурмагамбетов ^{1,2,3}	17
КОРЕЛЯЦІЇ БОТТОМ-КВАРКІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННІЙ АНІГЛЯЦІЇ В ПАРУ ТОП-КВАРКІВ	17
ПРИ ЕНЕРГІЇ КОЛАЙДЕРА І.В. Трутень, О.Ю. Корчіїн.....	17
ПЕРЕРІЗИ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ $^{65}\text{Cu}(\gamma, n)^{64}\text{Cu}$ І $^{63}\text{Cu}(\gamma, xn)^{63-x}\text{Cu}$ У ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 94$ МеВ О.С. Деєв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін, В.О. Бочаров.....	18
УТВОРЕННЯ ГАФНІУ $^{180\text{m}}\text{Hf}$ У ФОТОРОЗЩЕПЛЕННІ Та ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 95$ МеВ О.С. Деєв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін.....	18
ПЕРЕРІЗИ УТВОРЕННЯ ІЗОТОПІВ $^{56,57}\text{Ni}$ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА НАТУРАЛЬНОМУ НІКЕЛІУ ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 94$ МеВ О.С. Деєв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, С.М. Потін, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.О. Пережогін, В.О. Бочаров.....	18
ФОТОЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ НА ЯДРАХ ^{27}Al , ^{93}Nb , ^{100}Mo І ^{181}Ta ЯК МОНІТОРИ ПОТОКУ ГАЛЬМІВНИХ КВАНТІВ О.С. Деєв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, С.М. Потін	19
ПЕРЕРІЗИ ТА ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ НА ЯДРАХ ^{121}Sb І ^{123}Sb ПРИ ЕНЕРГІЯХ ГАЛЬМІВНИХ КВАНТІВ ДО $E_{\gamma\text{max}} = 100$ МеВ О.С. Деєв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, С.М. Потін	19
МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ВІДЛІТАЮЧИХ ЗБУДЖЕНИХ АТОМІВ ЗАЛІЗА ПРИ ІОННОМУ БОМБАРДУВАННІ ЗАЛІЗА ТА ЗАЛІЗОТРИЄВОГО ГРАНАТУ І.О. Афанасьєва, В.В. Бобков, В.В. Грицина, Д.І. Шевченко	19
ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ГЕЛІУ У W- І Та- ПОКРИТТЯХ У ПРОЦЕСІ ОПРОМІНЕННЯ ІОНАМИ He ⁺ ДО РІЗНИХ ДОЗ В.В. Бобков, М.О. Азаренков, Л.П. Тищенко, Ю.І. Ковтуненко, А.О. Скрипник	20
ВИВЧЕННЯ ПЕРЕРІЗУ ЗБУДЖЕННЯ ІЗОМЕРНОГО СТАНУ 7/2 ⁺ ЯДРА ^{82}Se	20
В РЕАКЦІЇ (γ, n) МЕТОДОМ ІЗОМЕРНИХ ВІДНОШЕНЬ ВИХОДІВ В.М. Мазур, З.М. Біган, П.С. Деречкей, О.М. Поп.....	20

ПЕРЕРІЗИ РЕАКЦІЙ МУЛЬТИШАНСОВОГО ПОДІЛУ ІЗОТОПІВ ПЛУТОНІЮ 236-244Pu ДЛЯ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ФОТОНІВ ДО 20 MeV І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, П.С. Деречкей, О.О. Парлаг.....	20
МОДЕЛЮВАННЯ ВИХОДІВ УЛАМКІВ ФОТОПОДІЛУ ІЗОТОПІВ ПЛУТОНІЮ 236-244Pu ДЛЯ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ПЕРШОГО ШАНСУ І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.О. Парлаг.....	21
Секція 3. Фундаментальні дослідження процесів взаємодії ультрарелятивістських частинок	21
з монокристалом та речовиною.....	21
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ ДЕКАНАЛЮВАННЯ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОНІВ У КРИСТАЛІ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЇХ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ПЛОЩИННІЙ ОРІЄНТАЦІЇ М.Ф. Шульга ^{1,2} , В.І. Трутень ^{1,2}	21
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДИФУЗІЇ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У КРИСТАЛІ ПРИ ПЛОЩИННОМУ КАНАЛЮВАННІ М.Ф. Шульга ^{1,2} , В.І. Трутень ^{1,2}	22
ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИВЕДЕННЯ ЧАСТИНИ ПУЧКА НЕГАТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК З ПРИСКОРЮВАЧА ЗА ДОПОМОГОЮ ВИГНУТОГО КРИСТАЛА І.В. Кириллін ^{1,2} , М.Ф. Шульга ^{1,2}	22
ПРО ЗАЛЕЖНІСТЬ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ШВИДКИХ НЕГАТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ОРІЄНТОВАНОМУ КРИСТАЛІ ВІД ПРИЦІЛЬНОГО ПАРАМЕТРА С.В. Трофименко ^{1,2} , І.В. Кириллін ^{1,2}	22
ПРО ВЗАЄМОДІЮ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК З КРИСТАЛІЧНИМИ ПЛОЩИНАМИ АТОМІВ ТА КОРОТКИМИ ВУЗЬКИМИ ПУЧКАМИ УЛЬТРАРЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЧАСТИНОК М.Ф. Шульга ^{1,2} , В.Д. Корюкіна ^{1,2}	23
Секція 4. Фізика та техніка детекторів випромінювань.....	23
РЕЄСТРАЦІЯ КОНВЕРСІЙНИХ ЕЛЕКТРОНІВ У ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ ДЕТЕКТУЮЧОЮ СИСТЕМОЮ «Si-ПЛАНАРНИЙ ДЕТЕКТОР – МЕТАЛЕВИЙ Gd-КОНВЕРТЕР» Г.П. Васильєв, С.К. Кіпріч, О.А. Каплій, М.І. Маслов, В.Д. Овчинник, І.М. Шляхов, М.Ю. Шуліка, В.І. Яловенко	23
ОПТИМІЗАЦІЯ СПЕКТРОМЕТРИЧНОГО ЗАРЯДОЧУТЛИВОГО ПОПЕРЕДНЬОГО ПІДСИЛЮВАЧА ДЛЯ РОБОТИ З КРЕМНІЄВИМИ ПЛАНАРНИМИ ДЕТЕКТОРАМИ Г.П. Васильєв, С.К. Кіпріч, О.А. Каплій, М.І. Маслов, В.Д. Овчинник, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов, В.І. Яловенко.....	23
ПОШИРЕННЯ СТРИМЕРА ПРИ НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ, БЛИЗЬКОЇ ДО ПОРОГУ СТРИМЕРНОГО РЕЖИМУ О. Болотов, Б. Кадолін, Д. Кудін, С. Маньковський, П. Опалєв, В. Остроушко, І. Пашченко, О. Поляков, Г. Таран, О. Замурієв, Л. Завада	24
STREAMER PROPAGATION AT THE FIELD STRENGTH NEAR TO THRESHOLD OF STREAMER MODE O. Bolotov, B. Kadolin, D. Kudin, S. Mankovskyi, P. Opalev, V. Ostroushko, I. Pashchenko, O. Poliakov, G. Taran, O. Zamuriev, L. Zavada	24
НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ДЕТЕКТОР З ПЛАВНО КЕРОВАНОЮ ТОВЩИНОЮ ЗБІДНЕНОГО ШАРУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЧАСТИНОК, ЩО КАНАЛЮЮТЬ У КРИСТАЛІ О.В. Щагін.....	24
SEMICONDUCTOR DETECTOR WITH SMOOTHLY TUNABLE THICKNESS OF DEPLETED LAYER FOR RESEARCH OF IONIZATION LOSS OF PARTICLES CHANNELING IN CRYSTAL A.V. Shchagin.....	24
ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНЕ ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ДЕТЕКТОРІВ ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ ТА НЕЙТРИНО О.В. Щагін.....	25

REMOTE CONTROLLED NEUTRON SOURCE FOR CALIBRATION OF DARK MATTER AND NEUTRINO DETECTORS A.V. Shchagin.....	25
ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ НА ВИХОДІ ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ ЛУЕ-40 В.В. Митроченко ¹ , О.А. Безшейко ² , Л.А. Голинка-Безшейко ² , С.А. Пережогин ¹ , Л.И. Селиванов ¹ , В.Ф. Жигло ¹ , В.А. Кушнір ¹	25
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКАБЕЛІВ МАЛОЇ ЄМНОСТІ ДЛЯ НОВІТНЬОГО ДЕТЕКТОРА STRASSE	26
В.М. Борщов ¹ , І.Т. Тимчук ¹ , М.А. Проценко ¹ , М.І. Маслов ² , О.В. Суддя ^{1,3}	26
СТВОРЕННЯ РАДІАЦІЙНО СТІЙКИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНАТІВ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ А.В. Креч ¹ , Д.О. Кофанов ¹ , О.М. Окрушко ¹ , І.Ф. Хромюк ¹ , С.У. Хабусєва ²	26
НОВИЙ ПІДХІД ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛКРИСТАЛІЧНОГО СЦИНТИЛЯТОРА НА ОСНОВІ N- ТЕРФЕНИЛА Я.І. Полупан, І.В. Лазарєв, Е.В. Мартиненко, С.В. Махота, С.С. Міненко.....	26
РОЗТРИСКУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ У ЗОНІ ОПРОМІНЕННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ А.В. Креч ¹ , А.Ю. Бояринцев ¹ , Я.В. Герасімов ¹ , Т.С. Горбачова ¹ , Н.Л. Караєєва ¹ , Л.Г. Левчук ² , В.П. Попов ²	27
CRACKING OF COMPOSITE SCINTILLATORS IN THE IRRADIATION ZONE OF THE ELECTRON ACCELERATOR A.V. Krech ¹ , A.Yu. Boyarintsev ¹ , Ia.V. Gerasymov ¹ , T.E. Gorbacheva ¹ , N.L. Karavaeva ¹ , L.G. Levchuk ² , V.F. Popov ²	27
ОРГАНІЧНІ ГЕТЕРОСТРУКТУРОВАНІ СЦИНТИЛЯТОРИ ІЗ ВИСОКОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО РОЗДІЛЕННЯ ЗА ФОРМОЮ ІМПУЛЬСУ ДЛЯ ЗАДАЧ РАДІОЕКОЛОГІЇ І.Ф. Хромюк.....	28
ДЕТЕКТОРИ ТИПУ СЦИНТИЛЯТОР – ФОТОДІОД ДЛЯ ДВОЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ АБСОРБЦІОМЕТРІЇ О.Д. Ополонін, А.В. Креч, Н.Л. Караєєва, С.В. Махота, Г.М. Онищенко	28
Секція 5. Дослідження та розробки прискорювачів	29
і накопичувачів заряджених частинок.....	29
УМОВА ЗБІЛЬШЕННЯ ЧАСУ ПРИСКОРЕННЯ САМОІНЖЕКТОВАНОГО ЗГУСТКА МАКСИМАЛЬНИМ КІЛЬВАТЕРНИМ ПОЛЕМ Д.С. Бондар ^{1,2} , В.І. Маслов ^{1,2} , І.М. Онищенко ¹	29
CONDITION FOR INCREASING THE ACCELERATION TIME OF A SELF-INJECTED BUNCH BY THE MAXIMUM ACCELERATING GRADIENT D.S. Bondar ^{1,2} , V.I. Maslov ^{1,2} , I.N. Onishchenko ¹	29
ОДНОРІДНЕ ПРИСКОРЮЮЧЕ КІЛЬВАТЕРНЕ ПОЛЕ ПРИ ЙОГО ЗБУДЖЕННІ ДОВГИМ ЕЛЕКТРОННИМ ЗГУСТКОМ В.І. Маслов ^{1,2} , Р.Т. Овсянніков ² , І.П. Левчук ¹ , І.М. Онищенко ¹	29
HOMOGENEOUS ACCELERATING WAKEFIELD AT ITS EXCITATION BY LONG ELECTRON DRIVE- BUNCH V.I. Maslov ^{1,2} , R.T. Ovsiannikov ² , I.P. Levchuk ¹ , I.N. Onishchenko ¹	30
ВИСОКИЙ КОЕФІЦІЄНТ ТРАНСФОРМАЦІЇ, ОДНОРІДНІ ПРИСКОРЮЮЧЕ ТА УПОВІЛЬНЮЮЧЕ КІЛЬВАТЕРНІ ПОЛЯ В ПЛАЗМОВОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ В.І. Маслов ^{1,2} , Р.Т. Овсянніков ² , І.П. Левчук ¹ , І.М. Онищенко ¹	30
HIGH TRANSFORMER RATIO, HOMOGENEOUS ACCELERATING AND DECELERATING WAKEFIELDS IN PLASMA ACCELERATOR	30
V.I. Maslov ^{1,2} , R.T. Ovsiannikov ² , I.P. Levchuk ¹ , I.N. Onishchenko ¹	30

QUADRUPOLE LENSES WITH PERMANENT MAGNETS V.A. Bovda, A.M. Bovda, I.S. Guk, V.N. Lyashchenko, A.O. Mytsykov, L.V. Onischenko.....	31
ПРОЕКТ ПРИСТРОЮ ІЗ СТРУКТУРОЮ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА ЛАЗЕРНОМУ ІМПУЛЬСІ Г.О. Кривоносов.....	31
ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ІЗ НАДМАЛИМИ СТРУМАМИ НА МІКРОТРОНІ М- 30 М.І. Романюк, Й.Й. Гайніш, Г.Ф. Пітченко, М.О. Турховський, І.Г. Мегела, О.А. Тарнай, В.Т. Маслюк	31
Секція 6. Комп'ютерні технології у фізичних дослідженнях.....	32
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНОГО КОНТЕЙНЕРА УЗЗК ПРИ ДОВГОТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ РАВ Є.В Рудичев ^{1,2} , С.І. Прохорець ¹ , М.А. Хажмурадов ¹	32
ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІЛЬНИХ НЕЙТРОНІВ ДЛЯ НЕЙТРОННОЇ РАДІОГРАФІЇ С.І. Прохорець, Є.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов.....	32
АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ С.О. Мартинов, В.П. Лукьянова, М.А. Хажмурадов	32
ВИКОРИСТАННЯ МОД ФЛОКЕ ДЛЯ АНАЛІТИЧНОГО ОПИСУ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА ТЕЧІЇ ПУАЗЕЙЛЯ ТА ПОЗДОВЖНЬОГО ОБТІКАННЯ ПЛОСКОЇ ПЛАСТИНИ О.Л. Андреева ¹ , І.В. Ткаченко ¹ , В.І. Ткаченко ^{1,2}	32
ОСЦИЛЮЮЧІ ЧАРУНКИ БЕНАРА В ПЛАЗМІ ДВОКОМПОНЕНТНОЇ ПРОТОСОЛЯЧНОЇ ТУМАННОСТІ О.Л. Андреева ¹ , Г.А. Ткаченко ^{1,2}	33
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАКОПИЧЕННЯ МЕДИЧНОГО РАДІОНУКЛІДУ ¹⁰³ Rd ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ПРОТОНІВ З ІЗОТОПАМИ СРІБЛА В.А. Григоренко ¹ , С.Г. Карпусь ² , Т.В. Малихіна ^{1,2}	33
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ КЛАСТЕРИ	33
ФТФ ХНУ ім. В.Н. КАРАЗІНА В.Є. Ковтун ¹ , Т.В. Малихіна ^{1,2} , В.В. Моргунов ¹ , В.О. Шпагіна ²	33
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПОПЕРЕДНІХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ТЕРМОСТІЙКОСТІ ПЛІВОК З КАПТОНУ М. Луганько ¹ , С.Г. Карпусь ² , Т.В. Малихіна ^{1,2}	34
THE IMPACT OF UNRESOLVABLE RANDOM HETEROGENEITY OF MATERIALS ON THE RADIATION TRANSPORT OF IONS AND ELECTRONS OF DIFFERENT ENERGIES M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldya.....	34
EFFECT OF FRACTAL DIMENSION OF A SELF-AFFINE MATERIAL MESOSTRUCTURE ON THE KERNELS OF THE NON-CLASSICAL TRANSPORT OF NEUTRAL PARTICLES M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldya.....	34
ЗАЛЕЖНІСТЬ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД СПІВВІДНОШЕННЯ ВОЛЬФРАМУ	35
ТА ПОЛІСТИРОЛУ Є.М. Прохоренко ¹ , В.В. Литвиненко ¹ , О.О. Захарченко ² , М.А. Хажмурадов ² , С.О. Соколов ² , Т.Г. Прохоренко ³	35
DEPENDENCE OF THE RADIATION PROTECTIVE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS ON THE RATIO OF TUNGSTEN	35
AND POLYSTYRENE Є.М. Prokhorenko ¹ , V.V. Lytvynenko ¹ , A.A. Zakharchenko ² , M.A. Khazhmuradov ² , S.A. Sokolov ² , T.G. Prokhorenko ³	35
ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ ЗАХИСНИХ ШАРІВ З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ	36

НА ОСЛАБЛЕННЯ ГАММА- ТА НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВЯП В.Г. Рудичев1, М.О. Азаренков1, І.О. Гірка1, Є.В. Рудичев1,2.....	36
INFLUENCE OF THE SHIELD LAYERS PLACEMENT FROM DIFFERENT MATERIALS ON THE ATTENUATION OF GAMMA AND NEUTRON RADIATION FROM SPENT NUCLEAR FUEL V.G. Rudychev1, M.O. Azarenkov1, I.O. Girka1, Y.V. Rudychev1,2.....	36
ФОРМУВАННЯ ПУЧКА ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ МАКСИМАЛЬНУ ТОВЩИНУ ОПРОМІНЕНИХ ОБ'ЄКТІВ В.Г. Рудичев1, В.Т. Лазурик1, Є.В. Рудичев1,2.....	36
FORMATION OF A BREMSSTRAHLUNG BEAM PROVIDING THE MAXIMUM THICKNESS OF IRRADIATED OBJECTS V.G. Rudychev1, V.T. Lazurik1, Y.V. Rudychev1,2.....	37
Секція 7. Ядерно-фізичні методи в суміжних науках	37
(У галузі атомної енергетики, промисловості та медицини. Фізичні та екологічні питання експлуатації та модернізації ядерно-фізичних установок).....	37
FIRST RESULTS OF THE SUCCESSIVE (2021) IRRADIATION EXPERIMENT AT THE NSC KIPT SUPER-CRITICAL WATER CIRCULATION LOOP O.S. Bakai, V.M. Boriskin, M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldyia.....	37
ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИНОК МАГНЕТИТУ	38
З ІЗОТОПОМ ¹⁸⁶ Re В ЯКОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ГРУПИ М.П. Дикий1, М.В. Красносельський2, Ю.В. Ляшко1, О.П. Медведєва1, Д.В. Медведєв1, Т.О. Пархоменко1.....	38
OPTICAL CHARACTERISTICS OF MAGNETITE NANOPARTICLES WITH ¹⁸⁶ Re ISOTOPE AS A FUNCTIONAL GROUP N.P. Dikiy1, N.V. Krasnoselsky2, Yu.V. Lyashko1, O.P. Medvedeva1, D.V. Medvedev1, T.A. Parkhomenko1.....	38
ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ДАТУВАННЯ БІОТИТУ ПЕГМАТИТОВОГО ЛІТІЄВОГО РОДОВИЩА СЛЮД УКРАЇНСЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО ЩИТА М.П. Дикий, О.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Ю.Г. Пархоменко.....	38
EVALUATION OF RADIATION RESISTANCE AND DATING OF BIOTITE OF PEGMATITE LITHIUM DEPOSIT OF MICA OF UKRAINIAN CRYSTAL SHILD N.P. Dikiy, O.P. Bereznyak, Yu.V. Lyashko, O.P. Medvedeva, D.V. Medvedev, Yu.G. Parkhomenko.....	39
ДИСБАЛАНС ЕСЕНЦІАЛЬНИХ ТА ТОКСИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	39
У БІОСРЕДАХ ПАЦІЄНТІВ З ПОВЕРХНЕВИМ ГАСТРИТОМ	39
ПРИ РІЗНІЙ СЕКРЕТОРНІЙ АКТИВНОСТІ М.П. Дикий1, Ю.В. Ляшко1, О.П. Медведєва1, Д.В. Медведєв1, Т.А. Пархоменко1, К.Ю. Пархоменко2.....	39
IMBALANCE OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN THE BIOSAMPLES OF PATIENTS WITH SURFACE GASTRITIS WITH DIFFERENT SECRETORIC ACTIVITY N.P. Dikiy1, Yu.V. Layshko1, O.P. Medvedeva1, D.V. Medvedev1, T.A. Parhomenko1, K.Yu. Parhomenko2.....	39
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ПРИРОДНИХ КВАРЦИТАХ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРОНІВ ТА γ -КВАНТІВ О.П. Березняк, М.П. Дикий, І.В. Колодий, Ю.В. Ляшко, О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Ю.С. Отман.....	40
COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN NATURAL QUARTZITE UNDER THE INFLUENCE OF TWO TYPES OF IRRADIATION: ELECTRONS AND GAMMA QUANTUM O.P. Bereznyak, N.P. Dikiy, I.V. Kolodiy, Yu.V. Lyashko, O.P. Medvedeva, D.V. Medvedev, Yu.S. Otman.....	40

ПРОФІЛЬ УРАНУ В ЗУБАХ ПАЦІЄНТІВ З ОДОНТОГЕННИМИ ЗАПАЛЬНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІКУ І СТАТІ ПАЦІЄНТІВ М.П. Дикий ¹ , Ю.В. Ляшко ¹ , О.П. Медведєва ¹ , Д.В. Медведєв ¹ , С.М. Григоров ² , Л.П. Рекова ²	40
URANIUM PROFILE IN THE TEETH OF PATIENTS WITH ODONTOGENIC INFLAMMATORY DISEASES DEPENDING ON THE AGE AND SEX OF PATIENTS N.P. Dikiy ¹ , Yu.V. Lyashko ¹ , O.P. Medvedeva ¹ , D.V. Medvedev ¹ , S.M. Grygorov ² , L.P. Reкова ²	41
ХАРАКТЕРИСТИКИ ІЗОТОПУ ІТТРІЯ-88 ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА М.П. Дикий ¹ , М.В. Красносельський ² , Ю.В. Ляшко ¹ , О.П. Медведєва ¹ , Д.В. Медведєв ¹ , В.Л. Уваров ¹	41
CHARACTERISTICS OF THE YTTRIUM-88 ISOTOPE AND ITS PRODUCTION TECHNOLOGY N.P. Dikiy ¹ , M.V. Krasnoselsky ² , Yu.V. Lyashko ¹ , O.P. Medvedeva ¹ , D.V. Medvedev ¹ , V.L. Uvarov ¹	41
ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ УПОВІЛЬНЕНИХ НЕЙТРОНІВ	42
З МІНІМАЛЬНИМ СУПУТНИМ ФОНОМ ГАММА-КВАНТІВ	42
ТА ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ Ю. Казарінов, С. Карпусь, В. Касілов, С. Кочетов, С. Гоков, В. Цяцько, Е. Цяцько, О. Шопен	42
СИСТЕМИ ВИВЕДЕННЯ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ У АТМОСФЕРУ	42
ДЛЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНО-ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ О.О. Шопен.....	42
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ РАДІАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ПОТОКІВ ГАММА-КВАНТІВ З РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ С.П. Гоков, Ю.Г. Казарінов, С.О. Каленик, В.Й. Касілов, В.В. Кантеміров, О.О. Мазілов, Т.В. Малихіна, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько.....	42
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ РОЗЧИНІВ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ПОТОКІВ ШВИДКИХ І ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ С.П. Гоков, Ю.Г. Казарінов, С.О. Каленик, В.Й. Касілов, В.В. Кантеміров, О.О. Мазілов, Т.В. Малихіна, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько.....	42
СТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ У КЕРАМІЦІ MgAl ₂ O ₄ ГАЛЬМІВНИМИ	43
ГАММА-КВАНТАМИ З ЕНЕРГІЄЮ, ЩО ПЕРЕВИЩУЄ ПОРІГ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ Ю.Г. Казарінов, С.С. Кочетов, С.П. Гоков, В.В. Цяцько, В.Й. Касілов.....	43
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВІДПАЛУ НА МІКРОСТРУКТУРУ	43
ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОФАЗНОГО З'ЄДНАННЯ Ta-W-Ta	43
ДЛЯ НЕЙТРОН-УТВОРЮЮЧИХ МІШЕНЕЙ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ	43
ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ «ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ» Б.В. Борц, О.Ю. Зелінський, О.О. Пархоменко, В.І. Ситін, Л.І. Глущенко, В.І. Ткаченко, І.А. Воробйов, О.О. Лопата, М.П. Домніч, І.В. Паточкін	43
THERMAL ANNEALING EFFECTS ON MICROSTRUCTURE	44
AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE Ta-W-Ta SOLID PHASE JOINTS FOR NEUTRON FORMING TARGETS OF THE RESEARCH NUCLEAR FACILITY 'SOURCE OF NEUTRONS' B.V. Borts, A.Yu. Zelinsky, A.A. Parkhomenko, V.I. Sytin, L.I. Gluschenko, V.I. Tkachenko, I.A. Vorobyov, A.A. Lopata, M.P. Domnich, I.V. Patochkin.....	44
ПОРІВНЯННЯ РІВНЯ ДОМІНАНТНИХ ЛЕТАЛЬНИХ МУТАЦІЙ	44
У ДРОЗОФІЛІ, ЩО ПЕРЕБУВАЮТЬ НА ТЕРИТОРІЯХ	44

З РІЗНИМ РАДІАЦІЙНИМ СТАНОМ	
Д.А. Скоробагатько, О.О. Мазілов.....	44
ОЦІНКА ВМІСТУ РУХОМИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ ПРОММАЙДАНЧИКІВ ННЦ ХФТІ	
О.О. Мазілов, В.Н. Ткаченко, Д.О. Скоробагатько, Г.М. Солякова, Л.В. Гончарова, С.Г. Плишко.....	44
ДЕЯКІ ПИТАННЯ ПОБУДУВАННЯ ЗАХИСТУ	45
ВІД БЕТА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ СПЕЦОДЯГУ	
О.О. Мазілов, В.Н. Мушніков, Д.О. Скоробагатько, О.І. Яремко.....	45
АНАЛІЗ ЯКОСТІ СТІЧНИХ ВОД, ЩО СКИДАЮТЬСЯ В ННЦ ХФТІ	
О.О. Мазілов, В.Н. Ткаченко, М.В. Сосіпатров, Н.О. Богонос, Ю.О. Гордієнко.....	45
САМОУЗГОДЖЕНИЙ АНАЛІЗ РЕЗОНАТОРІВ ПІРОТРОНІВ З.....	45
І СКАЧКОПОДІБНОЮ ЗМІНОЮ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ	
О.В. Максименко, В.І. Щербінін, В.І. Ткаченко.....	45
РАДІАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИСКОРЕНОЇ ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ З	
ВИКОРИСТАННЯМ ПРИСКОРІОВАЧІВ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТОК	
О.Н. Одейчук, М.П. Одейчук, В.К. Яковлев, В.І. Ткаченко.....	46
ЗМІНА РАДІАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНІ ВОЛЬФРАМУ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ ПУЧКІВ	
ІОНІВ ГЕЛІЮ	
О.В. Мануйленко ¹ , Е.М. Прохоренко ² , Б.В. Зайцев ¹ , К.В. Павлій ¹ , С.Н. Дубнюк ¹ , В.В. Литвиненко ² , В.В. Брюховецький ²	46
CHANGES IN THE RADIATION CHARACTERISTICS OF TUNGSTEN AS	47
A RESULT OF INFLUENCE OF HELIUM ION BEAMS	
O.V. Manuilenko ¹ , E.M. Prokhorenko ² , B.V. Zajtsev ¹ , K.V. Pavlii ¹ , S.N. Dubniuk ¹ , V.V. Lytvynenko ² , V.V. Bryukhovetskiy ²	47
ПЕРЕНЕСЕННЯ ІОНІВ МЕТАЛУ ЧЕРЕЗ НАНОШАР ДІЕЛЕКТРИКА	47
ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУЖЕНОСТІ	
С.І. Бондаренко, О.В. Кревсун, В.П. Коверя, О.Г. Сиваков	47
АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ЗВ'ЯЗКУ ПОВЕРХНЕВОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ ІЗ РІЗНИМИ ПРОЦЕСАМИ	
В УМОВАХ ВІМС-ВИМІРЮВАНЬ	
І.І. Оксенюк, В.О. Літвінов, Д.І. Шевченко, В.В. Бобков	47
РАДІАЦІЙНА ХІМІЯ МОЛЕКУЛ ГЛУТАМІНУ:	48
МЕТОД СТРУКТУРНИХ КОМБІНАЦІЙ	
ІВ.Т. Маслюк, 2В.П. Ганулич, 1А.М. Завілопуло, 1Н.І. Сватюк, 1О.М. Поп, 2О.І Симканич, 2С.Ф. Гончарова	48
ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ДОПУСТИМОГО ВИКИДУ З АЕС	
С.В. Барбашев, Н.С. Гладун	48
ФОРМУВАННЯ ПУЧКІВ ГАЛЬМІВНИХ ФОТОНІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У	
ГЕРМЕТИЧНИХ КОНТЕЙНЕРАХ НА МІКРОТРОНІ М-30	
І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.О. Парлаг, В.Т. Маслюк, О.І. Лендел.....	49
ВПЛИВ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ З ЕНЕРГІЄЮ 12,5 МеВ	49
НА ФОСФОРЕСЦЕНЦІЮ ТА ОПТИЧНЕ ПРОПУСКАННЯ КРИСТАЛІВ РУБІНА (Al ₂ O ₃ :Cr)	
І.Г. Мегела, О.М. Поп, В.Т. Маслюк, І.Ю. Роман.....	49
ГЕОХІМІЯ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ р. ТИСА:	49
ПРОСТОРОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ	
Н.І. Сватюк ¹ , В.Т. Маслюк ¹ , В.І. Роман ¹ , О.І. Симканич ² , О.М. Поп ¹ , О.А. Тарнай ¹ , М.В. Гошовський ¹	49
ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ ІРШАВСЬКОЇ І КАМ'ЯНСЬКОЇ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ	
ГРОМАД	
О.І. Симканич ¹ , М.Р. Салюк ¹ , О.С. Глух ¹ , Н.І. Сватюк ² , Ю.В. Чийпеш ¹	50

Секція 1. Фізика ядра та елементарних частинок

УЧАСТЬ ННЦ ХФТІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ CMS НА КОЛАЙДЕРІ LHC

**К.О. Кліменко, О.О. Куров, Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко, В.Ф. Попов, О.С. Приставка, Д.В. Сорока,
Л.С. Ковальова, О.Л. Безпалов**

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

На 2022 рік у CERN заплановано поновлення роботи Великого адронного колайдера (LHC). Імовірно, 3-й сеанс (Run 3) LHC, що починається, триватиме до 2025 р. з підвищенням енергії протон-протонних зіткнень до 14 TeV. Надалі передбачено збільшення світності колайдера в 5–7,5 разів (перехід у режим HL-LHC), що означає необхідність суттєвої модернізації детектуючих систем експериментів на LHC. З іншого боку, очікуване різке збільшення потоку експериментальної інформації посилює вимоги до інфраструктури розподілу, зберігання та обробки цих даних. В експерименті CMS, одному з двох найбільших багатоцільових експериментів на LHC, одночасно з активною підготовкою до Run 3 та роботи в умовах HL-LHC триває обробка даних, акумульованих за 2-й сеанс LHC (2016–2018 рр.), та за останній рік отримано цілу низку нових фундаментальних результатів. Участь ННЦ ХФТІ у CMS проводиться за трьома напрямками – участь в інформаційно-обчислювальній грид-інфраструктурі обробки експериментальної інформації, фізичний аналіз даних з метою пошуку сигналів «нової фізики», а також роботи з модернізації адронної калориметрії детектора CMS. У 2021 р., відповідно до вимог CMS та встановлені експериментом терміни, було виконано широкий спектр робіт з модернізації обчислювального комплексу T2_UA_KIPT – центру 2-го (T2) ярусу грид-інфраструктури CMS. Усі роботи виконувались оперативнo, без тривалих зупинок комплексу. Незважаючи на труднощі, зумовлені недоліком дискових та обчислювальних ресурсів, вдалося забезпечити високий рівень якості роботи комплексу, що визначається ступенем готовності до прийому та обробки даних. Для центру T2_UA_KIPT цей ступінь за рік склав 99,1% (а за вирахуванням часу, протягом якого виконувались планові ремонтно-профілактичні роботи – 99,7%), що є найкращим показником серед T2-центрів CMS. За 2021 р. тільки за допомогою FTS-серверів на комплекс T2_UA_KIPT було передано для обробки ~0,6 петабайт даних CMS, що становить понад половину загальної ємності його масової дискової пам'яті. Крім того, було забезпечено успішне проходження для T2_UA_KIPT генеральної перевірки готовності грид-інфраструктури CMS до початку

3-го сеансу LHC-'Data Challenge 2021'. Продовжено пошук сигналу суперсиметрії (SUSY) – прямого народження пар чарджино по кінцевих станах з двома протилежно зарядженими лептонами (електронами або мюонами) з великими поперечними імпульсами та великим дисбалансом поперечного імпульсу в події – на основі аналізу вибірок протон-протонних зіткнень за енергії LHC 13 TeV. Розроблені раніше алгоритми використані при аналізі версії UltraLegacy (UL) даних, отриманих в експерименті протягом 2-го сеансу LHC. Використана нова схема розрахунків із віддаленим побудовою розподілів подій для виконання статистичного аналізу. Оброблено UL-дані 2017–2018 рр., та виконано порівняння з отриманими раніше результатами. У рамках програми модернізації передньої адронної калориметрії детектора CMS продовжено вивчення впливу потужності дози опромінення. Для зменшення фону від нейтронів використано поліетиленові блоки. Тестові вимірювання дози у відсіках конструкції підтвердили необхідність захисту від нейтронного фону та ефективність використання цих блоків. Отримано попередні результати дослідження деградації світлового виходу в сцинтиляторах під дією опромінення при використанні цієї методики.

Робота підтримана грантами, виділеними Національною академією наук (НАН) України в рамках цільових програм «Участь у новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики» та «Програма інформатизації НАН України».

АНАЛІЗ НОВОЇ ВЕРСІЇ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS З МЕТОЮ ПОШУКУ ПРЯМОГО НАРОДЖЕННЯ ПАР ЧАРДЖИНО

Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

З метою пошуку сигналу суперсиметрії (SUSY) – прямого народження пар найлегших чарджино – виконано аналіз останньої, т. зв. UltraLegacy (UL), версія даних експерименту CMS на Великому адронному колайдері. Відповідні вибірки протон-протонних зіткнень при енергії $\sqrt{s}=13$ TeV відповідають інтегральній світності 36,3; 41,5 та 59,7 fb^{-1} для 2016, 2017 та 2018 р. відповідно. Відбираються події з великим дисбалансом поперечного імпульсу E_T^{miss} та двома протилежно-зарядженими лептонами (електронами або мюонами) з великим поперечним імпульсом. Використання додаткових критеріїв ідентифікації лептонів і адронних струменів (зокрема, обмеження $S3DIP < 4$ на значимість тривимірного прицільного параметра лептонних треків) покращило співвідношення сигнал/шум, однак призвело до зменшення кількості відібраних подій для областей фазового простору, в яких ще .сигналових областей). Для часткової компенсації цієї втрати поряд з використанням дволептонних високорівневих тригерів (HLT) були також додані події, що задовольняють критеріям однолептонних HLT. Порівняно з виконуваним нами раніше аналізом, було змінено схему розрахунків: замість попереднього (на основі алгоритмів HLT) відбору подій з подальшим їх записом для подальшого аналізу на спеціалізований обчислювальний комплекс ННЦ ХФТІ необхідні розподіли подій формувалися віддалено (в середовищі ґрид-інфраструктури WLCG) компактному формату ROOT-гістограм. Така модель вимагає розробки нових засобів автоматизації аналізу. Побудовані з використанням UL-вибірок розподілу подій з M_{T2} , E_T^{miss} та інших кінематичних величин демонструють найкращу, у порівнянні з нашими попередніми результатами, згоду між даними та моделюванням експерименту CMS методом Монте-Карло (МК) для більшості сигнальних та контрольних кінематичних областей. Також апробовано методи розрахунку систематичних похибок, пов'язаних з невизначеністю теоретичних оцінок та рекомендацій, зокрема, зумовлених неоднозначністю вибору значень параметрів перенормування/факторизації $\mu R/\mu F$ та функцій PDF, що описують імпульсний розподіл партонів у протоні.

Робота підтримана грантами, виділеними Національною академією наук (НАН) України в рамках цільових програм «Участь у новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики» та «Програма інформатизації НАН України».

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ВИЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТУ CMS

К.О. Кліменко, Л.Г. Левчук, О.О. Куров, О.С. Приставка

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Цілодобовий режим обробки інформації, що отримується в експерименті CMS на Великому адронному колайдері, на спеціалізованому обчислювальному комплексі ННЦ ХФТІ передбачає виконання безперервного комплексного моніторингу працездатності елементів системи. Такий моніторинг є невід'ємною частиною ефективного функціонування комплексу та необхідною умовою забезпечення належного рівня його готовності до прийому та обробки даних. Вимоги, які пред'являються до подібних систем моніторингу, розроблені для різноманітних та неоднорідних інфраструктур та виконані у ряді спеціалізованих програмних рішень. При цьому забезпечується облік активності та корисного навантаження різних апаратних та програмних компонентів комплексу (зокрема, обчислювального кластера). Комплексний моніторинг спеціалізованого комплексу ННЦ ХФТІ, до складу якого входять автономні системи Zabbix, Dashing, perfSONAR та UniPing, вирішує завдання збору, зберігання та аналізу параметрів активності обладнання, а також інформує про стан та доступність служб та сервісів. Забезпечується доступ до даних, які характеризують поточний стан системи та дозволяють

прогнозувати подальшу поведінку об'єкта, що монітується. Для забезпечення безпечного та ефективного функціонування обладнання вкрай важливим є своєчасне отримання даних про стан датчиків (збої та критичні події) а також оперативність та надійність оповіщення. Результати роботи системи оформлені у вигляді інформаційного порталу, доступного на grid-accounting.kipt.kharkov.ua. Портал додатково містить статистику використання ресурсів сайтів національної грід-інфраструктури України (NGI UA), зареєстрованих у європейській грід-інфраструктурі (EGI). Робота підтримана грантами, виділеними Національною академією наук (НАН) України в рамках цільових програм «Участь у новітніх міжнародних проектах з фізики високих енергій та ядерної фізики» та «Програма інформатизації НАН України».

БАГАТОРАЗОВЕ ДІРАКІВСЬКЕ ЕЙКОНАЛЬНЕ РОЗСІЮВАННЯ ПРОТОНІВ НА ЯДРАХ З УРАХУВАННЯМ НЕЕЙКОНАЛЬНИХ ПОПРАВОК

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Для аналізу протон-ядерних (p - A) зіткнень при проміжних енергіях часто використовуються теорія багаторазового дифракційного розсіювання Глаубера-Сітенко (ТМДР) та релятивістське імпульсне наближення (РІП). У цій роботі розвивається запропонована в [1, 2] модель багаторазового дираковського ейконального розсіювання (МДЕР), яка є релятивістським узагальненням ТМДР і базується, як і РІП, на рівнянні Дірака. У МДЕР амплітуди p - A розсіювання будуються на основі ряду багаторазового розсіювання Ватсона за допомогою ейконального розкладання дираковського пропагатора вільного руху протона між зіткненнями з нуклонами ядра з урахуванням віддачі ядра-мішені. У цьому використовуються протон-нуклонні амплітуди, відомі з фазового аналізу, а структура ядра описується скалярними і векторними щільностями нуклонів, розрахованими з урахуванням сучасних моделей релятивістського середнього поля. Уточнення моделі полягає в отриманні виразів для неейкональних поправок до шуканої p - A -амплітуди, які описують як поправки, що мають аналоги в звичайній ТМДР і дають подібні зміни в описі спостерігаються, так і релятивістські поправки нового типу, що доповнюють ейкональні вирази для p - A -амплітуди. На основі МДЕР проведені розрахунки повного набору пружного $p+^{40}\text{Ca}$ та $p+^{208}\text{Pb}$ розсіювання при 800 МеВ та вивчені ефекти знайдених неейкональних поправок. Показано, що облік цих поправок може бути істотним для опису пружного p - A розсіювання, що спостерігаються

1. V.V. Pilipenko, V.I. Kuprikov, Int. J. Mod. Phys. E 27 (2018) 1850088.
2. V.V. Pilipenko, V.I. Kuprikov, arXiv:2012.01893 [nucl-th].

РОЗРАХУНКИ ОКГУПОЛЬНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ В ІЗОТОПАХ ТОРІУ В НАБЛИЖЕННІ ХАРТРИ-ФОКУ-БОГОЛЮБОВА З СИЛАМИ СКІРМА

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

У цій роботі проведено розрахунки властивостей ізотопів Th з $A = 218 - 228$ та з $A = 280 - 290$ у наближенні Хартри-Фока-Боголюбова та аксіальної симетрії ядер із силами Скірма (SkM^* та $SLy4$). Ця робота є продовженням нашого попереднього дослідження властивостей ізотопів Ra [1]. У розрахунках ми використали комп'ютерний код HFVTHO v2.00d [2]. Спарювання нуклонів в ядрах описується силами спарювання нульового радіусу дії змішаного типу з різними наборами констант сил спарювання. У розрахунках використовувалися накладені умови на параметри квадрупольної β_2 та октупольної β_3 деформацій ядер. В околиці мінімуму залежності $E(\beta_2, \beta_3)$ для уточнення мінімального значення повної енергії ядра E проводилися розрахунки без накладених умов на β_2 та β_3 . Показано, що для розглянутих ізотопів Th, як і ізотопів Ra [1], деформація ядер β_3 залежить від вибору параметрів сили спарювання нуклонів. З порівняння обчислених значень енергетичних щільностей зі своїми значеннями, отриманими з парно-непарних різниць мас сусідніх ядер, обрані переважні значення констант сил спарювання нейтронів і протонів. Завищені значення констант сил спарювання призводять до зменшення або повного зникнення β_2 та β_3 у розглянутих ізотопах Th.

1. В.І. Купріков, В.Н. Тарасов // ЯФ, 2021, 84, №6, с. 482–489.
2. M.V. Stoitsov et al. // Comput. Phys. Commun. 2013, 184, 1592.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПАДІВ КОРОТКОЖИВУЧИХ БОТТОМ-БАРИОНІВ ТА АНТИБАРИОНІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ПОЛЯРИЗАЦІЇ

О.Ю. Корчин, С.В. Трофименко

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

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

Розглянуто процеси слабого розпаду боттом-баріонів і на мезон та відповідно і гіперони. В рамках підходу, що базується на нерелятивістській кварковій моделі [1], обчислено імовірності фрагментації b -кварка в адрони і. Зазначене обчислення виконано з використанням результатів, отриманих на прискорювачах LEP та Tevatron щодо відносної імовірності народження боттом-баріонів у зіткненнях частинок високих енергій, які

були нещодавно уточнені [2] з урахуванням даних про змішування для та мезонів. Отримані значення імовірностей фрагментації мають меншу невизначеність порівняно зі значеннями, наявними наразі в літературі. На основі цих результатів обчислено відносні ширини цих розпадів. Отримані величини ширин так само характеризуються меншою невизначеністю порівняно з результатами попередніх обчислень іншими авторами. Розраховано параметр асиметрії для зазначених розпадів. Отримано наближену формулу, яка визначає цей параметр виключно через маси початкового і кінцевого баріонів і мезона. Отримані результати є підґрунтям для експериментального визначення поляризації і баріонів та відповідних антибаріонів, знання якої є необхідним для вимірювання їх магнітних моментів. Таке вимірювання представляє особливий фундаментальний інтерес, адже воно є джерелом інформації про магнітний момент b-кварка.

1. Cheng H.-Y. // Phys. Rev. D., 1997, v. 56, p. 2799.

2. Amhis Y. et al. (HFLAV Collaboration) // Eur. Phys. J. C, 2017, v. 77, p. 895.

ПОДІЛ ЯДРА ^{235}U З УРАХУВАННЯМ ОБОЛОНОК

Ю.А. Амінов

ФТІНТ НАН України, м. Харків

Поділ ядра ^{235}U повільним нейтроном зазвичай інтерпретується як деформація рідкої краплі. У такому випадку ядерні оболонки розрізаються на частини. У книзі А.К. Вальтера та І.І. Залюбовського [1] наведено два варіанти розподілу на: 1) ^{147}La та ^{87}Br ; 2) ^{140}Ba та ^{93}K .

Однак якщо порівнювати оболонкову будову ^{235}U з оболонковою будовою уламків, то можна зробити висновок, що в цих реакціях оболонки ^{235}U не руйнуються, а розподіляються на уламки. Елемент ^{235}U входить до радіоактивного ряду з числом нуклонів у ядрі $2m+3$, де m – ціле число, і який закінчується на ^{207}Pb . Оболонкову будову ^{235}U можна представити у вигляді

$$^{235}\text{U} : (3+4+5+6+7+8+9+10)4+7x4-1n.$$

Тут кожне число в круглих дужках відповідає повній оболонці і позначає число альфа-часток або четвірок нейтронів, що містяться в ній (з точністю до одного нейтрону). $7x4$ позначає альфа-частки в зовнішній неповній оболонці. У той же час оболонкову будову уламків у варіанті 1) можна записати у вигляді

$$^{147}\text{La} : (3+8+9+10)4+7x4-1n, \quad ^{87}\text{Br} : (4+5+6+7)4-1n$$

Таким чином, реакцію поділу ^{235}U можна представити як вибивання серцевини. Аналогічні розкладання можна записати за другого варіанта поділу, див. [2]. Зауважимо, що розрив при розподілі відбувається по оболонці, що містить 7 альфа-частин, яка слабше пов'язана з наступною оболонкою.

1. А.К. Вальтер, І.І. Залюбовский. Ядерная физика, Харьков, Основа, 1991.

2. Yu.A. Aminov. Geometrical structure of Lead nuclei and of some other chemical elements, Problems of atomic science and technology, 2020, N 5 (129). Series: Nuclear Physics Investigations (74), p. 66-70.

РОЗПАД БОЗОНА ХІГГСА НА ПОЛЯРИЗОВАНІ ЛЕПТОНИ ТА КВАРКИ

О.Ю. Корчин^{1,2}, Р.Т. Овсянніков²

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

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

У стандартній моделі (СМ) бозон Хіггса, h , має позитивну СР парність, тобто він є СР-парною скалярною частинкою. В той же час у багатьох моделях за межами СМ передбачаються скалярні частинки, які мають як позитивну, так і негативну СР-парність. Також можуть існувати частинки, що не мають фіксованої парності (див., наприклад, огляд [1]). Тому можливо, що знайдений h -бозон є сумішшю СР-парного та СР-непарного станів. Прояснення таких властивостей відкритого бозона h є необхідним елементом у дослідженні механізму порушення електрослабкої симетрії та генерації мас частинок.

У роботі головним чином порушується тема розрахунку ефекту повздожньої поляризації поляризованих ферміонів у ширині розпаду змішаного стану бозону Хіггса (скалярного та псевдоскалярного) на пару ферміонів, зокрема, детально розглянуто розпад на тау-лептони. Розраховані ефекти виявились досить малими, однак це може вказувати на те, що більш сильні прояви повздожньої поляризації поляризованих ферміонів необхідно шукати у інших подібних процесах, наприклад, у процесах розпаду бозону Хіггса на пару важких кварків, або у розпадах інших важких бозонів, які передбачаються в сучасних теоріях за межами СМ.

1. D. de Florian et al., «Handbook of LHC Higgs Cross Sections: 4. 177 Deciphering the Nature of the Higgs Sector», CERN Yellow Reports: 178 Monographs 2, 1 (2017).

ПОШУКИ $pp \rightarrow H \pm H \rightarrow W \pm HH$ СИГНАЛУ В КОНТЕКСТІ МССМ-МОДЕЛІ

Т.В. Обіход, Е.О. Петренко

Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ

В рамках експериментальних пошуків легкого бозону Хіггса [1], нами розглянуто нову сигнатуру зарядженого бозону Хіггса, $pp \rightarrow H \pm h \rightarrow W \pm hh$, яка є майже вільною від фону, що є пріоритетним для вивчення

суперсиметрії на LHC при енергіях як 13, так і 14 TeV [2]. За допомогою моделі МССМ нами використано найновіший простір параметрів, який узгоджується як з експериментальними обмеженнями отриманими на LHC, так і з теоретичними розрахунками [3]. У відібраних регіонах, за допомогою Pythia 8.3 і програмами Feynhiggs, було виявлено, що перерізи утворення, $\sigma(pp \rightarrow H^{\pm}h)$, і ширини розпадів, $BR(H^{\pm} \rightarrow W^{\pm}h)$, є найбільшими в контрольних точках 4 і 14 відповідно, а також отримано відповідні масові розподіли і кінематичні обмеження найлегшого і зарядженого бозонів Хіггса.

1. CMS Collaboration. Search for a standard model-like Higgs boson in the mass range between 70 and 110 GeV in the diphoton final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8$ and 13 TeV. Phys. Lett. B 793, pp. 320 – 347 (2019).

2. Arhrib, A. et al. Identifying a light charged Higgs boson at the LHC Run II. Phys. Lett. B 774, 591-598 (2017), arXiv:1706.01964 [hep-ph].

3. Wang, Y. et al. Analysis of $W^{\pm} + 4\gamma$ in the 2HDM Type-I at the LHC. JHEP volume 2021, Article number: 21 (2021), arXiv:2107.01451 [hep-ph].

ТОНКА СТРУКТУРА ДИФРАКЦІЙНОГО КОНУСА ПРУЖНОГО РОЗСІЯННЯ АДРОНІВ ПРИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЯХ У МОДЕЛІ FMO

Н. Бенце¹, І. Сани², О. Лендел³

¹Ужгородський національний університет, Україна;

²Університет ім. Етвеша, м. Будапешт;

³Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

На експерименті TOTEM LHC в CERN спостерігалася не експоненціальна поведінка пружного диференціального перерізу при малих $|t|$, тобто так зване явище «залому» при енергіях зіткнення 8 і 13 TeV статистично значущим чином. Аналіз виявив, що диференціальний пружний перетин насправді не зменшується суто експоненціально як $\exp(-B|t|)$ при малому значенні $|t|$, а скоріше показує увігнуту кривизну відносно очікуваного експоненціального зменшення зі зростанням $|t|$, як у випадку вимірювань pp-пружного розсіювання на ISR у 1970 роках. Нещодавно було виявлено, що ефект кривизни, хоча і малий, призводять до значних змін параметра нахилу відносно параметра, визначеного в чисто експоненціальному підході, що вимагає врахування в підгонках значень даних при малих $|t|$ диференціального перерізу. Ми пропонуємо просту процедуру виявлення «експериментальної» кривизни, що дозволяє оцінити початок «асимптопії». Початок «асимптопії» збігається з енергією, де значення параметра кривизни прямує до нуля.

Тому ми досліджували поведінку параметра кривизни в рамках моделі FMO у залежності від енергії та $|t|$. Ця модель розглядає кривизну як прояв порогової структури амплітуди розсіювання, що впливає з t-канальної унітарності.

FINE STRUCTURE OF THE DIFFRACTION CONE OF HADRONS ELASTIC SCATTERING AT HIGH ENERGIES IN FMO MODEL

N. Bence¹, I. Szanyi², A. Lengyel³

¹Uzhhorod National University, Ukraine;

²Eötvös University, Budapest;

³Institute of Electron Physics of NASU, Uzhhorod

The TOTEM experiment at CERN LHC observed the non-exponential behavior of the low- $|t|$ elastic differential cross-section i.e. the so called “break” phenomenon at 8 and 13 TeV colliding energies in a statistically significant manner. The analysis revealed that the differential elastic cross section does not, in fact, decrease purely exponentially as $\exp(-B|t|)$ at small value of $|t|$, but rather shows a concave curvature relative to the expected exponential decreases as $|t|$ increases as in case of pp-elastic scattering measurements at ISR in the 1970s. Recently it was found that the curvature effects are although small, lead to significant changes in the forward slope parameter relative to that determined in purely exponential fit requiring the inclusion of the small- $|t|$ differential cross section data in fits. We propose a simple procedure to reveal the “experimental” curvature allowing us to assess the onset of the asymptopia. The onset of asymptopia coincides with the energy where the value of the curvature parameter at vanishing $|t|$ goes to zero. Therefore, we have studied the energy and $|t|$ behaviour of curvature parameter within the framework of FMO model. This model naturally considers the curvature as the manifestation of the threshold structure of the scattering amplitude required by s-channel unitarity.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАСТЕРНОЇ РАДІОАКТИВНОСТІ В СПЕКТРАХ ВИХОДІВ УЛАМКІВ ПОДІЛУ ЯДЕР-АКТИНІДІВ

В.Т. Маслюк¹, Ю.А. Кондаш², А.Д. Скорбун³, О.О. Парлаг¹, С.Ф. Гончарова²

¹Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород;

²Ужгородський національний університет, Україна;

³Інститут проблем безпеки реакторів НАН України, м. Київ

α -распад, кластерна радіоактивність, потрійний розпад та поділ атомних ядер відображають різні можливості перетворення ядерної матерії, коли кінцевий стан визначається продуктами її розпаду. Для розуміння природи кластерної радіоактивності слід враховувати, що вона реалізується в разі наявності в кінцевій системі «ядро-кластер; ядро віддачі» принаймні одного, чи двох продуктів, що містять магічні числа для протонів та нейтронів. Чисельне моделювання таких процесів вимагає застосування методів довгої арифметики, враховуючи низьку ймовірність до 10–15 вильоту ядер-кластерів ^{14}C , ^{20}O , $^{24,26}\text{Ne}$, $^{28,30}\text{Mg}$, $^{32,34}\text{Si}$.

У даній роботі приведено результати дослідження тонкої структури зарядових виходів в області значень, що відповідають кластерній радіоактивності. Результати отримано для актинідів Np, Th, U, інших. Досліджено роль емісії нейтронів поділу та ланцюжків β -перетворень на ймовірність кластерної радіоактивності. Аналізуються можливості інтегрування класів BigInteger і BigDecimal, розроблених для мови Java у структуру програми на C#; здійснення операцій множення/ділення, роботи із стандартними функціями в режимі «довгої арифметики».

ПРО ПОЗДОВЖНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ В КЛАСИЧНІЙ ЕЛЕКТРОДИНАМІЦІ, ПЛАЗМІ, ПЛАЗМОНАХ, ХВИЛЕВОДАХ, АНТЕНАХ І ПЕРЕТІНАЮЧИХСЯ ЛАЗЕРНИХ ПУЧКАХ В.М. Симулик

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

З часів старту ужгородських вчених у цих дослідженнях, див. [1] і посилання там, які були замовлені Н.П. Хворостенко [2, 3], інтерес до даної проблематики надзвичайно виріс [4, 5]. Сьогодні не має необхідності обов'язково пропонувати експерименти, адже велика і цілком достатня кількість дослідів вже поставлена [4, 5] і чекає на додаткові пояснення та теоретичні моделі.

У наших теоретичних дослідженнях, див. [1] і посилання там, ми описуємо такі хвилі стандартними рівняннями Максвелла, які містять струми і заряди певного часткового, а саме, градієнтного типу. Про поздовжні електромагнітні хвилі у хвилеводах див., наприклад, [4]. Про такі хвилі у лазерних пучках, що перетинаються, див., наприклад, [5]. Літературу про теоретичні і експериментальні дослідження цих хвиль у плазмі, плазмонах і різноманітних антенах, див. наприклад, у [1].

1. V.M. Simulik, arXiv: 1606.01738v2, [physics.class-ph], 3 Aug 2020, 23 p.
2. Н.П. Хворостенко, НИР «Эфир», М.: ВНИИЦ № ГР 01910008626 (1990).
3. Н.П. Хворостенко // Изв. ВУЗов: Сер. Физ. 1992, №3, с.24–29.
4. Ю.Н. Кузнецов, Патент Російської Федерації, RU 2287212 C1 (2006).
5. G. Miyaji, N. Miyayaga, K. Tsubakimoto, K. Sueda, K. Ohbayashi // Appl. Phys. Lett. 2004, Vol.84, №19, p. 3855–3857.

ПРО АЛГЕБРУ КЛІФФОРДА В РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ РІВНЯННЯХ ДЛЯ ЧАСТИНКИ ЗІ СПІНОМ 3/2 В.М. Симулик, І.І. Вийконь

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Роглядаються рівняння Баба, Баргмана–Вігнера, Паулі–Фірца, Раріті–Швінгера, Фіск–Таїта для частинки зі спіном 3/2, а також нове рівняння, яке не містить зайвих компонент і додаткових умов [1, 2]. Для дослідження симетрійних властивостей, знаходження розв'язків та доведення релятивістської інваріантності подібних рівнянь виявляються особливо корисними гамма матричні представлення алгебри Кліффорда у просторах 8-, 12- і 16-компонентних спінових. Аналізується запропоноване у [3] 256-вимірне матричне представлення алгебри Кліффорда над полем дійсних чисел, яке задається 8x8 гамма матрицями Дірака. Вводяться у розгляд реалізації $\text{Cl}(0,8)$ і $\text{Cl}(1,7)$ зазначеної алгебри. Запропоновано зручний для виконання обчислень явний вигляд кожної всімки відповідних генераторів.

Коротко прокоментовано аналогічне представлення 64-вимірної алгебри Кліффорда у просторі стандартних 4-компонентних спінових і їх відома роль у дослідженні симетрій рівняння Дірака [4].

1. V. Simulik // Ukr. J. Phys. 2015, Vol. 60, №10, p.985–1006.
2. V. Simulik, Relativistic quantum mechanics and field theory of arbitrary spin. Nova Science, New York, 2020, 343 p.
3. V. Simulik, arXiv: 2110.11406v1, [physics.gen-ph] 17 Oct 2021, 18 p.
4. V. Simulik, I. Krivsky // Phys. Lett. A. 2011, Vol. 375, №25, p. 2479–2483.

ПРО СПІНОВІ АЛГЕБРИ $SO(1,9)$ І $SO(10)$ У ПРОСТОРИ
8-КОМПОНЕНТНИХ СПІНОРІВ
В.М. Симулик, І.І. Вийконь

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Розглядаються запропоновані в [1] 45-вимірні гамма матричні представлення алгебр $SO(1,9)$ і $SO(10)$ над полем дійсних чисел, що задаються 8×8 гамма матрицями Дірака. Досліджується зв'язок таких представлень з алгебрами Кліффорда. Обговорено старт із відповідного представлення 28-вимірної алгебри $SO(8)$ у просторі стандартних 4-компонентних спінорів та відому роль цієї алгебри у дослідженні симетрій звичайного рівняння Дірака [2] і, як наслідок, необхідність запропонованих у [1] узагальнень. Пропонується використання представлень спінових алгебр $SO(1,9)$ і $SO(10)$ для досліджень симетрійних та інших властивостей рівнянь Іваненко–Ландау–Дірака–Кейлера, комплексного рівняння Дірака–Кейлера [3], а також нового релятивістського рівняння [4, 5] для частинки зі спіном $3/2$, яке не містить зайвих компонент і додаткових умов.

1. V. Simulik, arXiv: 2110.11406v1, [physics.gen-ph] 17 Oct 2021, 18 p.
2. V. Simulik, I. Krivsky // Phys. Lett. A. 2011, Vol. 375, №25, p. 2479–2483.
3. I. Krivsky, R. Lompay, V. Simulik // Theor. Math. Phys. 2005, Vol. 143, №1, p. 541–558.
4. V. Simulik // Ukr. J. Phys. 2015, Vol. 60, №10, p.985–1006.
5. V. Simulik, Relativistic quantum mechanics and field theory of arbitrary spin. Nova Science, New York, 2020, 343 p.

**Секція 2. Фундаментальні дослідження
при проміжних і високих енергіях**

МЕХАНІЗМИ НАРОДЖЕННЯ БОТТОМ-КВАРКІВ У e^+e^- -ЗІТКНЕННЯХ

В.В. Котляр¹, О.Ф. Щусь²

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

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

Проведено моделювання процесів $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$, $b\bar{b}j$, $b\bar{b}2j$. Струмені j утворюються при фрагментації глюонів, безмасових кварків $q = u, d, s$ та антикварків q_{bar} . Розрахунки виконані на основі Madgraph 5 у поєднанні з Pythia 8. У обчислення включені деревні та однопетлеві партонні процеси (ПП). Значна увага приділяється узгодженому обліку ПП, які розраховані в наступному за лідируючим порядку (СЛП) теорії збурень (ТЗ) квантової хромодинаміки (КХД), та партонних злив.

При енергії $s^{1/2} = 1$ TeV показано, як інтегральні перерізи змінюються при включенні ПП у п'яти порядках ТЗ КХД. Досліджено відносну роль вкладів у перерізи груп процесів $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}g$, $b\bar{b}2g$, $b\bar{b}q\bar{q}$ у СЛП ТЗ КХД.

Виконані обчислення цікаві для вивчення народження мезонів і баріонів, що містять боттом кварки, і адронів, до складу яких входять зачаровані кварки, що утворюються в розпадах b -кварків. Отримані результати можуть бути корисними для підготовки експериментів на Міжнародному лінійному колайдері (ILC).

НАРОДЖЕННЯ БОТТОМ-БАРІОНІВ У ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЇ АНІГЛЯЦІЇ

В.В. Котляр¹, О.Ф. Щусь²

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

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

На основі моделювання народження пар боттом кварків (b) та антикварків у e^+e^- -зіткненнях розраховані перерізи народження b -баріонів. Партонні процеси (ПП) моделюються з використанням Madgraph 5 у чотирьох порядках теорії збурень (ТЗ) квантової хромодинаміки (КХД), процеси фрагментації, розпади та партонні зливи - з генератором подій Pythia 8. Обчислення включають жорсткі ПП з народженням реальних і віртуальних частинок.

Інтегральні та диференціальні перерізи народження боттом баріонів отримані за енергії $s^{1/2} = 1$ TeV. Показано, як перерізи залежать від ПП, які розраховуються у різних порядках ТЗ КХД. Досліджено кореляції в народженні b -баріонів та струменів, що генеруються глюонами та легкими кварками. Розглянуто кореляції у просторі поперечних імпульсів та кутових змінних.

Результати обчислень можуть становити інтерес для формування програми майбутніх експериментів на Міжнародному лінійному колайдері (ILC), детального вивчення та налаштування Lund-string та інших моделей фрагментації.

СПИНОВІ АСИМЕТРІЇ У НАРОДЖЕННІ b -КВАРКІВ І Z -БОЗОНІВ У ПРОТОН-ПРОТОННИХ ЗІТКНЕННЯХ НА ВЕЛИКОМУ АДРОННОМУ КОЛАЙДЕРІ ЦЕРН

В.В. Котляр, М.І. Маслов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розраховані інтегральні та диференціальні перерізи, спінові асиметрії та кореляційні спостережувальні в народженні боттом-кварків (b) спільно з Z -бозонами у розсіюванні протонів. Моделювання партонних процесів проведено у перших трьох порядках теорії збурень квантової хромодинаміки (КХД) у деревному наближенні. Кінцеві стани партонних процесів окрім пари b -анти- b -кварків та пари мюонів $\mu^+\mu^-$, що утворюється в розпаді Z -бозону, містять $n = 0, 1$ або 2 безмасові партони. У розрахунках використані Madgraph 5 та генератор подій Pythia 8. За допомогою Pythia 8 моделюються просторово- та часоподібні зливи, а також багаторазові партонні взаємодії. Досліджено залежність розрахованих перерізів від параметрів, що визначають шкали перенормування та факторизації, а також параметрів, що з'являються при узгодженому обліку процесів з різною множинністю кінцевих станів та злив. Обчислення виконано у кінематичних умовах експериментів на великому адронному колайдері ЦЕРН (LHC). Отримані результати можуть бути корисними для підготовки нових експериментів LHC.

КІНЕТИКА РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПУЧКІВ, ЩО ВИПРОМІНЮЮТЬ У ПЕРІОДИЧНИХ ПОЛЯХ З ВИЩИМИ ГАРМОНІКАМИ

Євген Буляк, Микола Шульга

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;

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

Аналітично досліджена кінетика релятивістських електронів що випромінюють в періодичних полях x вищими гармоніками. Розглядається модель, яка включає як повздовжню так і поперечну кінетику пучка.

Зовнішнє поле вважається квантовим, а релятивістські електрони розглядаються як напівкласичні об'єкти. Показано, що розподіл електронів по кутах відхилення від осі не залежить від енергії цих електронів, а визначається виключно частотою зовнішнього поля та параметром недипольності. Отримані результати будуть застосовані для моделювання динаміки пучків в майбутніх колайдерах та джерелах жорсткого рентгенівського та гамма-випромінювання.

KINETICS OF RELATIVISTIC ELECTRON BEAMS RADIATING IN PERIODIC FIELDS WITH HIGHER HARMONICS

Eugene Bulyak, Nikolay Shul'ga

*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;
V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine
bulyak@kipt.kharkov.ua*

Interaction of relativistic electrons with periodic fields with higher harmonics is studied analytically. The model considered includes both the longitudinal and the transversal kinetics of the beam. The field is assumed as quantum, while the relativistic electrons are treated as semi classical objects. The electron is assumed to interact with random number of the photons within its coherent length, and emits single photon. Estimations of the distribution of declining angles show independence of the energy of electrons. The results will be applied for evaluation of the beam behavior in the future colliders and the sources of hard x- and gamma rays.

ГІДРОДИНАМІКА ДУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ КВАРК-ГЛЮОННОЇ ПЛАЗМИ У МЕМБРАННІЙ ПАРАДИГМІ ЧОРНИХ ДІР

А.М. Арсланалієв^{1,2}, А.Ю. Нурмагамбетов^{1,2,3}

¹*ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;*
²*Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна;*
³*IPE ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків*

Одним з вражаючих досягнень прикладної теорії струн є обчислення коефіцієнтів перенесення (зсувної та об'ємної в'язкості, електропровідності, теплопровідності) та компонент тензора енергії-імпульсу (щільності енергії, тиску, щільності імпульсу, зсуву та розширення) кварк-глюонної плазми в рамках калібрувально-гравітаційної дуальності. Хоча дуальний опис релятивістської рідини (КХД у гідродинамічній межі) у термінах гравітаційної фізики використовує всі переваги теорії збурень, технічна реалізація такого підходу утруднена вирішенням нелінійних динамічних рівнянь полів матерії у нетривіальному гравітаційному фоні. Альтернативна обчислювальна схема, що обговорюється, заснована на тісному зв'язку калібрувально-гравітаційної дуальності з гідродинамічною межею електрогравітації чорних дірок, більш відомої як Мембранна Парадигма. На прикладах різних моделей чорних дірок ми показуємо переваги Мембранної Парадигми у визначенні лідируючих вкладів у коефіцієнти перенесення та інші основні характеристики кварк-глюонної плазми обчисленням відповідних характеристик дуальної до плазми пружної мембрани поблизу горизонту подій чорної діри.

КОРЕЛЯЦІЇ БОТТОМ-КВАРКІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННІЙ АНІГІЛЯЦІЇ В ПАРУ ТОП-КВАРКІВ ПРИ ЕНЕРГІЇ КОЛАЙДЕРА

І.В. Трутен, О.Ю. Корчін

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Ця робота орієнтована на майбутній електрон-позитронний колайдер CLIC із запланованою енергією 380 GeV у першому циклі вимірювань. В основі лежить дослідження електрон-позитронної анігіляції в пару поляризованих топ-кварків з урахуванням виходу за рамки стандартної моделі. Пошук проявів нової фізики за високих енергій активно ведеться в експериментах на різних установках. У наших роботах [1-3] проводяться розрахунки спостережуваних у процесі $ee^+ \rightarrow b\bar{b}W^+W^-$ з урахуванням ефектів нової фізики. Зокрема в роботі [3] у лагранжіан взаємодії топ-кварків з фотоном і Z-бозоном включаються додаткові доданки, що порушують CP-симетрію. Отримано розподіли за енергіями боттом-кварка та антикварка, та розраховані асиметрії цих розподілів. Проаналізовано залежність результатів від значень констант зв'язку, що визначають фізику поза SM.

1. I.V. Truten, A.Yu. Korchin. Int. J. Mod. Phys. A34 (2019), 1950067; arXiv:1902.09911 [hep-ph].
2. I.V. Truten, A.Yu. Korchin. Int. J. Mod. Phys. A36 (2021), 2150013; arXiv:2009.00301 [hep-ph].
3. I.V. Truten, A.Yu. Korchin. 2022 J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. <https://doi.org/10.1088/1361-6471/ac4e60>; arXiv:2109.10693 [hep-ph].

ПЕРЕРІЗИ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ $^{65}\text{Cu}(\gamma, n)^{64}\text{Cu}$ І $^{63}\text{Cu}(\gamma, xn)^{63-x}\text{Cu}$
У ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 94$ МеВ

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Для фотоядерних реакцій $^{65}\text{Cu}(\gamma, n)^{64}\text{Cu}$, $^{63}\text{Cu}(\gamma, n)^{62}\text{Cu}$, $^{63}\text{Cu}(\gamma, 2n)^{61}\text{Cu}$, $^{63}\text{Cu}(\gamma, 3n)^{60}\text{Cu}$ були вимірювані усереднені по потоку гальмівного випромінювання перерізи $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ у діапазоні граничних енергій гальмівних гамма-квантів $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 94$ МеВ. Експерименти проводилися на пучку лінійного прискорювача електронів ЛУЕ-40 ННЦ ХФТІ з використанням γ -активаційного методу. Поток гальмівних гамма-квантів моделювався з урахуванням реальної геометрії експерименту в коді GEANT4.9.2 та додатково монітувався по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$. Розрахунок теоретичних середніх перерізів $\sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}}$ виконувався з використанням перерізів із коду TALYS1.95.

У роботі показано, що експериментальні середні перерізи $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ для всіх досліджуваних реакцій систематично вищі за теоретичні оцінки в коді TALYS1.95. Отримані значення $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ порівнювалися з даними різних лабораторій і було показано, що спостерігається задовільне узгодження з даними [1] для реакцій $^{65}\text{Cu}(\gamma, n)^{64}\text{Cu}$ і $^{63}\text{Cu}(\gamma, n)^{62}\text{Cu}$, та з результатами з роботи [2] – для $^{63}\text{Cu}(\gamma, 2n)^{61}\text{Cu}$. Значення $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ для реакції $^{63}\text{Cu}(\gamma, 3n)^{60}\text{Cu}$ виміряно вперше.

1. T. Kawano, Y.S. Cho, P. Dimitriou, et al. IAEA Photonuclear Data Library 2019 // Nuclear Data Sheets 163 (2020) 109–162.

2. V.V. Varlamov, A.I. Davydov, M.A. Makarov, V.N. Orlin, and N.N. Peskov, Reliability of the data on the cross-sections of the partial photoneutron reaction for $^{63,65}\text{Cu}$ and ^{80}Se nuclei // Bull. Rus. Acad. Sci. 80 (2016) 317.

УТВОРЕННЯ ГАФНІЮ $^{180\text{m}}\text{Hf}$ У ФОТОРОЗЩЕПЛЕННІ Та
ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 95$ МеВ

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Досліджено утворення ізомерного стану гафнію $^{180\text{m}}\text{Hf}$ у фотоядерній реакції на ^{181}Ta при граничних енергіях гальмівних гамма-квантів $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 95$ МеВ. Експерименти проводилися на пучку лінійного прискорювача електронів ЛУЕ-40 ННЦ ХФТІ з використанням активаційного γ -спектрометричного методу. Розрахунок теоретичних середніх перерізів $\sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}}$ виконаний з використанням перерізів із коду TALYS1.95 та моделюванням потоку гальмівного випромінювання для реальних умов експерименту у коді GEANT4.9.2. Додатково потік гальмівних гамма-квантів монітувався по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$.

Експериментальні значення усереднених по потоку гальмівного випромінювання перерізів $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ для реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$, здобуті у цій роботі, у межах експериментальної похибки узгоджуються з літературними даними з [1, 2], але значно перевищують розрахункові оцінки $\sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}}$ отримані з використанням коду TALYS1.95.

Здобуті у роботі значення середніх перерізів для реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, p)^{180\text{m}}\text{Hf}$ розширюють результати робіт [1, 2] в область високих енергій $E_{\gamma\text{max}}$, що дозволяє детальніше вивчити механізм взаємодії гамма-квантів з ядрами при енергіях від гігантського дипольного резонансу до порога народження піонів.

1. B.S. Ishkhanov, V.N. Orlin, S.Yu. Troschiev. Фоторащепление тантала // Phys. At. Nucl. 75 (2012) 253.

2. V.A. Zheltonozhsky, A.M. Savrasov, M.V. Zheltonozhskaya, A.P. Chernyaev. Excitation of $^{180\text{m}}\text{Hf}$ with (γ, p) reaction // Europ. Phys. Jour. A 57 (2021) 121.

ПЕРЕРІЗИ УТВОРЕННЯ ІЗОТОПІВ $^{56,57}\text{Ni}$ У ФОТОЯДЕРНИХ
РЕАКЦІЯХ НА НАТУРАЛЬНОМУ НІКЕЛЮ ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 35 \dots 94$ МеВ

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Досліджено утворення ядер $^{56,57}\text{Ni}$ у фотоядерних реакціях на натуральному нікелі при граничних енергіях гальмівних гамма-квантів $E_{\gamma\text{max}}$ в діапазоні $35 \dots 94$ МеВ. Експерименти проводилися на пучку лінійного прискорювача електронів ЛУЕ-40 ННЦ ХФТІ з використанням активаційного γ -спектрометричного методу. Отримано експериментальні значення усереднених по потоку гальмівного випромінювання перерізів $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ для реакцій $^{58}\text{Ni}(\gamma, n)^{57}\text{Ni}$ і $^{58}\text{Ni}(\gamma, 2n)^{56}\text{Ni}$.

Розрахунок виходів та середніх перерізів досліджуваних реакцій проведено з використанням перерізів з коду TALYS1.95 для всіх стабільних ізотопів нікелю. Поток гальмівних гамма-квантів моделювався з урахуванням реальної геометрії експерименту в кодї GEANT4.9.2 та додатково монітувався по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$.

Обчислено частку вкладу в утворення ядер $^{56,57}\text{Ni}$ від усіх стабільних ізотопів нікелю і показано, що утворення ядер $^{56,57}\text{Ni}$ на ізотопі ^{58}Ni є домінуючим каналом (> 99.7%) на всьому діапазоні досліджуваних енергій $E_{\gamma\text{max}}$. Порівняння експериментальних $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ та теоретичних оцінок із коду TALYS1.95 показує суттєве перевищення розрахунку над експериментом в обох випадках. У той же час спостерігається узгодження в межах експериментальних похибок здобутих значень $\sigma(E_{\gamma\text{max}})$ та даних із літератури.

ФОТОЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ НА ЯДРАХ ^{27}Al , ^{93}Nb , ^{100}Mo І ^{181}Ta
ЯК МОНІТОРИ ПОТОКУ ГАЛЬМІВНИХ КВАНТІВ
О.С. Деєв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, С.М. Потін

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Потоки гальмівного випромінювання є важливим інструментом ядерно-фізичних дослідженнях. Визначення перерізів багаточасткових фотоядерних реакцій (перетин $\sim 0,1 \dots 100$ мб) можливе за наявності інтенсивних потоків γ -квантів, що взаємодіють з мішенню, які можуть бути забезпечені лінійними прискорювачами електронів при проходженні високоенергійних електронів через мішень-конвертор. Обчислення щільності потоку гальмівних γ -квантів, що відповідає реальним умовам експерименту, проводиться із застосуванням сучасних обчислювальних методів (наприклад, GEANT4 або MCNP). Контроль розрахунку потоку гальмівних квантів, як правило, здійснюється вимірювання за допомогою квантометра, або застосуванням мішені-монітора з добре відомим перетином реакції.

У даній роботі досліджено можливість використання реакцій $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$, $^{27}\text{Al}(\gamma, 2p n)^{24}\text{Na}$, $^{93}\text{Nb}(\gamma, 3n)^{90}\text{Nb}$ і $^{181}\text{Ta}(\gamma, n)^{180}\text{Ta}$ як моніторів потоку гальмівних γ -квантів. Теоретичний розрахунок середніх перерізів $\sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}}$ виконаний з використанням перерізів $\sigma(E)$ із програми Talys1.95 для монохроматичних фотонів. Отримані коефіцієнти нормування $k_{\text{monitor}} = \sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}} / \sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{exp}}$, що відображають відхилення розрахованого в кодї GEANT4.9.2 потоку гальмівного випромінювання від реального потоку, що провзаємодіє з мішенню. Величина $\sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{exp}}$ – експериментальні значення перерізу для моніторної реакції. Було проведено аналіз, показано переваги та недоліки аналізованих моніторних реакцій.

ПЕРЕРІЗИ ТА ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ У ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ
НА ЯДРАХ ^{121}Sb І ^{123}Sb ПРИ ЕНЕРГІЯХ ГАЛЬМІВНИХ КВАНТІВ
ДО $E_{\gamma\text{max}} = 100$ МеВ

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Ядра, мають ізомерні (m) і нестабільні основні стану (g), становлять особливий інтерес, оскільки дають можливість вивчати заселення метастабільного стану цього ядра щодо його основного стану, тобто отримати ізомерне відношення $d(E_{\gamma\text{max}})$ продуктів реакції. Дані щодо ізомерних відношень продуктів реакцій є корисними для дослідження питань, що стосуються ядерних реакцій та ядерної структури, такі як спінова залежність щільності ядерних рівнів, передача кутового моменту, спарювання нуклонів, оболонкових ефектів, проводити уточнення теорії гамма-переходів і тестувати теоретичні моделі ядра.

У роботі розглядаються пари ядер $^{120\text{m.gSb}}$, $^{118\text{m.gSb}}$ і $^{116\text{m.gSb}}$, що є продуктами фотонейтронних реакцій на ізотопах сурми. Розрахунок перерізів $\sigma(E_{\gamma})$ багаточасткових фотоядерних реакцій на стабільних ізотопах сурми ^{121}Sb та ^{123}Sb виконаний у рамках кодів Talys1.9 та 1.95 до енергії $E_{\gamma} = 100$ МеВ. Середні за гальмівним потоком перерізи $\sigma(E_{\gamma\text{max}})_{\text{th}}$ оцінювалися з використанням потоку квантів, отриманих моделюванням у кодї GEANT4.9.2. Виконано також розрахунок ізомерних відношень $d(E_{\gamma\text{max}})$ виходів ядер-продуктів $^{120\text{m.gSb}}$, $^{118\text{m.gSb}}$ і $^{116\text{m.gSb}}$. Розрахунки проведені для реальних умов роботи лінійного прискорювача електронів ЛУЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ.

Проведено порівняння розрахункових значень $d(E_{\gamma\text{max}})$ з даними з бази EXFOR. Оцінено внесок конкуруючих реакцій та, відповідно, ліній випромінювання у загальний вихід досліджуваних реакцій.

МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ВІДЛІТАЮЧИХ ЗБУДЖЕНИХ АТОМІВ ЗАЛІЗА ПРИ ІОННОМУ
БОМБАРДУВАННІ ЗАЛІЗА ТА ЗАЛІЗОІТРІЄВОГО ГРАНАТУ
І.О. Афанасьєва, В.В. Бобков, В.В. Грицина, Д.І. Шевченко

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

У роботі проводиться порівняння параметрів іонно-фотонної емісії, яка виникає під час бомбардування іонами Ag^+ металевого заліза (Fe) та залізоітрієвого гранату ($\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$) з метою встановлення механізмів формування збуджених атомів заліза залежно від фізико-хімічних параметрів твердого тіла.

Встановлено суттєву відмінність емісійних спектрів атомів заліза (Fe I), що спостерігаються при іонному бомбардуванні металевого заліза та залізоїтрієвого гранату. Експериментально встановлено, що залежності ефективності збудження атомів Fe від енергії збудження відповідних станів $\sigma_j(E_j)$ для залізоїтрієвого гранату є більш складними порівняно з чистим залізом. На підставі отриманих даних зроблено припущення щодо процесів, які відбуваються при іонному бомбардуванні твердих тіл і призводять до відльоту атомів заліза у збудженому стані. Як для чистого заліза, так і для залізоїтрієвого гранату низько- та високоенергетичні стани розпилені атомів Fe формуються у процесах каскадних та кратних зіткнень. Крім того, для залізоїтрієвого гранату можливе утворення значної кількості збуджених атомів заліза в певних станах за рахунок більш складних процесів, пов'язаних з розвалом молекул безпосередньо на поверхні мішені або при їх відльоті від поверхні.

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ГЕЛІУ У W- І Та- ПОКРИТТЯХ У ПРОЦЕСІ ОПРОМІНЕННЯ ІОНАМИ He⁺ ДО РІЗНИХ ДОЗ

В.В. Бобков, М.О. Азаренков, Л.П. Тищенко, Ю.І. Ковтуненко, А.О. Скрипник

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

Досліджено процеси накопичення і термодесорбції гелію для вольфрамового і танталового покриттів з різними температурами T° зразків при опроміненні іонами He⁺ до різних доз Ф. W- і Та-покриття завтовшки ~ 1 мкм, що одержані за допомогою методу магнетронного розпилення мішеней в атмосфері Ar та осадження на підкладку з неіржавіючої сталі з проміжним шаром Ti, опромінювали пучком іонів He⁺ з енергією 20 кеВ та густиною ~ 3,0·10¹³ см⁻²с⁻¹. Величину Ф змінювали від 1,0·10¹⁷ до 1,0·10¹⁸ см⁻² при значеннях T°: 290, 370, 470, 540, 570, 670 та 870 К для W. Значення Ф дорівнювали 1,0·10¹⁷ та 2,0·10¹⁷ см⁻², T°: 290, 370, 670, 770 та 870 К для Та.

Зіставлені спектри термічної десорбції гелію з вольфрамових та танталових покриттів після бомбардування іонами He⁺ до однакової дози за різних температур T° зразків. Проведено зіставлення спектрів термодесорбції гелію з покриттів W та Та для різних доз опромінення іонами He⁺ за однакової температури T°. Визначено значення концентрації та коефіцієнтів захоплення гелію у W- і Та-покриттях. Виявлено залежності виду їх спектрів термічної десорбції гелію в вакуум та утворення пошкоджень кристалічної решітки як від дози опромінення іонами He⁺, так і температури зразків при опроміненні. Запропоновано можливі механізми накопичення і термодесорбції гелію, а також утворення різних типів пошкоджень у W- і Та-покриттях внаслідок опромінення іонами He⁺ та їх відпаду. З'ясовано вплив утворених пошкоджень на їх структурні властивості та радіаційну стійкість.

ВИВЧЕННЯ ПЕРЕРІЗУ ЗБУДЖЕННЯ ІЗОМЕРНОГО СТАНУ 7/2⁺ ЯДРА ⁸²Se В РЕАКЦІЇ (γ,n) МЕТОДОМ ІЗОМЕРНИХ ВІДНОШЕНЬ ВИХОДІВ

В.М. Мазур, З.М. Біган, П.С. Деречкей, О.М. Поп

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Дана робота присвячена вивченню процесів збудження ізомерного стану 7/2⁺ у реакції ⁸²Se(γ,n)^{81m}Se. Вимірювання проведені в інтервалі максимальних енергій гальмівного гамма-спектру E_{γmax}=9,0...18,0 МеВ.

Одержаний експериментальний ефективний поріг реакції ⁸²Se(γ,n)^{81m}Se E_{эф}=(9,9±0,1) МеВ. Від порогу реакції (γ,n)^m ізомерне відношення виходів η=Y_m/(Y_m+Y_g) із ростом енергії E_{γmax} наростає і, виходячи на насичення, досягає в області E_{γmax}=18 МеВ значення 0,35 (тут Y_m і Y_g – відповідно виходи збудження ізомерного і основного станів).

Експериментальна залежність η=(E_{γmax}) апроксимувалась методом найменших квадратів кривою Больцмана: d=A+(B-A)/{1+exp[(E-E₀)/ΔE]}, де A, B, E₀ і ΔE – параметри. При цьому були одержані наступні значення параметрів: A = 0,3486, B = -0,1019, E₀ = 11,97 МеВ, ΔE = 1,824 МеВ.

Наявність повних фотонейтронних перерізів реакції ⁸²Se(γ,n)⁸¹Se [1] дозволяє, використовуючи η, одержати переріз реакції ⁸²Se(γ,n)^{81m}Se. Переріз має односторонню форму з максимумом σ_m=52,68 мб при енергії 16,0 МеВ.

Проведені теоретичні розрахунки перерізів реакції ⁸²Se(γ,n)^{81m}Se за допомогою програмного пакета TALYS – 1.9. Одержано задовільне узгодження розрахунків з експериментом.

1. A.V.Varlamov et al. Atlas of Giant Dipole Resonances (IAEA, INDC (NDS) – 394, Vinna, (1999).

ПЕРЕРІЗИ РЕАКЦІЙ МУЛЬТИШАНСОВОГО ПОДІЛУ ІЗОТОПІВ ПЛУТОНІЮ ²³⁶⁻²⁴⁴Pu ДЛЯ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ФОТОНІВ ДО 20 МеВ

І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, П.С. Деречкей, О.О. Парлаг

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Представлено результати симуляції повних перерізів реакцій (γ,F) та перерізів реакцій з попередньою емісією нейтронів ((γ,1nf), (γ,2nf), (γ,3nf)) при фотоподілі ізоотопів плутонію ²³⁶⁻²⁴⁴Pu в області енергій гігантського дипольного резонансу з використанням коду "Talys1.95" [1]. Отримані чисельні значення порогів

реакцій фотоподілу з попередньою емісією одного, двох і трьох нейтронів та встановлені границі області енергій мультишансового поділу ізотопів плутонію $^{236-244}\text{Pu}$.

Результати симуляції перерізів реакцій фотоподілу (γ, F) ізотопів плутонію $^{236-244}\text{Pu}$ узгоджуються з наявними експериментальними даними “EXFOR” [2] та “TENDL 2021” (що базується, як на розрахунках за замовчуванням, так і на скоригованих розрахунках Talys) [3]. Оцінки внеску реакцій мультишансового поділу у повний вихід реакції фотоподілу ізотопів плутонію $^{236-244}\text{Pu}$ узгоджуються з результатами розрахунків “GEF” – кодом [4].

1. https://tendl.web.psi.ch/tendl_2019/talys.html
2. <https://www-nds.iaea.org/exfor/>
3. https://tendl.web.psi.ch/tendl_2021/tendl2021.html
4. <http://www.khschmidts-nuclear-web.eu/GEF-2020-1-1.html>

Робота виконана у рамках проекту науково-дослідних робіт молодих учених НАН України (Державний реєстраційний номер - 0121U111832).

МОДЕЛЮВАННЯ ВИХОДІВ УЛАМКІВ ФОТОПОДІЛУ ІЗОТОПІВ ПЛУТОНІЮ $^{236-244}\text{Pu}$ ДЛЯ ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ПЕРШОГО ШАНСУ

I.B. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.О. Парлаг

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Представлено результати комп'ютерного моделювання виходів продуктів (до емісії та після емісії нейтронів з уламків) фотоподілу ізотопів плутонію $^{236-244}\text{Pu}$ для області енергій першого шансу (без попередньої емісії частинок подільними ядрами) із застосуванням “GEF” коду [1]. Розраховані спектри виходів продуктів у цілому відображають структуру масових розподілів існуючих експериментальних даних з бібліотек EXFOR [2] та ENDF [3]. Досліджено залежність впливу масових каналів поділу (SL - симетричного та SI, SII, SA асиметричних) на формування структури масових розподілів виходів уламків від енергії збудження для вказаних подільних ядер. Основний внесок у формування масових спектрів уламків вносять асиметричні канали SI і SII, що пов'язане з близькістю замкнених ядерних оболонок (сферичної $N = 82$ та деформованої $N = 88$ відповідно).

1. <http://www.khschmidts-nuclear-web.eu/GEF-2020-1-1.html>
2. <https://www-nds.iaea.org/exfor/>
3. <https://www-nds.iaea.org/exfor/endlf.htm>

Робота виконана у рамках проекту науково-дослідних робіт молодих учених НАН України (Державний реєстраційний номер - 0121U111832).

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ ДЕКАНАЛЮВАННЯ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОНІВ У КРИСТАЛІ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЇХ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ПЛОЩИННІЙ ОРІЄНТАЦІЇ

М.Ф. Шульга^{1,2}, В.І. Трутень^{1,2}

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

Проведено дослідження впливу процесу деканалювання релятивістських електронів з енергією до кількох гігаелектронвольт на спектральні характеристики їхнього випромінювання при падінні частинок на кристал уздовж однієї з кристалічних площин. Розгляд проведено на основі теоретичної моделі, в основу якої покладено чисельне моделювання процесу розсіювання та випромінювання релятивістських електронів у кристалі з урахуванням як когерентних, так і некогерентних ефектів у розсіянні.

Виконано аналіз залежності спектральних характеристик випромінювання від глибини проникнення частинок у кристали кремнію товщиною до кількох сотень мікрон при падінні частинок на кристал уздовж кристалічної площини.

Показано, що спектральні характеристики випромінювання суттєво залежать від товщини кристала та орієнтації падаючого пучка щодо кристалічних ланцюжків атомів, що утворюють площину. При цьому внесок у

випромінювання, пов'язаний з каналізованими частинками, практично зникає, починаючи з товщини декількох десятків мікрон.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДИФУЗІЇ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У КРИСТАЛІ ПРИ ПЛОЩИННОМУ КАНАЛЮВАННІ

М.Ф. Шульга^{1,2}, В.І. Трутень^{1,2}

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

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

Розглянуто процес перерозподілу пучка швидких заряджених частинок у кристалі по кутах розсіювання та поперечних зсувів частинок при падінні пучка вздовж однієї з кристалічних площин. Розгляд проведено на основі методу чисельного моделювання процесу руху частинок у кристалі з урахуванням некогерентних ефектів у розсіянні.

Обговорюються можливості прояву аномальних ефектів при розсіянні частинок у кристалі у цьому випадку.

Звертаємо увагу, що в задачі, що розглядається, середній квадрат кута розсіювання частинок пропорційний товщині кристала, у той час як середнє значення квадрата поперечного зміщення пропорційно товщині у третьому ступені. Така різниця обумовлена тим, що другий процес є процесом дифузії з пам'яттю [1].

1. Зеленый Л.М., Милованов А.В. Фрактальная топология и странная кинетика: от теории перколяции к проблемам космической электродинамики. УФ.

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИВЕДЕННЯ ЧАСТИНИ ПУЧКА НЕГАТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК З ПРИСКОРЮВАЧА ЗА ДОПОМОГОЮ ВИГНУТОГО КРИСТАЛА

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

При русі швидких заряджених частинок під малим кутом до однієї з головних кристалографічних осей або площин кристала виникають кореляції розсіювання частинок на сусідніх атомах. Існування таких кореляцій дає можливість змінювати напрямок руху заряджених частинок при їх проходженні через орієнтовані кристали. Проведено порівняння ефективності відхилення високоенергетичних негативно заряджених частинок зігнутим кристалом під час використання площинного каналювання [1] та стохастичного механізму відхилення [2]. Порівняння проведено на прикладі антипротонів з кінетичними енергіями від 1 до 14 GeV, які будуть доступними на прискорювачах Центру антипротонних та іонних досліджень (GSI FAIR). Порівняння показало, що обидва механізми відхилення дозволяють відхилити частину пучка антипротонів у вказаному діапазоні енергій на кути значно перевищують критичний кут площинного каналювання. При цьому число частинок, відхилених на такі кути, при використанні стохастичного механізму відхилення є значно більшим, ніж у разі площинного каналювання.

1. Tsyganov E.N. Preprint Fermilab. 1976. TM-682, TM-684.

2. Grinenko A.A., Shul'ga N.F. J. Exp. Theor. Phys. Lett. 1991. Vol. 54. P. 524.

ПРО ЗАЛЕЖНІСТЬ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ШВИДКИХ НЕГАТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ОРІЄНТОВАНОМУ КРИСТАЛІ ВІД ПРИЦІЛЬНОГО ПАРАМЕТРА

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

На основі чисельного моделювання досліджено розподіл іонізаційних втрат енергії негативно заряджених часток високої енергії, що рухаються в режимі площинного каналювання в кристалі кремнію. Розглянуто залежність цього розподілу від прицільного параметра частинок щодо атомних площин. Знайдено залежність найімовірніших іонізаційних втрат енергії частинок від прицільного параметра частинок. Показано, що для великої групи частинок найімовірніші іонізаційні втрати енергії при площинному каналюванні в кристалі нижче, ніж в аморфній мішені. Даний результат пояснює виявлену раніше [1] наявність другого (низькоенергетичного) максимуму в розподілі іонізаційних втрат енергії негативно заряджених каналюваних частинок на відміну від відомого розподілу Ландау з одним максимумом, характерного для аморфного середовища. Також виявлено широкий розкид значень найбільш ймовірних іонізаційних втрат часток при різних прицільних параметрах, що пояснює розширення розподілу іонізаційних втрат енергії частинок за їх площинного каналювання.

1. Trofymenko S.V., Kyryllin I.V. Eur. Phys. J. C. 2020. Vol. 80. P. 689 (1–6).

2. Trofymenko S.V., Kyryllin I.V., Shchus O.P. East. Eur. J. Phys. 2021. Vol. 4. P. 68–75.

ПРО ВЗАЄМОДІЮ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК З КРИСТАЛІЧНИМИ ПЛОЩИНАМИ АТОМІВ ТА КОРОТКИМИ ВУЗЬКИМИ ПУЧКАМИ УЛЬТРАРЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЧАСТИНОК

М.Ф. Шульга^{1,2}, В.Д. Корюкіна^{1,2}

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

У наведеній роботі досліджується розсіювання швидких заряджених частинок на кристалічній площині атомів та вузькому короткому пучку релятивістських частинок. Розгляд проводиться на підставі борнівського та ейконального наближень квантової електродинаміки.

Показано аналогію між зазначеними процесами. Відмінність між цими процесами пов'язана з тим, що у випадку пучків має місце далекодіючий потенціал, тоді як потенціал атомів кристала є екранованим. Досліджена можливість райдужного розсіювання при взаємодії швидких заряджених частинок з кристалічною площиною. Звертається увага на можливість

Секція 4. Фізика та техніка детекторів випромінювань

РЕЄСТРАЦІЯ КОНВЕРСІЙНИХ ЕЛЕКТРОНІВ У ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ ДЕТЕКТУЮЧОЮ СИСТЕМОЮ «Si-ПЛАНАРНИЙ ДЕТЕКТОР – МЕТАЛЕВИЙ Gd-КОНВЕРТЕР»

Г.П. Васильєв, С.К. Кіпріч, О.А. Каплій,
М.І. Маслов, В.Д. Овчинник, І.М. Шляхов, М.Ю. Шуліка, В.І. Яловенко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Досліджується можливість реєстрації системою «планарний неохолоджуваний кремнієвий детектор – металевий гадолінієвий конвертер» конверсійних електронів у широкому діапазоні енергій. Конверсійні електрони генеруються під час захоплення теплових нейтронів металевим гадолінієвим конвертером. Наведено результати експериментальних досліджень реєстрації в спектрометричному режимі конверсійних електронів у діапазоні енергій 30...200 кеВ. Для забезпечення можливості реєстрації низькоенергетичних електронів застосовується планарний детектор з активною областю 4 мм² та проведено оптимізацію електроніки спектрометричного тракту.

Вимірювання проводилися з використанням одноканальної та двоканальної спектрометричної системи. Двоканальна спектрометрична система автоматично віднімає фонове випромінювання для отримання реального розподілу енергії конверсійних електронів у разі складних умов фону. Одноканальні та двоканальні спектрометричні системи мають низькі характеристики власного фону, що дозволяє протягом тривалого часу в автоматичному режимі реєструвати конверсійні електрони.

ОПТИМІЗАЦІЯ СПЕКТРОМЕТРИЧНОГО ЗАРЯДОЧУТЛИВОГО ПОПЕРЕДНЬОГО ПІДСИЛЮВАЧА ДЛЯ РОБОТИ З КРЕМНІЄВИМИ ПЛАНАРНИМИ ДЕТЕКТОРАМИ

Г.П. Васильєв, С.К. Кіпріч, О.А. Каплій,
М.І. Маслов, В.Д. Овчинник, М.Ю. Шуліка, І.М. Шляхов, В.І. Яловенко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розроблено та створено малогабаритні спектрометричні зарядочутливі попередні підсилювачі (ЗЧПУ) для роботи у складі спектрометра рентгенівського та гамма-випромінювань у широкому інтервалі енергій. ЗЧПУ розраховані на роботу з кремнієвими планарними детекторами, що не охолоджуються. Детектори можуть мати площу активної області від 2x2 до 10x10 (і більше) мм. Залежно від площі детектора проведено оптимізацію ЗЧПУ для отримання максимально можливого енергетичного дозволу. Для детекторів 10x10 мм отримано енергетичну роздільну здатність 3,4 кеВ для енергії 60 кеВ. Застосування деталей для поверхневого монтажу дозволило зробити компактні модулі розміром 40x15 мм.

ПОШИРЕННЯ СТРИМЕРА ПРИ НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ, БЛИЗЬКОЇ ДО ПОРОГУ СТРИМЕРНОГО РЕЖИМУ

О. Болотов, Б. Кадолін, Д. Кудін, С. Маньковський, П. Опалєв, В. Остроушко, І. Пашченко, О. Поляков, Г. Таран, О. Замурієв, Л. Завада

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

У резистивних газових детекторах реєстрація мюонів та інших продуктів ядерних реакцій відбувається через утворення стримерів. Проведене числове моделювання поширення стримерів у газах з різним співвідношенням кисню та азоту при різних значеннях напруженості зовнішнього поля. Наближення процесу поширення стримера до стаціонарного супроводжується спадними коливаннями, збудженими відміною початкового розподілу електронів та іонів від того, який відповідає стаціонарному поширенню стримера у полі даної напруженості. При зменшенні напруженості та наближенні її до порогу стримерного режиму загасання коливань значно уповільнюється. Розглянуто спрощену модель розвитку іонізації перед верхівкою стримера при його поширенні та отримано наближені співвідношення, які пов'язують швидкість стримера з напруженістю зовнішнього поля та дають значення напруженості, при якому стример зупиняється.

STREAMER PROPAGATION AT THE FIELD STRENGTH NEAR TO THRESHOLD OF STREAMER MODE

O. Bolotov, B. Kadolin, D. Kudin, S. Mankovskyi, P. Opalev, V. Ostroushko, I. Pashchenko, O. Poliakov, G. Taran, O. Zamuriev, L. Zavada

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

In the resistive gaseous detectors, a registration of muons and other products of nuclear reactions takes place due to streamer formation. Numerical simulations of streamer propagation are carried out in gases with different ratios of oxygen and nitrogen at different values of external field strength. Approach of a streamer propagation process to a stationary one is accompanied with the dumping oscillations, excited by the difference of the initial distribution of electrons and ions from the one corresponding to the stationary streamer propagation in the field with the given strength. With the strength decrease and its approach to the threshold of the streamer mode the oscillation dumping is significantly slowed down. The simplified model of the ionization process development in front of the streamer head during its propagation is considered and approximate relations are obtained, which connect the streamer velocity with the external field strength and give the strength value, at which the streamer stops.

НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ДЕТЕКТОР З ПЛАВНО КЕРОВАНОЮ ТОВЩИНОЮ ЗБІДНЕНОГО ШАРУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІОНІЗАЦІЙНИХ ВТРАТ ЧАСТИНОК, ЩО КАНАЛЮЮТЬ У КРИСТАЛІ

О.В. Щагін

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

В експериментах, наприклад [1], не було виявлено різниці між іонізаційними втратами негативно заряджених релятивістських частинок каналюючих і не каналюючих в товстому кристалі. Але автори [2] передбачають суттєву різницю в кристалі товщиною порядку довжини деканалювання.

Ми пропонуємо провести експериментальне дослідження іонізаційних втрат та довжини деканалізації, застосовуючи Si-детектор з плавно керованою товщиною збідненого шару. Такий детектор був запропонований [3] і використовувався для вимірювання іонізаційних втрат 1 MeV електронів [3] і 50 GeV протонів [4]. Дані по еволюції розподілу іонізаційних втрат частинок, що каналюють, при плавній зміні товщини збідненого шару, в якому вимірюються іонізаційні втрати, дозволили б перевірити теорію і визначити довжину деканалювання [2].

1. Д.И. Адейшвили и др. Ядерная Физика 40 (1984) 318-325).
2. S.V. Trofymenko, I.V. Kyryllin, The European Physical Journal C 80.7 (2020).
3. A.V. Shchagin et al., NIM B 387 (2016): 29-33.
4. R.M. Nazhmudinov et al., NIM B 391 (2017): 69-72.

SEMICONDUCTOR DETECTOR WITH SMOOTHLY TUNABLE THICKNESS OF DEPLETED LAYER FOR RESEARCH OF IONIZATION LOSS OF PARTICLES CHANNELING IN CRYSTAL

A.V. Shchagin

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

In the experimental studies, see, e.g., [1] a difference between the ionization loss of channeling and non-channeling negatively charged relativistic particles in a thick Si crystalline detector was not observed. However, authors of [2] predict the sufficient difference if the crystal thickness is comparable to the de-channeling length.

Here, we propose to perform experimental research of ionization loss and de-channeling length of relativistic particles with use of the Si detector with smoothly tunable thickness of the depleted layer. Such detector was proposed in [3] and has been used in measurements of ionization loss of 1 MeV electrons [3] and 50 GeV protons [4]. Data on the evolution of the distribution of the ionization loss of channeling particles at the variation of the depleted layer thickness

(in which the ionization loss are measured) would allow to check the theory and to determine the de-channeling length [2].

1. D.I. Adeyshvili et al, Journal of Nuclear Physics 40 (1984) 318-325.
2. S.V. Trofymenko, I.V. Kyryllin, The European Physical Journal C 80.7 (2020).
3. A.V. Shchagin et al., NIM B 387 (2016): 29-33.
4. R.M. Nazhmudinov et al., NIM B 391 (2017): 69-72.

ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНЕ ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ДЕТЕКТОРІВ ТЕМНОЇ МАТЕРІЇ ТА НЕЙТРИНО

О.В. Щагін

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

При калібруванні детекторів темної матерії та детекторів нейтрино [1] у скінтілятор тимчасово вводять AmBe джерело нейтронів для продукування ядер віддачі [2]. Таке джерело зазвичай складається із суміші порошків ^{241}Am і Be і випромінює безперервно. В [3] для калібрування пропонувалося піроелектричне джерело нейтронів. У цій роботі ми пропонуємо дистанційно-кероване джерело нейтронів. Альфа-джерело, наприклад, ізотоп ^{241}Am , розташовується на поверхні підкладки, а легкий елемент, наприклад Be, виготовлений у вигляді окремої пластини. Дистанційне включення джерела нейтронів виконється при зближенні поверхонь ізотопу на підкладці і Be, а його виключення – при розведенні поверхонь ізотопу і Be. Керувати джерелом можна також введенням тонкої пластини-поглинача альфа-частинок між нерухомими поверхнями ізотопу та Be. Таке джерело можна постійно зберігати в скінтіляторі детектора і дистанційно включати його для калібрування при необхідності.

1. А. Е. Бондарь и др., Вестник НГУ. Серия Физика. 8 (2013) 27.
2. P. Agnes et al., (DarkSide Collaboration), JINST 12 (2017): T12004.
3. A.S. Chepurnov et al., Journal of Physics: Conference Series 675 (2016) 032031.

REMOTE CONTROLLED NEUTRON SOURCE FOR CALIBRATION OF DARK MATTER AND NEUTRINO DETECTORS

A.V. Shchagin

NSC “Kharkov Institute of Physics and Technology” NAS Ukraine

At a calibration of dark matter or neutrino detectors [1], an AmBe source of neutrons is usually temporary introduced into a scintillator of the detector for production of recoil nuclei [2]. Such sources usually consist of mixture of powders of ^{241}Am и Be and emit neutrons continuously. A pyroelectric neutron source for calibration of the detectors has been proposed in [3].

Here, we propose remote controlled neutron source. A layer of isotope source of alpha particles, for instance ^{241}Am , is deposited on the surface of a substrate. A low-zeta element, for instance Be, is produced as a separate plate. The neutron source is turned on when the surfaces of Am and Be approach each other. The neutron source is turned off when the surfaces are separated in space. Besides, remote control is possible inserting a thin absorbing alpha particles plate between immovable surfaces of Am and Be. Such remotely controlled neutron source can be permanently installed in the scintillator and switched on remotely for calibration of the detector as needed.

1. A.E. Bondar et al., Vestnik of NSU: Physics Series 8 (2013) 27 (in Russian).
2. P. Agnes et al., (DarkSide Collaboration), JINST 12 (2017): T12004.
3. A.S. Chepurnov et al., Journal of Physics: Conference Series 675 (2016) 032031.

ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ НА ВИХОДІ ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ ЛУЕ-40

В.В. Митроченко¹, О.А. Безшейко², Л.А. Голинка-Безшейко², С.А. Пережогин¹, Л.И. Селиванов¹, В.Ф. Жигло¹, В.А. Кушнір¹

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

²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна

Більшість нових експериментів та модернізація відомих експериментів у фізиці високих енергій потребують розробки нового радіаційно-стійкого обладнання на основі пробних та радіаційних випробувань. Новий люмінометр PLUME відіграватиме важливу роль у роботі ЛНСб при запуску 3. Компоненти PLUME працюватимуть у жорстких радіаційних умовах – до 200 кГр гамма-випромінювання та до 10^{14} н/см² флюенсу нейтронів, що потребує ретельного вивчення зміни їх характеристик під опроміненням. З цією метою на виході прискорювача електронів ЛУЕ-40 створено джерело нейтронів на базі електрон-нейтронного конвертера. У доповіді описано конструкцію конвертера, результати теплових розрахунків та моделювання з використанням пакету GEANT4. Коефіцієнт конверсії Np/Ne при енергії електронів 80 МеВ перевищує $5 \cdot 10^{-3}$. Описаний пристрій застосовувався при радіаційних випробуваннях оптичних елементів PLUME люмінометра в умовах, близьких до умов експлуатації.

Роботу підтримано грантом, виділеним Національною академією наук України в рамках Цільової програми наукових досліджень «Участь у новітніх міжнародних проєктах з фізики високих енергій та ядерної фізики» (договір № Ц-3/35-2021).

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКАБЕЛІВ МАЛОЇ ЄМНОСТІ ДЛЯ НОВІТНЬОГО ДЕТЕКТОРА STRASSE

В.М. Боршов¹, І.Т. Тимчук¹, М.А. Проценко¹, М.І. Маслов², О.В. Суддя^{1,3}

¹ТОВ «Науково-виробниче підприємство «ЛТУ», м. Харків;

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

³Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків

STRASSE (Silicon TRacker for Spectroscopy at SAMURAI Experiments) – це новий детекторний пристрій для спектроскопії високої роздільної здатності, для досліджень на прискорювальному комплексі RIBF у центрі науки прискорювачів RIKEN у м. Нішіна (Японія). Особливістю детектору STRASSE є його компактна об'ємна геометрія для суміщення з гамма-матрицями.

Одним з завдань для створення детектору STRASSE є розробка та створення легких та гнучких елементів комутації (мікрокабелів) для забезпечення необхідного об'ємного компонування та електричного з'єднання компонентів детектору. При цьому, враховуючи вимоги щодо ємності детектору та його компонентів, елементи комутації повинні забезпечувати міжстрипову ємність, що не перевищує 0,33 пФ/см.

У тісній співпраці з фахівцями Технічного Університету Дармштадту (Німеччина), було розроблено, виготовлено та досліджено прототипи легких гнучких багат шарових мікрокабелів, які реалізовано з застосуванням безадгезивних лакофольгових алюміній-поліімідних діелектриків з товщиною провідного алюмінієвого шару 14...15 мкм, для яких отримано величини міжстрипової ємності в межах 0,17...0,22 пФ/см, що дозволяє їх застосування при подальших дослідженнях та створенні детектору STRASSE та його компонентів.

СТВОРЕННЯ РАДІАЦІЙНО СТІЙКИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНАТІВ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

А.В. Креч¹, Д.О. Кофанов¹, О.М. Окрушко¹, І.Ф. Хромюк¹, С.У. Хабусева²

¹Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків;

²ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України, м. Харків

На сьогодні кристали LuAG:Ce є одними з найпоширеніших сцинтиляторів, оскільки вони відомі вже багато часу та існують технології масового виробництва великих об'ємних кристалів. Один із способів покращити сцинтиляційні властивості це створення змішаних кристалів шляхом заміщення одних іонів іншими з близьким іонним радіусом. Так нами були вирощені змішані кристали LuYAG:Ce з різним співвідношенням Y/Lu.

Результати досліджень сцинтиляційних характеристик показали наступне:

- 1) Найбільший світловий вихід спостерігається для кристалів які мають 25% Lu.
- 2) Після відпаду світловий вихід зазначених кристалів збільшується від 1,5 до 2,5 разів.
- 3) Не зважаючи, на високий світловий вихід кристали з Y мають значний час згасання, тобто найкращий результат за швидкістю серед цих кристалів спостерігається для кристалів LuAG:Ce.

Відомо, що при содопіюванні оксидних сцинтиляційних кристалів двовалентними іонами лужноземельних металів значно зменшується час згасання. Тому нами були вирощені кристали YAG:Ce,Ca із різним відношення активаторів.

Дослідження сцинтиляційних характеристик таких кристалів, показали, що так само як і LuYAG:Ce після відпаду світловий вихід збільшується майже у 2 рази, а час згасання зменшується до 60 нс. Отже такі кристали показали перспективність їх використання для створення композиційних сцинтиляторів.

НОВИЙ ПІДХІД ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛКРИСТАЛІЧНОГО СЦИНТИЛЯТОРА НА ОСНОВІ N- ТЕРФЕНИЛА

Я.І. Полупан, І.В. Лазарев, Е.В. Мартиненко, С.В. Махота, С.С. Міненко

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків

Органічні сцинтилятори відрізняються багатьма особливостями, які визначають їхнє застосування в широкому практичному діапазоні завдань. Низька щільність і мала атомна маса мінімізують помилки, зумовлені зворотним розсіюванням електронів, що робить органічні сцинтилятори високоефективними матеріалами при реєстрації заряджених короткопробіжних частинок. Важливою перевагою є короткий час висвічування ($3 \cdot 10^{-8}$ с). В останні два десятиліття були розроблені органічні полікристалічні сцинтилятори ефективні для реєстрації короткопробіжного випромінювання, які, на відміну від крихких монокристалів, допускають більше можливостей для механічної обробки та дозволяють виготовляти детектори складної форми. Вихідним матеріалом для одержання цих сцинтиляторів були гранули, отримані кріогенним дробленням кристалічного злитка або платівки, отримані перекристалізацією з органічного розчинника. У цій

роботі запропоновано новий похід отримання вихідного матеріалу для полікристалічних сцинтиляторів на основі п-терфенілу та представлені їх сцинтиляційні та оптичні характеристики. Вихідний матеріал являє собою кристалічний злиток, вирощений на рідкофазній підкладці у процесі зонного очищення сировини. Можливість отримання зливка без розколів, що проходять площиною спаяності, пояснюється особливістю кристаліграфічної структури молекулярного кристала п-терфеніла.

РОЗТРИСКУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ У ЗОНІ ОПРОМІНЕННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ

А.В. Креч¹, А.Ю. Бояринцев¹, Я.В. Герасімов¹, Т.Є. Горбачова¹, Н.Л. Караваєва¹, Л.Г. Левчук², В.П. Попов²

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

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

У наших попередніх роботах було показано, що композиційні сцинтилятори на основі гранул неорганічних монокристалів можуть почати тріскатися після накопичення значних доз радіації. Ми запропонували та описали можливі основні причини появи тріщин. Згідно з цією роботою, композиційні сцинтилятори можуть тріскатися після опромінення з таких основних причин:

- 1) Вплив температури на зразок в зоні опромінення.
- 2) Вплив агресивних компонентів атмосфери (радіохімічні процеси).

Можлива також одночасна дія цих факторів (синергетичний ефект).

Перша причина пов'язана з опроміненням потужністю дози 1500 Мрад/год. У цьому випадку поглинається велика кількість енергії, що призводить до значного нагрівання композиційних сцинтиляторів. Це може призвести до розтріскування композиційних сцинтиляторів на межі розділу між гранулами та гель-композицією.

Другий випадок характерний для опромінення потужністю дози 0,2 Мрад/год і пов'язаний з радіаційним ефектом іонізації повітря. Оскільки опромінення відбувається в присутності повітря, в зоні опромінення можуть утворюватися хімічно активні сполуки.

Процес опромінення композиційних сцинтиляторів відбувається в навколишній атмосфері. Як зазначалося вище, ми опромінювали сцинтилятори при низькому ($(0,2 \pm 0,01)$ Мрад/год) або високому ((1500 ± 5) Мрад/год) темпі опромінення. У першому випадку це був потік, переважно гальмівних фотонів. У другому випадку поверхня зразків безпосередньо опромінювалась електронами.

У цій роботі аналізуються дві основні гіпотези, що описують розтріскування композиційних сцинтиляторів у зоні опромінення. Це «температурна» та «радіаційно-хімічна» гіпотези розтріскування. Аналіз базується на експериментальних даних, отриманих при опроміненні сцинтиляторів, та результатах модельних хімічних експериментів.

CRACKING OF COMPOSITE SCINTILLATORS IN THE IRRADIATION ZONE OF THE ELECTRON ACCELERATOR

A.V. Krech¹, A.Yu. Boyarintsev¹, Ya.V. Gerasymov¹, T.E. Gorbacheva¹, N.L. Karavaeva¹, L.G. Levchuk², V.F. Popov²

¹*Institute for Scintillation Materials, NASU, Kharkiv;*

²*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology", Ukraine*

In our previous works in this series, composite scintillators based on grains of inorganic single crystals can begin to crack after the accumulation of significant radiation doses. We proposed and described the possible main reasons for the appearance of cracks. According to this work, composite scintillators can crack after irradiation for the following main reasons:

- 1) The effect of temperature on the sample in the irradiation zone.
- 2) The influence of aggressive atmospheric components (radiochemical processes).

The simultaneous action of these factors (synergistic effect) is also possible.

The first reason is related to the irradiation with the dose rate of 1.500 Mrad/h. In this case, a large amount of energy is absorbed, which leads to the significant heating of composite scintillators. This can lead to cracking of the composite scintillators at the interface between the grains and the gel composition.

The second case is typical for irradiation at the dose rate of 0.2 Mrad/h and is associated with the radiation effect of air ionization. Since irradiation occurs in the presence of air, chemically active compounds may form in the irradiation zone.

The process of irradiation of composite scintillators takes place in the surrounding atmosphere. As noted above, we irradiated scintillators with either a low ((0.2 ± 0.01) Mrad/h) or high ((1.500 ± 5) Mrad/h) dose rate. In the first case, it was a flux, mainly of bremsstrahlung photons. In the second case, the electron beam directly scanned the sample surface.

In this work analyses two main hypotheses describing the cracking of composite scintillators in the irradiation zone. This is the "temperature" and "radiation-chemical" hypothesis of cracking. The analysis is based on experimental data that we obtained by irradiating scintillators and the results of model chemical experiments.

ОРГАНІЧНІ ГЕТЕРОСТРУКТУРОВАНІ СЦИНТИЛЯТОРИ ІЗ ВИСОКОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО РОЗДІЛЕННЯ ЗА ФОРМОЮ ІМПУЛЬСУ ДЛЯ ЗАДАЧ РАДІОЕКОЛОГІЇ

І.Ф. Хромюк

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків

Відносно нещодавно було розроблено новий тип сцинтиляційного матеріалу - композиційні сцинтилятори. Це несцинтиляційна гелева композиція, що містить монокристалічні зерна. Це дозволяє уникнути обмеження площі реєструючої поверхні, що характерне для монокристалів, виключає процес вирощування монокристалу та його механічної обробки, яка веде до втрат сировини. На відміну від органічних монокристалів і рідин ці матеріали є не суцільними середовищами, а гетероструктурованими. Добре відома здатність монокристалів та рідин відокремлювати сигнали від випромінювань з різними питомими втратами енергії dE/dx . Така інформація про гетероструктуровані сцинтиляційні матеріали, для яких розмір зерна може обмежувати міграцію Т-станів, практично відсутня.

Обговорюються результати дослідження спектрів фотолюмінесценції, відносного світлового виходу та оптичного пропускання одношарових композиційних сцинтиляторів, що містять зерна п-терфенілу (як активованого, так і неактивованого) і транс-стильбену. Використовувалися зерна фракцій від 0,06 до 1 мм. З'ясовано, що для розділення випромінювань з різними dE/dx за формою імпульсу радіолюмінесценції доцільно використовувати фракції зерна більше 0,3 мм. Також обговорено фізичні процеси, які можуть призвести до таких результатів.

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

ДЕТЕКТОРИ ТИПУ СЦИНТИЛЯТОР – ФОТОДІОД ДЛЯ ДВОЕНЕРГЕТИЧНОЇ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ АБСОРБЦІОМЕТРІЇ

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

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м. Харків

Робота присвячена проблемі створення детекторів типу сцинтилятор – фотодіод (СЦ-ФД) для реєстрації рентгенівського та гама випромінювання у двох енергетичних діапазонах. Для реалізації методу двоенергетичної рентгенівської абсорбціометрії в радіографічних системах протидії тероризму та медичної діагностики, зазвичай, використовують лінійки детекторів типу СЦ-ФД. У роботі порівнюються два методи отримання даних про ослаблення рентгенівського випромінювання у двох енергетичних діапазонах. Перший метод базується на використанні енергоселективних властивостей двоенергетичної лінійки детекторів. Другий – на роздільному отриманні радіографічних зображень з використанням різних спектрів джерела рентгенівського випромінювання. Для кожного з цих методів проаналізовано особливості використання різних сцинтиляційних матеріалів (ZnSe, CWO, GOS, CsI, тощо).

Проведено порівняння трьох методів обробки сигналів двоенергетичних детекторів типу СЦ-ФД для характеристики матеріалів об'єкту контролю. Показано, що за певних умов, двоенергетична рентгенівська абсорбціометрія дозволяє характеризувати досліджувані матеріали за масовим коефіцієнтом ослаблення, який не залежить від товщини та щільності матеріалу. Наведено дво- та триенергетичні радіографічні зображення біологічних об'єктів контролю.

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

<https://doi.org/10.46813/2021-133-111>

Секція 5. Дослідження та розробки прискорювачів і накопичувачів заряджених частинок

УМОВА ЗБІЛЬШЕННЯ ЧАСУ ПРИСКОРЕННЯ САМОІНЖЕКТОВАНОГО ЗГУСТКА МАКСИМАЛЬНИМ КІЛЬВАТЕРНИМ ПОЛЕМ

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

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

Розглянуто прискорення самоінжектіваного електронного згустка кильватерним полем, яке збуджується лазерним імпульсом у плазмі в нелінійному режимі. Когерентність максимального прискорюючого поля та згустку, який прискорюється, порушується у процесі прискорення (див. [1]). Розглядається умова тривалої підтримки синхронізму максимального прискорюючого поля та прискорюваного згустку та збільшення амплітуди прискорюючого поля у процесі прискорення. Дослідження проводилося шляхом числового моделювання з використанням програми UMKA [2].

1. Maslov V.I. et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. A. 829 (2016) 422.

2. Dudnikova G.I. et al. Comp. Techn. 10 (2005) 37.

Дослідження виконано в рамках проекту № 2020.02/0299 Національного фонду досліджень України «Підтримка досліджень провідних та молодих учених».

CONDITION FOR INCREASING THE ACCELERATION TIME OF A SELF-INJECTED BUNCH BY THE MAXIMUM ACCELERATING GRADIENT

D.S. Bondar^{1,2}, V.I. Maslov^{1,2}, I.N. Onishchenko¹

¹NSC “Kharkov Institute of Physics and Technology” NAS Ukraine;
²V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

The self-injected electron-bunch acceleration by wakefield, excited by laser pulse in plasma in blowout regime, is considered. The coherence of the maximum accelerating gradient and witness-bunch is broken during acceleration (see [1]). The condition of long-term maintenance of synchronism between the maximum accelerating gradient and the accelerated bunch and an increase in the amplitude of the accelerating field during acceleration is considered. The study was carried out by numerical simulation using the code UMKA [2].

1. Maslov V.I. et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. A. 829 (2016) 422.

2. Dudnikova G.I. et al. Comp. Techn. 10 (2005) 37.

The study is supported by the National Research Foundation of Ukraine under the program “Leading and Young Scientists Research Support” (project agreement # 2020.02/0299).

ОДНОРІДНЕ ПРИСКОРЮЮЧЕ КІЛЬВАТЕРНЕ ПОЛЕ ПРИ ЙОГО ЗБУДЖЕННІ ДОВГИМ ЕЛЕКТРОННИМ ЗГУСТКОМ

В.І. Маслов^{1,2}, Р.Т. Овсянніков², І.П. Левчук¹, І.М. Онищенко¹

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

Крім досягнутих в експериментах багатогігаелектронвольтних електронів при прискоренні кильватерним полем необхідний їхній малий енергетичний розкид. Для цього необхідно однорідне прискорююче кильватерне поле під час прискорення (див. [1, 2]). Розглядається випадок збудження кильватерного поля довгим електронним згустком для збільшення енергетичного запасу згустку, який збуджує кильватерне поле. Отримано умови забезпечення однорідного прискорюючого кильватерного поля під час прискорення, використовуючи моделювання кодом частинки в комірці LCODE. Ми кількісно оцінили вплив щільності інжектіваного згустку на утворення однорідного прискорюючого кильватерного поля в нелінійному режимі.

1. Katsouleas T. et al. Particle Accelerators. 22 (1987) 81.

2. Maslov V.I. et al. Problems of Atomic Science and Technology. 6 (2020) 47.

Дослідження виконано в рамках проекту № 2020.02/0299 Національного фонду досліджень України «Підтримка досліджень провідних та молодих учених».

HOMOGENEOUS ACCELERATING WAKEFIELD AT ITS EXCITATION BY LONG ELECTRON DRIVE-BUNCH

V.I. Maslov^{1,2}, R.T. Ovsiannikov², I.P. Levchuk¹, I.N. Onishchenko¹

¹*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;*

²*V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

In addition to the multi-GeV electrons, achieved in experiments on wakefield acceleration, their small energy spread is required. For this homogeneous accelerating wakefield is necessary during acceleration (see [1, 2]). The case of wakefield excitation by long electron drive-bunch is considered to increase the energy reserve of the driver. Conditions of homogeneous accelerating wakefield support during acceleration received, using simulation with the particle-in-cell code LCODE. We quantified the effect of the injected bunch density on the homogeneous accelerating wakefield formation in the blowout regime.

1. Katsouleas T. et al. Particle Accelerators. 22 (1987) 81.

2. Maslov V.I. et al. Problems of Atomic Science and Technology. 6 (2020) 47.

"This work is supported by National Research Fundation of Ukraine "Leading and Young Scientists Research Support", grant agreement # 2020.02/0299."

ВИСОКИЙ КОЕФІЦІЄНТ ТРАНСФОРМАЦІЇ, ОДНОРІДНІ ПРИСКОРЮЮЧЕ ТА УПОВІЛЬНЮЮЧЕ КІЛЬВАТЕРНІ ПОЛЯ В ПЛАЗМОВОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ

V.I. Маслов^{1,2}, Р.Т. Овсянніков², І.П. Левчук¹, І.М. Онищенко¹

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

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

Максимальна енергія прискорених частинок у кільватерному прискорювачі визначається так званим коефіцієнтом трансформації $TR=E_{ac}/E_{dec}$ (див. [1-3]), відношенням максимального поля E_{ac} прискорення всередині згустку прискорюваних електронів до максимального поля уповільнення E_{dec} всередині згустку, який уповільнюється. Використовуючи код 2d3v lcode [4], проведено числове моделювання збудження кільватерного поля в плазмі в нелінійному режимі релятивістським електронним згустком, забезпечуючи однорідне прискорювальне та уповільнююче кільватерні поля та високий коефіцієнт трансформації.

Показано, що більшому TR відповідає менший заряд згустку, що прискорюється.

1. Baturin S. S., Zholents A. Phys. Rev. ST Accel. Beams. 20 (2017) 061302.

2. Massimo F., Marocchino A., Ferrario M. et al. NIMA. 740 (2014) 242.

3. Maslov V.I. et al. Problems of Atomic Science and Technology. 4 (2012) 128.

4. Lotov K.V. Phys. Plasmas. 5 (1998) 785.

Дослідження виконано в рамках проекту № 2020.02/0299 Національного фонду досліджень України «Підтримка досліджень провідних та молодих учених».

HIGH TRANSFORMER RATIO, HOMOGENEOUS ACCELERATING AND DECELERATING WAKEFIELDS IN PLASMA ACCELERATOR

V.I. Maslov^{1,2}, R.T. Ovsiannikov², I.P. Levchuk¹, I.N. Onishchenko¹

¹*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;*

²*V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

The maximum energy of accelerated particles in wakefield accelerator is determined by the so called transformer ratio $TR=E_{ac}/E_{dec}$ (see [1-3]) of the maximum accelerating field inside the witness-bunch E_{ac} to the maximum decelerating field inside the drive-bunch E_{dec} . Using the 2d3v code lcode [4], we performed numerical simulation of excitation of a wakefield in a plasma in blowout regime by a shaped relativistic electron bunch, providing homogeneous accelerating and decelerating wakefields and high transformer ratio.

It is shown that a larger TR corresponds to a smaller charge of witness-bunch.

1. Baturin S. S., Zholents A. Phys. Rev. ST Accel. Beams. 20 (2017) 061302.

2. Massimo F., Marocchino A., Ferrario M. et al. NIMA. 740 (2014) 242.

3. Maslov V.I. et al. Problems of Atomic Science and Technology. 4 (2012) 128.

4. Lotov K.V. Phys. Plasmas. 5 (1998) 785.

"This work is supported by National Research Fundation of Ukraine "Leading and Young Scientists Research Support", grant agreement # 2020.02/0299."

QUADRUPOLE LENSES WITH PERMANENT MAGNETS

V.A. Bovda, A.M. Bovda, I.S. Guk, V.N. Lyashchenko, A.O. Mytsykov, L.V. Onischenko

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

The earlier concept of quadrupole lenses on the base of permanent magnets was introduced by K. Halbach [1]. The original design of the quadrupole allowed to change the focusing properties within the wide range [2]. Much research in recent years has been aimed at the quadrupoles for the particular model of accelerators [3]. The key advantages of permanent magnet-based construction are the low electricity consumption under the constant load of the accelerator and the high gradient focusing field with the aperture.

This review covered the design of the modern quadrupole lenses and methods for changing the field strength in the accelerating systems.

Various approaches for the compensation of the deviation of magnetic properties under the influence of ambient temperature were considered. The radiation resistance of magnetic materials underexpose is one of the most important features that should be taken into account when developing specific lens designs.

1 K. Halbach, "Design of permanent multipole magnets with oriented rare earth cobalt material", Nucl. Instrum. Methods, vol. 169, pp. 1-10, 1980.

2 B. Feinberg, J. Tanabe, K. Halbach, G. Koehler, and M.I. Green Adjustable rare earth quadrupole drift tube magnets, 1987 Particle Accelerator Conference, Washington, DC, March 16-19, 1987.

3. B. J. A. Shepherd Permanent magnets for accelerators, in Proc. 11th Int. Particle Acc. Conf., IPAC2020, Caen, France, p.6-10.

ПРОЕКТ ПРИСТРОЮ ІЗ СТРУКТУРОЮ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА ЛАЗЕРНОМУ ІМПУЛЬСІ

Г.О. Кривоносов

ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Методом чисельного моделювання проведено розрахунки щодо апробації працездатності запропонованого пристрою. Пристрій складається із двох рядів перетворювачів лазерного імпульсу. Перший ряд утворений з відбивачів електромагнітної хвилі та просвітів, другий ряд – відбивачів та поглиначів. Відбивачі другого ряду розташовані проти просвітів першого ряду. Просвіти виконані для проходження частини хвилі до другого ряду. Плоска електромагнітна падає на ряди перпендикулярно. Надається математичний опис процесу прискорення в запропонованому пристрої. Є задовільний збіг значень β між методом чисельного моделювання та математичним описом процесу прискорення електронів. Пристрій дозволяє прискорювати електрони з темпом прискорення 50 MeV/m. Визначено величину зсуву Федорова при відображенні лазерного імпульсу від твердої поверхні, що дорівнює $\approx 0.049 \mu\text{m}$.

ОСОБЛИВОСТІ РАДІАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ІЗ НАДМАЛИМИ СТРУМАМИ НА МІКРОТРОНІ М-30

М.І. Романюк, Й.Й. Гайніш, Г.Ф. Пітченко,

М.О. Турховський, І.Г. Мегела, О.А. Тарнай, В.Т. Маслюк

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Існує ряд прикладних задач по формуванню та контролю надмалих, із щільністю потоків $10^6 \dots 10^8 \text{ ел./}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ радіаційних полів прискорених електронів для задач калібрування детекторної апаратури та радіаційних випробувань. Проблемою є контроль цих параметрів на площі опромінення, який здійснюється опосередковано через значення струму в діапазоні 0,05...0,2 мкА на виході прискорювача електронів.

У даній доповіді розглянуто практику таких експериментів на мікротроні М30, який є прикладом циклічного прискорювача електронів зі змінною кратністю прискорення та рухом по колах все більшого радіусу. Силовий блок М30 генерує імпульси потужністю 9 МВт, тривалістю – 0,2...0,3 мкс, прогальністю – 3300...5000. Сам імпульс М-30 складається із згустків електронів, які слідуєть один за одним з частотою 3200 МГц і тривалістю 30 пс. Висока моноенергетичність пучка електронів в діапазоні 4...18 MeV та можливість зміни їх струмів у діапазоні 0,1...50 мкА роблять його перспективним для метрологічних досліджень та розробки регламентів радіаційних технологій. Проте в області над малих струмів та щільностей електронів М-30 радіаційний експеримент має свої особливості, пов'язані із пульсуючим та стохастичним характером потоку частинок, їх фокусуванням. Обговорюються результати таких експериментів в діапазоні енергій 12,5 MeV та над малих струмів М-30.

Секція 6. Комп'ютерні технології у фізичних дослідженнях

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНОГО КОНТЕЙНЕРА УЗЗК ПРИ ДОВГОТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ РАВ

Є.В. Рудичев^{1,2}, С.І. Прохорець¹, М.А. Хажмурадов¹

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

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

Для універсального захисного залізобетонного контейнера (УЗЗК) було проведено моделювання радіаційного випромінювання, поглиненої енергії та радіаційних ушкоджень. Представлені тривимірні розподіли питомих фізичних величин всередині контейнера УЗЗК для випадку звичайного ($\rho \approx 2,3 \text{ г/см}^3$) та спеціального ($\rho = 3,5 \dots 5,5 \text{ г/см}^3$) бетонів у якості матеріалів УЗЗК. Отримані результати свідчать, що при довготривалому зберіганні РАВ та ВЯП концепція вибору матеріалу для утворення захисних бар'єрів буде істотно відрізнятися при постановці задачі відносно мінімізації радіаційного навантаження персоналу, або при мінімізації радіаційних ушкоджень матеріалу контейнерів зберігання ВЯП чи РАО. Запропоновано концепцію підвищення ефективності контейнера УЗЗК з урахуванням можливості заповнювання внутрішній простір УЗЗК сольовим плавом, який буде формувати додатковий захисний бар'єр, радіаційну стійкість якого забезпечено властивостями рідини РРВ.

ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІЛЬНИХ НЕЙТРОНІВ ДЛЯ НЕЙТРОННОЇ РАДІОГРАФІЇ

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розглянуто методи одержання повільних нейтронів для нейтронної радіографії (НР). Найбільш перспективним є використання джерел нейтронів на базі прискорювачів. Найчастіше для цього використовують прискорювачі протонів та електронів. Використання останніх має переваги через більш високу інтенсивність пучку електронів, відносно низьку вартість, наявність в Україні (зокрема, в ННЦ ХФТІ) сильноточних лінійних прискорювачів електронів, можливість використання цієї ж установки для гамма-радіографії. Наведено результати моделювання потоку нейтронів на виході системи формування НР-установки та у місці розташування об'єкту дослідження, а також поза свинцевим фільтром на виході із коліматору.

АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

С.О. Мартинов, В.П. Лукьянова, М.А. Хажмурадов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Пошук оптимального рішення в задачах проектування складних технічних систем, а саме замкнутої магнітної системи, як при багатокритеріальній оптимізації, так і при врахуванні випадкових факторів є рішенням детермінованої задачі нелінійної оптимізації. Запропоновано алгоритм знаходження цільової функції, що дозволяє здійснити векторний синтез замкнутої магнітної системи. Показано, що існує оптимальна кількість параметрів, які необхідно враховувати і які визначають досконалість характеристик магнітної конфігурації.

ВИКОРИСТАННЯ МОД ФЛОКЕ ДЛЯ АНАЛІТИЧНОГО ОПИСУ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА ТЕЧІЇ ПУАЗЕЙЛЯ ТА ПОЗДОВЖНЬОГО ОБТІКАННЯ ПЛОСКОЇ ПЛАСТИНИ

О.Л. Андрєєва¹, І.В. Ткаченко¹, В.І. Ткаченко^{1,2}

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

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

При обтіканні рідиною або газом тіл різної форми (протікання Пуазейля, поздовжнє обтікання плоскої пластини) перехід ламінарної течії в турбулентну визначається величиною числа Рейнольдса (Re). Це число визначається ставленням добутку швидкості потоку та його характерного розміру до динамічної в'язкості обтікаючого середовища. При числах Re , менших за критичний $Re < Re_{cr}$, течії ламінарні, а ті течії, для яких $Re > Re_{cr}$, турбулентні. У трубі перехід ламінарної течії рідини в турбулентну супроводжується різкою зміною опору її руху. При ламінарному русі перепад тиску, під дією якого відбувається рух, пропорційний першому ступеню швидкості рідини, при турбулентному – квадрату середньої швидкості. Обчислення числа Рейнольдса представляється складним завданням, і до теперішнього часу для його визначення немає аналітичного виразу,

аналогічного числу Релея. Існуючі теоретичні методи розрахунку досить добре розроблені та описані, але не мають загальної фізичної основи.

У доповіді розглянуті задачі стійкості течії Пуазейля та обтікання плоскої пластини, об'єднані ідеєю існування просторово – періодичного розподілу швидкості потоку у поперечному напрямку. І тут істотним є наявність нескінченного набору власних мод (мод Флоке), які визначають стійкість течії.

ОСЦИЛЮЮЧІ ЧАРУНКИ БЕНАРА В ПЛАЗМІ ДВОКОМПОНЕНТНОЇ ПРОТОСОНЯЧНОЇ ТУМАННОСТІ

О.Л. Андреева¹, Г.А. Ткаченко^{1,2}

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

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

Електромагнітна гіпотеза походження Сонячної системи (СС) з іонізованої воднево-гелієвої протосонячної туманності (ПТ) належить шведському астрофізику Х. Альфвену та англійському астрофізику Ф. Хойлу. У цій доповіді ця гіпотеза доповнена хвильовою гіпотезою (ХГ), що розглядає хвилі щільності іонів різних мас, які в результаті вибуху наднової загасли, «заморозивши» розподіл щільності іонів. Аналізуються процеси фоторозщеплення іонів гелію високоенергетичними поляризованими термоядерними гамма-квантами наднової, описані умови їх протікання та пояснено збільшення масової частки водню та зменшення масової частки гелію порівняно з їх значеннями до моменту вибуху. ХГ описує існування у воднево – гелієвій плазмі циліндричної форми швидких та повільних іонно-звукових хвиль, які призводять до коливань щільності іонів. Показано, що функції струму для частинок сорту α є замкненими концентричними лініями, аналогічними лініям струму циліндричних чарунок Бенара, які, на відміну від останніх, осцилюють з різними часовими та просторовими періодами.

Порівняння результатів ХГ опису формування СС із даними спостережень щодо розподілу водню та гелію в СС має хорошу кількісну відповідність, і, тим самим, вказує на можливість її застосування.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАКОПИЧЕННЯ МЕДИЧНОГО РАДІОНУКЛІДУ ^{103}Pd ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ПРОТОНІВ З ІЗОТОПАМИ СРІБЛА

В.А. Григоренко¹, С.Г. Карпусь², Т.В. Малихіна^{1,2}

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

²ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проведено розрахунки виходу ізоотопів паладію з мішеней срібла, зокрема, з ^{107}Ag та з ^{109}Ag для первинних протонів у діапазоні енергій до 200 МеВ. Для розрахунків використано вільне програмне забезпечення Talys версії 1.96, що містить оновлені дані бібліотеки TENDL [1]. Проведено аналіз отриманих результатів, а саме: оцінка перерізу утворення ^{103}Pd та деяких супутніх ізоотопів для мішеней зі срібла.

У результаті аналізу даних виявлено, що вихід на мішені з ^{107}Ag складає 9.0 МБк/(мкА·год) проти 5.6 МБк/() на мішені з ^{109}Ag . З цього можна зробити висновок що реакція на ^{107}Ag перспективніша, тобто для виробництва ізоотопу ^{103}Pd більш перспективним матеріалом є ^{107}Ag для діапазону енергій первинних протонів до 200 МеВ.

1. A.J. Koning, D. Rochman, J. Sublet, N. Dzysiuk, M. Fleming and S. van der Marck, "TENDL: Complete Nuclear Data Library for Innovative Nuclear Science and Technology", Nuclear Data Sheets 155 (2019).

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ КЛАСТЕРИ

ФТФ ХНУ ім. В.Н. КАРАЗІНА

В.С. Ковтун¹, Т.В. Малихіна^{1,2}, В.В. Моргунов¹, В.О. Шпагіна²

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

²ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Представлені методи встановлення бібліотек класів Geant4.11.0 для комп'ютерного моделювання у фізиці високих енергій та ядерній фізиці, що використовується у науковій роботі та навчальному процесі для підготовки студентів певних спеціальностей. Один з методів – класичний, де алгоритм встановлення бібліотек відповідає рекомендаціям розробників, але у окремих випадках є надскладним для користувача. Інший метод використовує Spack, та є альтернативним, не вимагає від користувача наявності спеціальних навичок, і передбачає автоматичний режим інсталяції. Розглянуті методи включають встановлення графічних інтерфейсів для візуалізації процесу проходження випромінювання через речовину, а також інтеграцію з пакетом ROOT.

Запропонований підхід може бути використаний як індивідуальними користувачами-науковцями, так і адміністраторами обчислювальних кластерів навчальних закладів та наукових установ. З використанням розглянутих у роботі методів встановлено програмне забезпечення для обчислювання параметрів ЕМ-калориметру SPD NICA.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПОПЕРЕДНІХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ТЕРМОСТІЙКОСТІ ПЛІВОК З КАПТОНУ

М. Луганько¹, С.Г. Карпусь², Т.В. Малихіна^{1,2}

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

² ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проведено комп'ютерне моделювання проходження електронів високої енергії через плівку з Каптону товщиною 50, 75, 110, 125 мкм. Енергії первинних електронів дорівнювали 3, 5, 10, 15, 20 MeV у кожній серії розрахунків, для кожної товщини плівки. У результаті розрахунків отримано енергетичні спектри гальмівних гамма-квантів, що виходять з Каптону, а також величини поглиненої енергії електронів та кути розсіювання електронів для кожного значення товщини плівки.

Проведені розрахунки з метою оцінки термостійкості плівки з Каптону товщиною 125 мкм для електронних пучків із різними величинами потужності.

За результатами комп'ютерного моделювання проведено попередній експеримент з метою виявлення можливості застосування плівки з Каптону в якості матеріалу для вивідного вікна лінійного прискорювача електронів.

THE IMPACT OF UNRESOLVABLE RANDOM HETEROGENEITY OF MATERIALS ON THE RADIATION TRANSPORT OF IONS AND ELECTRONS OF DIFFERENT ENERGIES

M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldy

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

The radiation transport (RT) theory of the charged particles (c.p.) absorption in random solid differs from that of the neutral ones: the free path λ and uncollided flux notions lose meaning by reason of the key role of continuous ($\lambda \rightarrow 0$) energy losses. Nevertheless, the range R_p and straggling Ω of ions and electrons are expected to be also affected by the mesoscopically correlated fluctuations of a target density ρ . We discuss the basic nonclassical features of such a stochastic effect subject to the energy and mass of a c.p., and the variance $\delta\rho$ and correlation lengths l_c of a density field. By means of the Monte Carlo (MC) RT code RaT 3.1 'double MC' method, the statistically exact estimates of various RT responses (incl. the stopping profiles) were calculated for 1 MeV p and 1 to 10 MeV e^- in Carbon, and for 100 keV As ions in Si. We compared them to those of an atomic mixture (AM, $\delta\rho = 0$). For high-energy protons (the AM straggling $\Omega \ll R_p$), the stochastic straggling effect appears as a drastic smearing of a sharp Bragg peak. This effect is weaker for electrons and heavy ions having the AM $\Omega \sim R_p$. For e^- , the stochastic heterogeneity shifts a mode of a dose and charge profiles to lower depths and significantly increases the extrapolated range. Similar effects occur for As ions; besides, the quasi-exponential 'heavy tails' emerge in As dopant profiles (similar tails are observed at the 'off-axis' ion implantation into single crystals). We explain qualitatively the simulation data with a probabilistic model and introduce the Ensemble Averaged Propagation Kernel approach which can speed-up the resource-intensive MC modeling of the c.p. RT in stochastic materials.

EFFECT OF FRACTAL DIMENSION OF A SELF-AFFINE MATERIAL MESOSTRUCTURE ON THE KERNELS OF THE NON-CLASSICAL TRANSPORT OF NEUTRAL PARTICLES

M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldy

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

The mesoscopic heterogeneity of dispersed target materials affects the radiative transport in them when the mean free path λ of neutral particles is of the same meso-scope scale. This invalidates the Beer-Lambert law relevant exponential propagation kernels of the radiation transport equation and gives rise to the non-classical effects of stochastic buildup, self-shielding and blooming of correlated random media. In this report, we address the self-affine fractal media having the band-limited power spectrum of density fluctuations and the fractal dimension $D \in (3,4]$ determined power-law structure function valid up to the correlation scale $l_c > \lambda$ while saturated to constant (aka homogeneous) value at the macroscopic spatial scales $\gg l_c$. We applied the 'double Monte Carlo' method of a fractal media 'quenched disorder' sampling to calculate the ensemble averaged propagation kernels by tallying the uncollided flux as a function of the interaction depth z . We found the parameters of both non-classical transport (at $z < l_c$) and effective homogenization (at $z \gg l_c$) of a material to be fractal dimension D dependent. Particularly, the self-shielding factor $f_{ss} = \Sigma_{eff}/\Sigma_{mix} = 1/(1 + \alpha)$ of the interaction macroscopic cross-section Σ decrease (wrt that, Σ_{mix} , of atomic mix) is well fitted with $\alpha = (\delta\Sigma \cdot \delta_{corr})\varphi / 2 / (4 \cdot (1 - H))$, where δ -variables $\delta\Sigma = (\delta\Sigma/\Sigma_{mix})^2$ and $\delta_{corr} = \Sigma_{mix} \cdot l_c$ are the atomic mix normalized variance and correlation length of fractal disorder, $H = 4 - D \in (0,1]$ is its Hurst exponent, $\varphi = 1.618\dots$ is the 'golden ratio'. We conclude with the prediction that persistent ($H > 1/2$) fractal materials are more transparent to neutron and photon irradiation than the anti-persistent ($H < 1/2$) ones.

ЗАЛЕЖНІСТЬ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД
СПІВВІДНОШЕННЯ ВОЛЬФРАМУ
ТА ПОЛІСТИРОЛУ

Є.М. Прохоренко¹, В.В. Литвиненко¹, О.О. Захарченко², М.А. Хажмуратов², С.О. Соколов², Т.Г.
Прохоренко³

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, м. Харків;*

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

³*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Україна*

Проводилося вивчення радіаційно-захисних композиційних матеріалів [1]. Композиційний матеріал виготовлявся з полістиролу, алюмінію та вольфраму. Підбрано режими роботи обладнання, необхідні для виготовлення полістиролу металевих композиційних матеріалів. Виготовлено зразки композиційних матеріалів з високим ступенем однорідності розподілу компонентів за обсягом зразка [2]. Спочатку, для додаткового структурування та збільшення твердості зразків, створювалася матриця, що складалася з полістиролу та алюмінію. Частки алюмінію мали розмір 10...20 μm. Застосування матриці дозволяло зафіксувати в композиційному матеріалі частинки порошкового вольфраму. Вольфрам є радіаційно-захисною добавкою. Частинки вольфраму мали розмір 50...60 μm. Вивчалися три види композиційних матеріалів C080403, C050505, C100302. Перші дві цифри – обсяг полістиролу, другі дві – обсяг вольфраму, треті дві цифри – обсяг алюмінію. У цілому нині, вміст вольфраму становило значення близько 80% ваги. Моделювання процесів радіаційного захисту виконувалось за допомогою пакету Geant4 v 4.9.6p02. Для експериментального вимірювання поглиненої дози застосовували джерела іонізуючого випромінювання ¹⁵²Eu та ²⁴¹Am [3]. Отримали криві ослаблення поглинених доз. Відмінність експериментальних та розрахункових кривих обумовлено тим, що розрахунки проводилися для ідеального матеріалу. При розрахунках не враховувалася незначна неоднорідність розподілу компонентів за обсягом зразків та неоднорідність товщини зразків.

1. С.Е. Okafor, U.C. Okonkwo, I.P. Okokpujie. Trend in reinforced composite design for ionizing radiation shielding applications a review // J. Mater. Sci. 2021, № 56, p. 11631-11655.

<https://doi.org/10.1007/s10853-021-06037-3>

2. V.F Klepikov, E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmuradov. Performance ratio hardness characteristics polystyrene-metal composite materials. // Problems of atomic science and technology. 2015, № 5, v. 99, p. 36-42.

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

<https://doi.org/10.46813/2021-133-111>

DEPENDENCE OF THE RADIATION PROTECTIVE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS ON THE
RATIO OF TUNGSTEN
AND POLYSTYRENE

Є.М. Prokhorenko¹, V.V. Lytvynenko¹, A.A. Zakharchenko², M.A. Khazhmuradov², S.A. Sokolov², T.G.
Prokhorenko³

¹*Institute of Electrophysics and Radiation Technologies, Kharkiv, Ukraine;*

²*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;*

³*Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine*

Radiation protective composite materials were studied [1]. The composite material was made of polystyrene, aluminum and tungsten. The modes of operation of the equipment necessary for the manufacture of polystyrene metal composite materials have been selected. Samples of composite materials with a high degree of uniformity in the distribution of components over the volume of the sample were made [2]. Initially, for additional structuring and increasing the hardness of the samples, a matrix was created, which consisted of polystyrene and aluminum. Aluminum particles had a size of 10...20 μm. The use of a matrix made it possible to fix particles of powdered tungsten in the composite material. Tungsten is a radiation protective additive. The tungsten particles were 50...60 μm in size. Three types of composite materials were studied - C080403, C050505, C100302. The first two digits are the volume of polystyrene, the second two are the volume of tungsten, and the third two digits are the volume of aluminum. In general, the tungsten content was about 80% by weight. Modeling of radiation protection processes was carried out using the Geant4 v 4.9.6p02 package. For experimental measurement of the absorbed dose, sources of ionizing radiation ¹⁵²Eu and ²⁴¹Am were used [3]. Absorbed dose attenuation curves were obtained. The difference between the experimental and calculated curves is due to the fact that the calculations were carried out for an ideal material. The calculations did not take into account the slight inhomogeneity of the distribution of the components over the sample volume and the inhomogeneity of the sample thickness.

1. С.Е. Okafor, U.C. Okonkwo, I.P. Okokpujie. Trend in reinforced composite design for ionizing radiation shielding applications a review // J. Mater. Sci. 2021, № 56, p. 11631-11655.

<https://doi.org/10.1007/s10853-021-06037-3>

2. V.F Klepikov, E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmuradov. Performance ratio hardness characteristics polystyrene-metal composite materials. // Problems of atomic science and technology. 2015, № 5, v. 99, p. 36-42.

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

<https://doi.org/10.46813/2021-133-111>.

ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ ЗАХИСНИХ ШАРІВ З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСЛАБЛЕННЯ ГАММА- ТА НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВЯП

В.Г. Рудичев¹, М.О. Азаренков¹, І.О. Гірка¹, Є.В. Рудичев^{1,2}

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

²ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Метою цієї роботи є дослідження впливу порядку розміщення шарів із різних матеріалів у транспортних контейнерах (ТК) для перевезення ВЯП, на ослаблення потоків γ -квантів та нейтронів ВЯП. У пакеті MCNP виконані розрахунки виходів і спектрального складу γ -квантів довгоживучих ізотопів ВЯП (^{154}Eu , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co) за захистами при фіксованій масовій товщині всіх шарів. Досліджувалися характеристики випромінювання як γ -квантів, так і нейтронів за захистами та комбінацією захистів з важких елементів (Pb, збідненого U та UO_2 – діоксиду збідненого U) та заліза при товщині захисту еквівалентній 20...30 см заліза. Показано, що при проходженні γ -квантами ВЯП захисту з Fe утворюються велика кількість фотонів з малими енергіями, а для захисту з Pb однакової масової товщини фотони з малими енергіями поглинаються. Нейтрони ВЯП при проходженні захисту великої товщини з Pb практично не змінюють спектральний склад. При проходженні нейтронами захисту з Fe, еквівалентного товщині свинця, значно змінюється спектр, зменшується енергія високоенергетичних нейтронів та поглинаються низькоенергетичні нейтрони. Показано, на прикладі ТК HI-STAR 190 UA (транспортний контейнер для перевезення ВЯП у ЦСВЯП України), що зміна послідовності розміщення шарів з Fe та Pb зменшить потужність дози від γ -квантів ізотопів ^{154}Eu , ^{60}Co у $\sim 1,9$ та $1,4$ рази відповідно, а для нейтронів у $\sim 1,25$ рази.

INFLUENCE OF THE SHIELD LAYERS PLACEMENT FROM DIFFERENT MATERIALS ON THE ATTENUATION OF GAMMA AND NEUTRON RADIATION FROM SPENT NUCLEAR FUEL

V.G. Rudychev¹, M.O. Azarenkov¹, I.O. Girka¹, Y.V. Rudychev^{1,2}

¹V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;

²NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

The aim of this work is to study the influence of the order of placement of layers of different materials in transport containers (TC) for SNF transportation on the attenuation of fluxes of SNF γ -quanta and neutrons. The MCNP package was used to calculate the yields and spectral composition of γ -quanta of long-lived SNF isotopes (^{154}Eu , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co) behind shields at a fixed mass thickness of all layers. The radiation characteristics of both γ -quanta and neutrons behind shields and a combination of shields from heavy elements (Pb, depleted U and UO_2 - dioxide of depleted U) and iron at shield thickness equivalent to 20...30 cm of iron were studied. It is shown that when SNF γ -quanta pass through the shielding from Fe, a large number of low-energy photons are generated, and for shielding from Pb of the same mass thickness, photons with low energies are absorbed. SNF neutrons, when passing through thick Pb shields, practically do not change their spectral composition. When neutrons pass through the Fe shield, which is equivalent in thickness to lead, the spectrum changes significantly, the energy of high-energy neutrons decreases, and low-energy neutrons are absorbed. It has been shown, using the example of TK HI-STAR 190 UA (transport container for transporting spent nuclear fuel to the CSFSF of Ukraine), that changing the sequence of placement of layers of Fe and Pb will reduce the dose ratio from γ -quanta of ^{154}Eu , ^{60}Co isotopes by ~ 1.9 and 1.4 times, respectively, and for neutrons by ~ 1.25 times.

ФОРМУВАННЯ ПУЧКА ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ МАКСИМАЛЬНУ ТОВЩИНУ ОПРОМІНЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

В.Г. Рудичев¹, В.Т. Лазурик¹, Є.В. Рудичев^{1,2}

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

²ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проведено моделювання двостороннього опромінення пучками гальмівного випромінювання (ГВ) об'єктів великих розмірів. Методом Монте-Карло в пакетах PENELOPE і RHITS розраховано характеристики ГВ, що створюється протяжним конвертером енергії електронів 5 і 7,5 МеВ. Показано, що із зростанням кута вильоту фотонів щодо нормалі до поверхні конвертера середня енергія та виходи ГВ зменшуються. Виконані розрахунки поглинених доз по глибині поліетилену показали, що від кута падіння ГВ на поверхню залежить розподіл дози по глибині поліетилену. Фотони ГВ, що падають перпендикулярно поверхні об'єкта, мають максимальну енергію і проникають на велику глибину поліетилену. Фотони ГВ, що потрапляють на

опромінений об'єкт від протяжного конвертера під великими кутами, мають меншу енергію і створюють підвищену дозу в поверхневих шарах. Розглянуто варіант використання коліматорів вздовж протяжного конвертера, які забезпечать потрапляння на об'єкт фотонів ГВ під малими кутами щодо нормалі поверхні поліетилену. Показано, що для конвертера з оптимальними параметрами та енергією електронів 7,5 MeV, обмеження кута вильоту фотонів з конвертера до 20° збільшить товщину поліетилену, що опромінюється, на $\sim 25\%$ (до 85 см) при неоднорідності поглиненої дози $DUR=1,5$ (Зазвичай розподіл дози описується коефіцієнтом однорідності дози ($DUR = D_{max}/D_{min}$), %). Застосування фільтрів зі свинцю дозволить суттєво зменшити $DUR \approx 1,15$ при товщині поліетилену ~ 50 см.

FORMATION OF A BREMSSTRAHLUNG BEAM PROVIDING THE MAXIMUM THICKNESS OF IRRADIATED OBJECTS

V.G. Rudychev¹, V.T. Lazurik¹, Y.V. Rudychev^{1,2}

¹*V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;*

²*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine*

Simulation of double-sided irradiation by bremsstrahlung beams (BS) of large objects is carried out. Using the Monte Carlo method in the PENELOPE and PHITS packages, we calculated the characteristics of the BS generated by extended converter with electron energies of 5 and 7.5 MeV. It is shown that with an increase in the photon emission angle relative to the normal to the converter surface, the average energy and BS yields decrease. The performed calculations of the deposited depth-dose distributions in polyethylene showed that the deposited depth-dose distribution of polyethylene depends on the incidence angle of BS on the surface. BS photons incident perpendicular to the surface of the object have maximum energy and penetrate to a greater depth of polyethylene. BS photons falling on the irradiated object from extended converter at large angles have lower energy and produce higher dose in the near-surface layers. A variant of using collimators along an extended converter is considered, which will ensure that bremsstrahlung photons hit the object at small angles relative to the normal to the polyethylene surface. It is shown that for a converter with optimal parameters and 7.5 MeV electron energy, limiting the angle of photon emission from the converter to 20° will increase the thickness of the irradiated polyethylene by $\sim 25\%$ (up to 85 cm) at the deposited dose inhomogeneity $DUR=1.5$ (Usually the dose distributions is described by the dose uniformity ratio ($DUR = D_{max}/D_{min}$) in %). The use of lead filters will significantly reduce $DUR \approx 1.15$ with a polyethylene thickness of ~ 50 cm.

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

FIRST RESULTS OF THE SUCCESSIVE (2021) IRRADIATION EXPERIMENT AT THE NSC KIPT SUPER-CRITICAL WATER CIRCULATION LOOP

O.S. Bakai, V.M. Boriskin, M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldy

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

The irradiation of the austenitic steel 12X18H10T in situ the Super-Critical Water Circulation Loop has been completed in 2021. Twenty coupons corroded under combined effect of a coolant flow, 10 MeV e^- -irradiation, and either statically or cyclically (≈ 4 Hz) applied mechanical stress. In this report, we overview the experimental setup and present the results of the coupons examination just after the session completion. The loop equipped with the novel cyclic bending device has shown the due 500 h long durability and the requested performance resulted in a coolant steady-state mass-flow rate of ≈ 50 g/s (evaluated both experimentally and by the thermal hydraulic modeling). The visually inspected coupons kept their integrity and look corroded in a unidirectional flow of a corrodent. Their γ -activation was measured for the (e, γ) irradiation field evaluation and computational dosimetry. The excessively high residual deformation of certain samples points to their yield stress $\sigma_{0.2}$ overload; this agrees with the elasticity calculations results. The correlations of the coupons' weight gain/loss to their initial state and general corrosion scenario were revealed: the statically loaded samples show the oxidation relevant weight gain; the cyclically bent ones mainly lose mass probably because of the interplay of fretting and fatigue effects; the statically bent CrN coated samples

manifest the practically total loss of coating and the abnormally high residual deformations. The latter effect systematically points to the applied coating instability and shall be intently studied in further R&D.

This work was carried out at the expense of the budget program “Support for the Development of Priority Areas of Scientific Research” (КПКВК 6541230).

ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИНОК МАГНЕТИТУ З ІЗОТОПОМ ^{186}Re В ЯКОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ГРУПИ

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

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

²ДУ Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва, Харків

Проведені дослідження по використанню наночастинок магнетиту (Fe_3O_4 , ~40 nm), які можуть бути мічені ізотопом ^{186}Re для цілей «target-therapy».

Модифікація поверхні наночастинок магнетиту β -емітером ^{186}Re для створення дисперсної системи складалася з багатьох послідовних процедур: утворення водної фази, ліпідної фази як емульсійного агенту (pH=7,4), соніфікації ((100 ± 6) кГц) для руйнування агломератів наночастинок, після дезінтеграції зразку центрифугування для остаточного осадження агломератів наночастинок.

Були виміряні оптичні спектри поглинання створеної суспензії, яка складалася з асоціату – наночастинок магнетиту + ізотоп ^{186}Re . Показано, що наночастинок магнетиту мають максимум поглинання в області $\lambda=320$ нм. Максимальні спектри поглинання наночастинок магнетиту, мічених ізотопом ^{186}Re , відповідають $\lambda = 210$ нм та $\lambda = 390$ нм. Коливання Fe-O-зв'язок з ізотопом ^{186}Re в ІЧ-спектрі зсунуті в область 590 cm^{-1} . На рентгенограмах наномагнетиту та наномагнетиту + ізотоп ^{186}Re спостерігаються характерні рефлексії, які показують їх кристалографічну організацію.

Дані дослідження необхідні при розробці нанотехнології для отримання адекватних лікарських форм з метою їх успішного застосування в області ядерної медицини.

OPTICAL CHARACTERISTICS OF MAGNETITE NANOPARTICLES WITH ^{186}Re ISOTOPE AS A FUNCTIONAL GROUP

N.P. Dikiy¹, N.V. Krasnoselsky², Yu.V. Lyashko¹,
O.P. Medvedeva¹, D.V. Medvedev¹, T.A. Parkhomenko¹

¹NSC “Kharkov Institute of Physics and Technology” NAS Ukraine;

²Institute of Medical Radiology S.P. Grigorieva, Kharkiv

Studies have been conducted with using of magnetite nanoparticles (Fe_3O_4 , ~40 nm), which can be labeled by the ^{186}Re isotope for “target-therapy” purposes.

Modification of the surface of magnetite nanoparticles with β -emitter ^{186}Re to create a dispersed system consisted of many successive procedures: formation of the aqueous phase, lipid phase as an emulsion agent (pH = 7.4), sonication ((100 ± 6) kHz) to destroy agglomerates of nanoparticle, centrifugation for final precipitation of nanoparticle agglomerates.

The optical absorption spectra of the suspension, which consisted of an associate - magnetite nanoparticles + ^{186}Re isotope, were been measured. It is shown that magnetite nanoparticles have a maximum absorption in the region $\lambda = 320$ nm. The maximum absorption spectra of magnetite nanoparticles labeled by the ^{186}Re isotope correspond to $\lambda = 210$ nm and $\lambda = 390$ nm. Fluctuations of the Fe-O bond with the ^{186}Re isotope in the IR spectrum are been shifted to the region 590 cm^{-1} . Characteristic reflexes are been observed by X-rays diffraction analysis of nano magnetite and nano magnetite + ^{186}Re isotope show their crystallographic organization.

These studies are necessary for the development of nanotechnology to obtain adequate medical forms for their successful application in the field of nuclear medicine.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ДАТУВАННЯ БІОТИТУ ПЕГМАТИТОВОГО ЛІТІЄВОГО РОДОВИЩА СЛЮД УКРАЇНСЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО ШИТА

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

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Стабільність захисного бар'єру для захоронення РАВ визначається його радіаційною стійкістю, мінеральним складом та структурою породи.

В якості об'єкту дослідження був використаний біотит, який був активований на ЛПЕ гальмівним випромінюванням з $E_{\text{max}} = 23 \text{ MeV}$ для визначення елементного складу за допомогою Ge(Li)-детектору $\Delta_{1/2} = 3,2 \text{ keV}$ та «high purity» Ge-детектору $\Delta_{1/2} = 295 \text{ eV}$ для 5.9 кеВ, відносно еталонів. Зразки біотиту були опромінені на ЛПЕ до дози електронів 107 Гр.

Показаний вміст таких елементів, як Mg, Fe, Al, Si, Sr, Ba, Cs та ін. Вимір вмісту ^{87}Sr та ^{87}Rb по реакціям $^{87}\text{Sr}(e, e^{-})^{87\text{m}}\text{Sr}$ та $^{87}\text{Rb}(\gamma, n)^{86}\text{Rb}$ дав змогу уточнити вік лугових біотитів. Аналіз структурно-фазового складу зразків біотитів, опромінених до дози 107 Гр за допомогою ІЧ-спектроскопії показав часткове розупорядкування кристалічної решітки та збільшення відсоткового вмісту іонів Fe_3^+ через радіаційне окислення іонів заліза. Також спостерігається збільшення ступеню гідратації структури з поступовим переходом у структуру гідробіотиту. Аморфізації структури не відбувається, що підтверджує високу радіаційну стійкість.

EVALUATION OF RADIATION RESISTANCE AND DATING OF BIOTITE OF PEGMATITE LITHIUM DEPOSIT OF MICA OF UKRAINIAN CRYSTAL SHIELD

N.P. Dikiy, O.P. Bereznyak, Yu.V. Lyashko,
O.P. Medvedeva, D.V. Medvedev, Yu.G. Parkhomenko

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

Radiation resistance, mineral composition and rock structure determine the stability of the protective barrier for radwaste disposal.

The object of study was biotite, which was irradiated on LAE by bremsstrahlung γ -radiation with $E_{\text{max}} = 23 \text{ MeV}$ to determine the elemental composition using Ge(Li)-detector $\Delta_{1/2} = 3.2 \text{ keV}$ and "high purity" Ge-detector $\Delta_{1/2} = 295 \text{ eV}$ for 5.9 keV, relative to the standards. Biotite samples were been irradiated also on LAE to an electron dose of 107 Gy.

The content of such elements as Mg, Fe, Al, Si, Sr, Ba, Cs, etc. was been shown. Measurement of ^{87}Sr and ^{87}Rb content by $^{87}\text{Sr}(e, e^{-})^{87\text{m}}\text{Sr}$ and $^{87}\text{Rb}(\gamma, n)^{86}\text{Rb}$ reactions made it possible to specify the age of alkaline biotite. Analysis of the structural-phase composition of biotite samples irradiated to a dose of 107 Gy by IR spectroscopy showed a partial disruption of the crystal lattice and an increase in the percentage of Fe_3^+ ions due to radiation oxidation of iron ions. There is also an increase in the degree of hydration of the structure with a gradual transition to the structure of hydrobiotite. Amorphization of the structure does not occur, which confirms the high radiation resistance.

ДИСБАЛАНС ЕСЕНЦІАЛЬНИХ ТА ТОКСИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У БІОСРЕДАХ ПАЦІЄНТІВ З ПОВЕРХНЕВИМ ГАСТРИТОМ ПРИ РІЗНІЙ СЕКРЕТОРНІЙ АКТИВНОСТІ

М.П. Дикий¹, Ю.В. Ляшко¹, О.П. Медведєва¹,
Д.В. Медведєв¹, Т.А. Пархоменко¹, К.Ю. Пархоменко²

¹ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;
²Обласна клінічна лікарня, Харків, Україна

Методи характеристичного рентгенівського випромінювання, γ -активаційного та рентгенофлуоресцентного аналізів були використані для вимірювання вмісту елементів у волоссі, крові та пристінної шлункової слизи у пацієнтів з діагнозом поверхневий гастрит з нормальною, підвищеною та зниженою секреторною активністю (47 пацієнтів, чоловіки, 45...60 років).

Спектри випромінювання елементів реєструвалися Si(Li)- та Ge(Li)-детекторами. Одержані спектри від зразків обробляли стандартними програмами обробки амплітудних спектрів. Межа виявлення елементів складала $10^{-4} \dots 10^{-5}$ мас. %.

Показано, що дана патологія супроводжується достовірними порушеннями вмісту есенціальних, умовно-токсичних та токсичних елементів у досліджуваних зразках. Ці порушення при даній патології можуть бути викликані як ендогенними, так і екзогенними факторами.

Розглядається характер захворювання гастритом у залежності від загальних та специфічних забруднень навколишнього середовища, а також від асоціативності з палінням, алкоголем та можливими супутніми хворобами.

IMBALANCE OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN THE BIOSAMPLES OF PATIENTS WITH SURFACE GASTRITIS WITH DIFFERENT SECRETORIC ACTIVITY

N.P. Dikiy¹, Yu.V. Layshko¹, O.P. Medvedeva¹,
D.V. Medvedev¹, T.A. Parhomenko¹, K.Yu. Parhomenko²

¹ NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;
² Regional Clinical Hospital, Kharkiv, Ukraine

Methods of characteristic X-ray (PIXE), γ -activation, and X-ray fluorescence analysis were used to measure the content of elements in hair, blood, and parietal gastric mucus in patients diagnosed with superficial gastritis with normal increased and decreased secretory activity (47 patients, men, 45...60 years).

The emission spectra of the elements were recorded by Si(Li)- and Ge(Li)-detectors. Standard amplitude spectrum processing programs processed the spectra obtained from the samples. The detection limit of the elements was $10^{-4} \dots 10^{-5}$ % of the mass.

It is shown that this pathology is been accompanied by significant violations of the content of essential, potentially toxic trace elements and toxic elements in the different samples. These disorders in this pathology can caused by both endogenous and exogenous factors.

The character of gastritis depends on the general and specific environmental pollution, as well as the association with smoking, alcohol, and possible coexistent diseases.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ПРИРОДНИХ КВАРЦИТАХ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРОНІВ ТА γ -КВАНТІВ

О.П. Березняк, М.П. Дикий, І.В. Колодий, Ю.В. Ляшко,
О.П. Медведєва, Д.В. Медведєв, Ю.С. Отман

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

За допомогою методів γ -активаційного аналізу елементів, петрографії, ІЧ-спектроскопії і рентгеноструктурного аналізу була вивчена еволюція структури природних кварцитів Овруцького родовища під впливом опромінення електронами та γ -квантами до доз 10^8 і $3,5 \cdot 10^7$ Гр відповідно.

У спектрі γ -випромінювання і вміст елементів в зразках кварцитів, зареєстрований Ge(Li)-детектором, до та після дії електронів та γ -квантів, був незмінним.

Встановлено, що при обох видах опромінення структура кварциту вдосконалюється внаслідок радіаційних дефектів та домішок, які присутні у кварці. Визначено, що у разі опромінення зразків електронами до дози 10^8 Гр, кремнеземистий цемент навколо зернин кварцу поступово кристалізується і повністю перетворюється на полікристалічний кварц. При опроміненні γ -квантами спочатку відбувається формування високотемпературної неупорядкованої модифікації кремнезему – кристобалита та подальший перехід його за максимальної дози опромінення ($3,5 \cdot 10^7$ Гр) у полікристалічний кварц. В обох випадках ці процеси не призводять до тріщиноутворення кварцитової породи.

Отримані дані свідчать про високу радіаційну стійкість кварцитів Овруцького родовища та підтверджують перспективність використання даної геологічної формації у якості природного бар'єру для спорудження сховища радіоактивних відходів.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN NATURAL QUARTZITE UNDER THE INFLUENCE OF TWO TYPES OF IRRADIATION: ELECTRONS AND GAMMA QUANTUM

O.P. Bereznyak, N.P. Dikiy, I.V. Kolodiy, Yu.V. Lyashko,
O.P. Medvedeva, D.V. Medvedev, Yu.S. Otman

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

Using the methods γ -activation analysis of elements, petrography, IR-spectroscopy and X-ray diffraction analysis, the evolution of the structure of natural quartzites of the Ovruch deposit was been studied, which are promising for radwaste disposal in Ukraine.

It is been established that with both types of irradiation the structure of the original quartzite is improved due to radiation annealing of defects and impurities present in the original quartz, which is part of it. It is determined that the sequence of structural transformations of the amorphous phase, which is a part of quartzite, largely depends on the type of bombarding particles. Thus, in the case of electron irradiation, silica cement around quartz grains gradually increases with increasing dose and completely turns into polycrystalline quartz at a maximum dose of 10^8 Gy.

At irradiation with γ -quanta with increasing radiation dose at the initial stage there is the formation of high-temperature disordered modification of silica-cristobalite and its subsequent transition at the maximum radiation dose ($3,5 \cdot 10^7$ Gy) to polycrystalline quartz. In both cases, these processes do not lead to cracking of quartzite rock.

The obtained data testify to the high radiation resistance of quartzites of the Ovruch deposit and confirm the prospects of using this geological formation as a natural barrier for the construction of a radioactive waste storage facility.

ПРОФІЛЬ УРАНУ В ЗУБАХ ПАЦІЄНТІВ З ОДОНТОГЕННИМИ ЗАПАЛЬНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІКУ І СТАТІ ПАЦІЄНТІВ

М.П. Дикий¹, Ю.В. Ляшко¹, О.П. Медведєва¹,
Д.В. Медведєв¹, С.М. Григоров², Л.П. Рекова²

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

² Харківський національний медичний університет, Україна

Основною метою роботи було вимірювання вмісту урану-238 у видалених зубах у пацієнтів різного віку та статі з одонтогенними запальними захворюваннями та у інтактних зубах пацієнтів, видалених за планом ортодонтичного та ортопедичного лікування.

Вміст урану-238 у зубах був виміряний за інтенсивністю гамма-спектрів на Ge(Li)-детекторі з енергетичним розділенням 3,2 кеВ по лінії 1333 кеВ після активації зразків гальмієвим гамма-випромінюванням на ЛПЕ з енергією 22 МеВ і струмом 200 мкА.

Значення концентрації урану-238 були розраховані порівняно з наявним стандартом. Отримані результати показують, що середній вміст урану-238 в інтактних зубах, видалених за планом ортодонтичного та ортопедичного лікування незалежно від статі та віку для пацієнтів Харківського регіону становить $(0,72 \pm 0,10)$ ppm. Вміст урану-238 у зубах пацієнтів чоловічої статі з одонтогенними запальними захворюваннями збільшується з віком від $(0,35 \pm 0,053)$ до $(1,12 \pm 0,077)$ ppm. У пацієнтів жіночої статі ці показники, більш пов'язані з віковими метаболічними процесами.

URANIUM PROFILE IN THE TEETH OF PATIENTS WITH ODONTOGENIC INFLAMMATORY DISEASES DEPENDING ON THE AGE AND SEX OF PATIENTS

N.P. Dikiy¹, Yu.V. Lyashko¹, O.P. Medvedeva¹,
D.V. Medvedev¹, S.M. Grygorov², L.P. Rekoa²

¹ NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;

² Kharkiv State Medical University, Ukraine

The main goal of the study was to measure the content of uranium-238 in extracted teeth in patients of different ages and sexes with odontogenic inflammatory diseases and in intact teeth of patients removed according to the plan of orthodontic and orthopedic treatment.

The uranium-238 content in the teeth was measured by the intensity of gamma spectra on Ge(Li)-detector with an energy separation of 3.2 keV along the 1333 keV line after activation of samples by braking gamma radiation on LPE with an energy of 22 MeV and a current of 200 μ A.

Uranium-238 concentration values were calculated compared to the available standard. The obtained results show that the average content of uranium-238 in intact teeth removed according to the plan of orthodontic and orthopedic treatment, regardless of gender and age for patients in the Kharkiv region is (0.72 ± 0.10) ppm. The content of uranium-238 in the teeth of male patients with odontogenic inflammatory diseases increases with age from (0.35 ± 0.053) to (1.12 ± 0.077) ppm. In female patients, these indicators are more related to age-related metabolic processes.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ІЗОТОПУ ІТТРІЯ-88 ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА

М.П. Дикий¹, М.В. Красносельський², Ю.В. Ляшко¹,
О.П. Медведєва¹, Д.В. Медведєв¹, В.Л. Уваров¹

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

² ДУ Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва, Харків

Ізотоп іттрію-90 виробляють на реакторі потоком повільних нейтронів (період полу розпаду 62 години, являється дочірнім продуктом ⁹⁰Sr та чистим β -випромінювачем з максимальною енергією 2,28 MeV, середньою енергією 0,81 MeV). Відсутність γ -випромінювання не дає змогу одержувати зображення на гама-камері для контролю його накопичення в патологічній локалізації. Але в клінічних дослідженнях показані ефективні результати паліативного лікування пацієнтів з метастазами в кістках. При порівнянні ефективності лікування пацієнтів іттрієм та самарієм значних відмінностей не одержано. Відмічалось зменшення кількості метастазів.

Розроблена фотоядерна технологія одержання ізоотопу іттрію-88 (період полу- розпаду 106,6 дб, максимальна енергія γ -випромінювання складає 2,734 MeV, β -випромінювання 0,76 MeV). Наночастинки оксиду іттрію Y₂O₃ (~ 40 нм) були використані для отримання ⁸⁸Y з високою питомою активністю за допомогою ядер віддачі з реакцій ⁸⁹Y(γ ,n)⁸⁸Y в акцептор алюмосилікату. Активація зразків проведена на ЛПЕ з E = 13 MeV. Активність ізоотопів ⁸⁸Y в акцепторі виміряна Ge(Li)-детектором. Вихід частки атомів віддачі ⁸⁸Y склав 12,3%. Для одержання більш високого виходу ядер віддачі ⁸⁸Y необхідно, щоб розмір наночастинок донора Y₂O₃ був на рівні 10 нм. У зразках не визначено присутності домішкових ізоотопів.

CHARACTERISTICS OF THE YTTRIUM-88 ISOTOPE AND ITS PRODUCTION TECHNOLOGY

N.P. Dikiy¹, M.V. Krasnoselsky², Yu.V. Lyashko¹,
O.P. Medvedeva¹, D.V. Medvedev¹, V.L. Uvarov¹

¹ NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine;

² Institute of Medical Radiology S.P. Grigorieva, Kharkiv

The yttrium-90 isotope is produced in the reactor by a slow neutron flux (the half-life is 62 hours, is a daughter product of ⁹⁰Sr and a pure β -emitter with a energy of 2.28 MeV, average energy of 0.81 MeV). However, clinical research have shown effective results in the palliative treatment of patients with bone metastases, but there are not significant differences in comparing the efficacy of yttrium and samarium in patients with metastasis.

Photonuclear technology for the production of the yttrium-88 isotope has been developed (the decay half-life is 106.6 days, the maximum energy of γ -radiation is 2.734 MeV, β -radiation 0.76 MeV). Yttrium oxide nanoparticles Y₂O₃ (~ 40 nm) were used to obtain ⁸⁸Y with high specific activity by means of recoil nuclei from reaction ⁸⁹Y(γ ,n)⁸⁸Y in the aluminum silicon acceptor. Activation of the samples was performed on LAE with E = 13 MeV. The activity of ⁸⁸Y isotopes in the acceptor was measured by a Ge(Li)-detector. The yield of the part of recoil atoms ⁸⁸Y was 12.3%. In

order to obtain a higher yield of ^{88}Y recoil nuclei, it is necessary that the size of the Y_2O_3 donor nanoparticles be at the level of 10 nm. The presence of impurity isotopes was not indicated in the samples.

ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ УПОВІЛЬНЕНИХ НЕЙТРОНІВ З МІНІМАЛЬНИМ СУПУТНИМ ФОНОМ ГАММА-КВАНТІВ ТА ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ

Ю. Казарінов, С. Карпусь, В. Касілов, С. Кочетов, С. Гоков, В. Цяцько, Е. Цяцько, О. Шопен

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Представлено результати досліджень параметрів супутнього фону гамма-випромінювання та швидких нейтронів при формуванні потоків уповільнених нейтронів, що використовуються у фундаментально-прикладних дослідженнях взаємодії випромінювання з речовиною та в медицині для нейтронно-захоплювальної терапії онкологічних захворювань.

Розглянуто декілька способів пригнічення супутнього фону гамма-випромінювання і швидких нейтронів при формуванні потоків уповільнених нейтронів до об'єкту опромінення. Порівнюються параметри потоків уповільнених нейтронів до та після пригнічення супутнього фону.

СИСТЕМИ ВИВЕДЕННЯ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ У АТМОСФЕРУ ДЛЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНО-ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

О.О. Шопен

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Представлено результати аналізу систем виведення пучка високоенергетичних електронів в атмосферу для фундаментально-ужиткових досліджень взаємодії потоків гамма-квантів та пучків електронів з речовиною при використанні прискорювачів електронів. Проведено порівняння вимог до систем виведення пучка електронів та їхнє фізичне обґрунтування залежно від задач застосування прискорювачів електронів. Показано можливість розробки та експлуатації систем виведення пучка електронів в атмосферу при використанні нових матеріалів для оптимізації параметрів пучка електронів та потоку гамма-квантів після вихідного пристрою.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ РАДІАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ПОТОКІВ ГАММА-КВАНТІВ З РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ

С.П. Гоков, Ю.Г. Казарінов, С.О. Каленик, В.Й. Касілов, В.В. Кантеміров,
О.О. Мазілов, Т.В. Малихіна, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Дослідження процесів взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною дозволяє вирішувати цілий ряд прикладних і фундаментальних задач в галузі радіаційної фізики, хімії, біології, медицини та дозиметрії. Опромінення водних розчинів барвників метиловий помаранчевий та метиленовий синій гамма-квантами проводилося на лінійному прискорювачі електронів ЛПЕ-300 ННЦ ХФТІ. Потік гамма-квантів генерувався електронним пучком з енергією 15 MeV за допомогою вольфрамового конвертеру 2 мм товщини. Після цього електрони, які проходили скрізь конвертер відхилялися постійним магнітом, а зразки, які досліджувались, опромінювались потоком гамма-квантів. Обчислювальний експеримент був проведений методом Монте-Карло. Для нього була розроблена комп'ютерна програма на мові C++, яка використовує бібліотеки класів Geant-4. При проведенні розрахунків використовувалася модель PhysicsList emstandard_opt3. У роботі було визначено кількість радіаційних ушкоджень, яке припадає на один падаючий гамма-квант та проведено порівняння результатів моделювання з експериментальними даними. На основі отриманих результатів зроблено висновки щодо основних механізмів знебарвлення органічних барвників при опроміненні гамма-квантами.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ РОЗЧИНІВ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ПОТОКІВ ШВИДКИХ І ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ

С.П. Гоков, Ю.Г. Казарінов, С.О. Каленик, В.Й. Касілов, В.В. Кантеміров,
О.О. Мазілов, Т.В. Малихіна, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проводилося дослідження процесів взаємодії швидких, теплових та епітеплових нейтронів із комбінованими водними розчинами органічних барвників: метиленовий синій (МС) – $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{C}_1$ і метиловий помаранчевий (МП) – $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{O}_3\text{SNa}$ з додаванням 4% борної кислоти та без неї.

Опромінення проводилося на прискорювачі електронів ЛПЕ-300. Вольфрамова мішень опромінювалася пучком електронів лінійного прискорювача з енергією 20 MeV і середнім струмом 7 мкА. Розчини органічних

барвників в пробірках встановлювалися перпендикулярно осі проходження електронного пучка на відстані 10 см від мішені, що виробляє нейтрони з 5-сантиметровим свинцевим захистом без утеплювача і з поліетиленовим утеплювачем товщиною 4 см.

При опроміненні водних розчинів барвників спостерігався кінематичний розвал молекул барвника за рахунок взаємодії з потоками швидких нейтронів. При додаванні до розчинів барвників 4% борної кислоти при взаємодії з потоками теплових та епітеплових нейтронів спостерігалось знебарвлення розчинів за рахунок захоплення теплових нейтронів ядрами бору з наступним розвалом на ядро літію та високоенергетичну α -частинку, взаємодія яких з молекулами барвника, у свою чергу, приводила до їх руйнування.

Отримано лінійну залежність ступеня руйнування розчинів органічних барвників від часу опромінення (потоків нейтронів, що потрапили в досліджені зразки). Цей експериментальний факт дозволяє сподіватися на успішне застосування комбінованих розчинів органічних барвників як детекторів потоків швидких і теплових нейтронів.

СТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ У КЕРАМІЦІ $MgAl_2O_4$ ГАЛЬМІВНИМИ ГАММА-КВАНТАМИ З ЕНЕРГІЄЮ, ЩО ПЕРЕВИЩУЄ ПОРІГ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ Ю.Г. Казарінов, С.С. Кочетов, С.П. Гоков, В.В. Цяцько, В.Й. Касілов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Магній алюмінієва шпінель $MgAl_2O_4$ є особливо стійким до опромінення кристалом. Для дослідження впливу радіаційних дефектів на властивості цього матеріалу наразі цікавий рівень пошкоджень понад 10^{-3} зміщень на атом. При опроміненні кристалів електронами з енергією 10...15 МеВ основним механізмом створення вакансій є пружне розсіювання електронів на ядрах. Типова ефективність створення дефектів у кераміці шпінелі для цих енергій становить 0,13 один електрон. При щільності струму 10 мкА/см^2 для отримання концентрації дефектів у кераміці порядку 10^{19} см^{-3} потрібно опромінення протягом 340 годин, а при збільшенні щільності струму понад 10 мкА/см^2 виникають складності із відведенням тепла від зразків.

Збільшення енергії електронів з 15 до 25 МеВ та використання вольфрамового конвертера товщиною 100 мкм отримуємо гамма-кванти з енергією, що перебивають гігантський дипольний резонанс для ядер O, Mg, Al. За рахунок нейтронів та ядер віддачі з енергією до 500 кеВ, що утворюються при фотоядерних реакціях, ефективність створення стабільних дефектів в аніонній підґратці зростає в 5 разів, а в катіонній – в 10 разів.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВІДПАЛУ НА МІКРОСТРУКТУРУ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОФАЗНОГО З'ЄДНАННЯ Та-W-Ta ДЛЯ НЕЙТРОН-УТВОРЮЮЧИХ МІШЕНЕЙ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ «ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ»

Б.В. Борц, О.Ю. Зелінський, О.О. Пархоменко, В.І. Ситін, Л.І. Глущенко,
В.І. Ткаченко, І.А. Воробйов, О.О. Лопата, М.П. Домніч, І.В. Паточкін

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розглянуто варіант виготовлення нейтрон-утворюючої мішені тантал-вольфрам-тантал з використанням прошарку ніобію методом гарячої вакуумної прокатки стосовно дослідницької ядерної установки «Джерело нейтронів». Створення твердофазних з'єднань тугоплавких металів з високою герметичністю, здатної запобігти виходу радіоактивних продуктів з вольфраму в воду, що охолоджує, можливе шляхом гарячої прокатки у вакуумі [1-5]. У роботі представлені результати металографії та механічних випробувань зразків твердофазних з'єднань Та-W-Ta, отриманих гарячою прокаткою у вакуумі, як безпосередньо після отримання, так і термооброблених у діапазоні температур 900...1300 °С після прокатки. Вивчено вплив температурного відпау на характер взаємодії плакованих шарів між собою та з матеріалом вольфрамового сердечника у твердофазних з'єднаннях Та-W-Ta з прошарками Nb, отримані методом гарячої прокатки у вакуумі.

1. І.М. Неклюдов, Б.В. Борц, І.Е. Васеха, О.Т. Лопата. Патент 80204 Україна, МПК7 B23K 20/00, B21В 9/00, B32В 37/00. Спосіб зварення у твердій фазі металевих пластин [Текст]; заявник й патентовласник колективне підприємство «Рада ТВР – 78 ННЦ ХФТІ». – №а200511847; заявл. 12.12.05; опубл. 27.08.07, Бюл. №13. – 3с.

2. Borts B.V. Formation of the joint of dissimilar metals in the solid phase by the method of vacuum hot rolling Materials Science. – March, 2012. – Vol.47, No.5. – P.689-695.

3. B.V. Borts, A.A. Parkhomenko, I.O. Vorobyov, A.A. Lopata. Wave processes and mass transfer on the copper-stainless steel interface under solid phase bonding by high-temperature rolling. Open Journal of Metal, Vol.8, No.4, Dec 2018.

4. Borts B.V., Parkhomenko A.A., Vorobiev I.A., Lopata A.A., Alexandrov V.A., Domnich M.P. Changes in the structure and properties of the Cu-Pb composites interface jointed in the solid phase. Open Journal of Metal, Vol.8, No.3, Sep 2018.

5. B.V. Borts, I.M. Korotkova, O.O. Lopata, V.I. Sytin, V.I. Tkachenko, I.O. Vorobyov. Production of dissimilar metals materials by the method of solid-state joining. Open Journal of Metal, Vol.4 No.2, Jun 2014.

THERMAL ANNEALING EFFECTS ON MICROSTRUCTURE
AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE Ta-W-Ta SOLID PHASE JOINTS FOR NEUTRON FORMING
TARGETS OF THE RESEARCH NUCLEAR FACILITY 'SOURCE OF NEUTRONS'

B.V. Borts, A.Yu. Zelinsky, A.A. Parkhomenko, V.I. Sytin, L.I. Gluschenko,
V.I. Tkachenko, I.A. Vorobyov, A.A. Lopata, M.P. Domnich, I.V. Patochkin

NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" NAS Ukraine

The paper considers the neutron-forming tantalum-tungsten-tantalum target using a niobium interlayer manufacturing variant by means of vacuum hot roll bonding for the research nuclear facility 'Source of Neutrons'. The creation of the refractory metals solid-phase junctions with high tightness which can prevent the radioactive products release from tungsten into the cooling water is possible by using the vacuum hot roll bonding [1-5]. The metallography results and the Ta-W-Ta solid-phase junction specimens mechanical testing ones obtained by hot roll bonding in vacuum, both immediately after production and after the heat treatment in the temperature range of 900...1300 °C after roll bonding, are presented in the paper. The influence of thermal annealing on the interaction nature of the clad layers with each other and with the core tungsten material of the Ta-W-Ta solid-phase junctions with Nb interlayers obtained by vacuum hot roll bonding has been studied.

1. I.M. Неклюдов, Б.В. Борц, І.Е. Васеха, О.Т. Лопата. Патент 80204 Україна, МПК7 В23К 20/00, В21В 9/00, В32В 37/00. Спосіб зварення у твердій фазі металевих пластин [Текст]; заявник й патентовласник колективне підприємство «Рада ТВР – 78 ННЦ ХФТІ». – №а200511847; заявл. 12.12.05; опубл. 27.08.07, Бюл. №13. – 3с.

2. Borts B.V. Formation of the joint of dissimilar metals in the solid phase by the method of vacuum hot rolling Materials Science. – March, 2012. – Vol.47, No.5. – P. 689-695.

3. B.V. Borts, A.A. Parkhomenko, I.O. Vorobyov, A.A. Lopata. Wave processes and mass transfer on the copper-stainless steel interface under solid phase bonding by high-temperature rolling. Open Journal of Metal, Vol.8, No.4, Dec 2018.

4. Borts B.V., Parkhomenko A.A., Vorobiev I.A., Lopata A.A., Alexandrov V.A., Domnich M.P. Changes in the structure and properties of the Cu-Pb composites interface jointed in the solid phase. Open Journal of Metal, Vol.8, No.3, Sep 2018.

5. B.V. Borts, I.M. Korotkova, O.O. Lopata, V.I. Sytin, V.I. Tkachenko, I.O. Vorobyov. Production of dissimilar metals materials by the method of solid-state joining. Open Journal of Metal, Vol.4 No.2, Jun 2014.

ПОРІВНЯННЯ РІВНЯ ДОМІНАНТНИХ ЛЕТАЛЬНИХ МУТАЦІЙ
У ДРОЗОФІЛ, ЩО ПЕРЕБУВАЮТЬ НА ТЕРИТОРІЯХ
З РІЗНИМ РАДІАЦІЙНИМ СТАНОМ

Д.А. Скоробагатько, О.О. Мазілов

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Ця робота є частиною дослідження впливу довготривалого проживання на територіях з різними радіаційними умовами на генетичні особливості плодових мушок дрозофіл як модельного об'єкту. Досліджувався рівень домінантних летальних мутацій (ДЛМ) у лініях, отриманих від мух, упійманих на різних територіях. Ці мутації не накопичуються, а виникають заново у кожному поколінні, показуючи, свого роду, величину генетичної нестабільності.

Місця вилову дрозофіл: заповідник «Гомольшанські ліси», с. Гайдари (гама-фон у нормі, відсутність бета-випромінювання); санітарно-захисна зона прискорювачів ННЦ ХФТІ (гамма-фон у період роботи прискорювачів до 0,22 мкЗв/год, відсутність бета-випромінювання); м. Чорнобиль (гамма-фон 0,20... 0,22 мкЗв/год, бета-випромінювання 7...8 частинок/см²/хв) та берег ставка-охолоджувача в Чорнобильській зоні (гамма-фон 2,32 мкЗв/год, бета-випромінювання 600...700 частинок/см²/хв).

Було показано значне підвищення рівня ранніх та пізніх летальних мутацій у лінії «Ставок» відносно чистих територій. Рівень ДЛМ у лініях «ХФТІ» та «Гайдари» не відрізнявся. Отримані результати говорять про те, що діяльність ННЦ ХФТІ в цілому не впливає на рівень генетичної нестабільності модельних організмів, що мешкають на його території.

ОЦІНКА ВМІСТУ РУХОМИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ ПРОММАЙДАНЧИКІВ ННЦ ХФТІ

О.О. Мазілов, В.Н. Ткаченко, Д.О. Скоробагатько, Г.М. Солякова, Л.В. Гончарова, С.Г. Плишко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проблема забруднення довкілля належить до категорії глобальних, оскільки є наслідком погіршення умов життя і порушення екологічного рівноваги. Переважна більшість техногенних забруднень, зокрема, важкі метали (ВМ), накопичується в ґрунті та мігрує в ґрунтові води та рослини, чинить токсичну, канцерогенну та мутагенну дію на живі організми.

Виробничі процеси ННЦ ХФТІ є джерелом техногенного забруднення атмосферного повітря, ґрунту та стічних вод.

Загальну забрудненість ґрунту характеризує валова кількість ВМ, що не дозволяє, однак, судити про закономірності поведінки ВМ у ґрунті та можливості їх переходу в суміжні природні середовища. Доступність елементів для рослин визначається їх рухомими формами (РФ).

Проведено оцінку наявності РФ ВМ на території проммайданчиків ННЦ ХФТІ. При виконанні роботи були відібрані проби ґрунтів з різних ділянок, отримані водні ґрунтові витяжки та за допомогою фізико-хімічних методів аналізу визначено концентрації міді, хрому, заліза.

**ДЕЯКІ ПИТАННЯ ПОБУДУВАННЯ ЗАХИСТУ
ВІД БЕТА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ СПЕЦОДЯГУ**
О.О. Мазілов, В.Н. Мушніков, Д.О. Скоробагатько, О.І. Яремко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розглянуто вимоги санітарного законодавства щодо використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) при роботі з джерелами іонізуючих випромінювань.

Досліджено проходження електронів через збірку, що складається з шарів тканини різних типів з додаванням захисних екрануючих матеріалів. Експериментально визначено коефіцієнти ослаблення пучка електронів від джерела ^{90}Sr - ^{90}Y у тканинах. Проведено комп'ютерне моделювання проходження електронів через багатошаровий захист.

Вивчено комбінації матеріалів для виготовлення ЗІЗ для роботи з джерелами бета-випромінювання. Запропоновано тришаровий матеріал, що складається із зовнішнього шару із спеціальної прогумованої тканини ПВХ, проміжного сполучного шару із силікону з порошком карбиду вольфраму та натуральної тканини типу велюру. Показано, що ефективність захисту від бета-випромінювання такої комбінації матеріалів за прийнятної поверхневої щільності досягає 99%.

АНАЛІЗ ЯКОСТІ СТИЧНИХ ВОД, ЩО СКИДАЮТЬСЯ В ННЦ ХФТІ
О.О. Мазілов, В.Н. Ткаченко, М.В. Сосіпатов, Н.О. Богонос, Ю.О. Гордієнко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Проаналізовано та систематизовано результати досліджень якості стічних вод, що скидаються у міську каналізацію (СВ) основних проммайданчиків ННЦ ХФТІ за проміжок часу з 2000 по 2020 роки.

Якість СВ оцінювалося за такими показниками: рН, мінералізація, зважені речовини, хром (VI), сульфати, залізо (загальне), азот амонію, нітрати, СПАР, мідь, хлориди, нафтопродукти, фториди, миш'як.

У роботі обґрунтовано вибір досліджуваних показників, проаналізовано та пояснено причини спостережуваних перевищень вмісту шкідливих хімічних речовин у СВ основних проммайданчиків ННЦ ХФТІ.

Зроблено висновок про відсутність значного впливу СВ, що скидаються в ННЦ ХФТІ на стан міських СВ. Показано, що загальна екологічна ситуація, що склалася внаслідок виробничої діяльності ННЦ ХФТІ, протягом досліджуваного періоду часу перебувала під контролем та не викликала побоювань.

**САМОУЗГОДЖЕНИЙ АНАЛІЗ РЕЗОНАТОРІВ ГІРОТРОНІВ З
І СКАЧКОПОДІБНОЮ ЗМІНОЮ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ**
О.В. Максименко, В.І. Щербінін, В.І. Ткаченко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

На даний момент аналіз резонаторів гіротрона без пучка дозволяє розраховувати частотні характеристики (ЧХ) для поздовжніх профілів будь-якої складності. Однак розрахунок ЧХ гіротрона з урахуванням взаємного впливу пучка електронів та електромагнітної хвилі становить окреме завдання. Для вирішення таких завдань використовується добре відома система рівнянь, яка дозволяє знаходити ЧХ традиційних резонаторів гіротрона зі слабкою поздовжньою неоднорідністю. Для резонаторів зі скачкоподібною зміною поздовжнього профілю аналогічні підходи відсутні. Такі резонатори розглядаються дедалі частіше у зв'язку з необхідністю селективного придушення конкуруючих мод.

У роботі запропоновано узагальнюючий підхід коректного обліку конверсії мод для будь-яких видів зміни поздовжнього профілю резонатора гіротрона. Для скачкоподібної зміни поздовжнього профілю гіротрона розраховані залежності стартових струмів від зовнішнього магнітного поля, потужність та ККД.

РАДІАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИСКОРЕНОЇ ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТОК

О.Н. Одейчук, М.П. Одейчук, В.К. Яковлев, В.І. Ткаченко

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Ефективне вирішення проблеми створення екологічно чистого довкілля при сучасному прискоренні темпів напрацювання органічних промислових та побутових відходів може бути реалізовано при створенні високоефективних методів переробки та різкому збільшенні продуктивності існуючих виробництв. Одним із найефективніших є метод спалювання твердих побутових відходів. Спалювання відходів дозволяє провести повне знезараження побутових відходів, зменшити їх обсяг у 10–20 разів, а масу – в 3–4 рази. Раніше проведені експерименти та розроблені теоретичні моделі з вивчення поведінки реакторних графітів у окисних середовищах (кисень та ін.) у температурному діапазоні 400...1300 °С при опроміненні електронами з енергією 3...10 MeV показали збільшення швидкості окиснення (термодеструкції) в 6–8 разів. Застосування радіаційної електронно-променевої технології для реалізації процесу прискореної термодеструкції дозволить значно скоротити тривалість переробки приблизно на порядок та суттєво знизити температуру переробки. Розроблені дослідно-промислові та промислові прискорювачі електронів з енергією 3...10 MeV дозволяють їх використання у вже існуючих та перспективних спалюючих комплексах при мінімальному доопрацюванні останніх у частині стикування виходу електронів прискорювача та спалювальної камери. Попередні розрахунки показують економічну доцільність застосування зазначеної технології обробки матеріалів на основі вуглецю в процесі їх переробки в процесі спалювання.

ЗМІНА РАДІАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНІ ВОЛЬФРАМУ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ ПУЧКІВ ІОНІВ ГЕЛІЮ

О.В. Мануйленко¹, Е.М. Прохоренко², Б.В. Зайцев¹, К.В. Павлій¹, С.Н. Дубнюк¹, В.В. Литвиненко², В.В. Брюховецький²

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

²*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України*

Одним із перспективних матеріалів першої стінки термоядерного реактора є вольфрам. Однак при експлуатації відбувається його опромінення іонами гелію. При цьому змінюються характеристики поверхні вольфраму. Пошкодження мікроструктури суттєво змінюють механічні властивості [1], теплові характеристики, характеристики здуття поверхні та розпилення [2]. Для дослідження вольфраму використали методику імітаційного моделювання. Для цього застосовували прискорювач іонів гелію [3]. Зразки опромінювали пучками іонів гелію з енергіями 0,12 MeV (у режимі інжекції) та 4 MeV (у режимі прискорення). Опромінення зразків виконувалося за двох температурних режимів 330...340 і 670...720 К. Було знайдено значення втрат енергії в зразках. Визначено глибини залягання пошкоджень. Встановлено, що внаслідок опромінення пучками іонів гелію працюють два процеси. Один із них це процес іонної імплантації, який збільшує твердість поверхні. Було виявлено збільшення твердості на 20% на поверхні зразків, які опромінювалися пучками іонів з енергіями 0,12 MeV. Другим є процес розпилення матеріалу зразка. Профілі ушкоджуваності, профілі перерозподілу атомів матеріалу, що опромінюються, і характеристики ступеня розпилення атомів матеріалу дозволяють визначити зміну щільності по пробігу іонів гелію. Виявлено зміну зон деформації [2] у вольфрамі, в якому була імплантація гелію. Виявлено різну висоту кратерів і борозенок зісковзування для вольфраму, який опромінювався пучками іонів з енергією 0,12 MeV, ніж для вольфраму, опроміненого пучками іонів гелію з енергією 4 MeV.

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

<https://doi.org/10.46813/2022-137-122>

2. Suchandrima Das, Hongbing Yu, Edmund Tarleton, Felix Hofmann. Hardening and Strain Localisation in Helium-Ion-Implanted Tungsten. // www.nature.com/ Scientific Reports, 2019, 9:18354.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-54753-3>

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

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

CHANGES IN THE RADIATION CHARACTERISTICS OF TUNGSTEN AS A RESULT OF INFLUENCE OF HELIUM ION BEAMS

O.V. Manuilenko¹, E.M. Prokhorenko², B.V. Zajtsev¹, K.V. Pavlii¹, S.N. Dubniuk¹, V.V. Lytvynenko², V.V. Bryukhovetskiy²

¹*NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology", Ukraine;*

²*Institute of Electrophysics and Radiation Technologies, Kharkiv, Ukraine*

One of the promising materials for the first wall of a thermonuclear reactor is tungsten. However, during its operation, it is irradiated with helium ions. In this case, the characteristics of the tungsten surface change. Damage to the microstructure significantly changes the mechanical properties [1], thermal characteristics, surface swelling and sputtering characteristics [2]. To study tungsten, a simulation technique was used. In our case, a helium ion accelerator was used [3]. The samples were irradiated with helium ion beams with energies of 0.12 MeV (in the injection mode) and 4 MeV (in the acceleration mode). Irradiation of the samples was carried out at two temperature regimes 330...340 and 670...720 K. The values of energy losses in the samples were found. Depths of occurrence of damages are determined. It has been established that two processes operate as a result of irradiation with helium ion beams. One of them is the ion implantation process, which increases the hardness of the surface. An increase in hardness by 20% was found on the surface of samples that were irradiated with ion beams with energies of 0.12 MeV. The second process is the sputtering process of the sample material. Damage profiles, redistribution profiles of material atoms, and characteristics of the degree of sputtering of material atoms make it possible to determine the change in density from the range of helium ions. A change in the deformation zones [2] in tungsten, in which helium was implanted, was found. Different heights of craters and furrows of sliding (slip grooves) were found for tungsten, which was irradiated with ion beams with an energy of 0.12 MeV, than for tungsten irradiated with helium ion beams with an energy of 4 MeV.

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

<https://doi.org/10.46813/2022-137-122>

2. Suchandrima Das, Hongbing Yu, Edmund Tarleton, Felix Hofmann. Hardening and Strain Localisation in Helium-Ion-Implanted Tungsten // www.nature.com/ Scientific Reports, 2019, 9:18354.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-54753-3>

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

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

ПЕРЕНЕСЕННЯ ІОНІВ МЕТАЛУ ЧЕРЕЗ НАНОШАР ДІЕЛЕКТРИКА ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУЖЕНОСТІ

С.І. Бондаренко, О.В. Кревсун, В.П. Коверя, О.Г. Сиваков

ФТІНТ НАН України, Харків

Експериментально досліджено перенесення іонів сплаву індій-олово через шар оксиду Nb₂O₅ з товщиною 30 нм внаслідок короткочасного впливу на нього локального електричного поля з напруженістю 3·10⁶ В/см, необхідного для електричного пробую окис при нарузі близько 10 В. У результаті перенесення сплаву в рідкій фазі та його затвердіння між плівковими електродами зі сплаву та ніобію виникає наноконтакт між плівками у вигляді містка з довжиною 30 нм та діаметром близько 10 нм. Електричний опір містка залежить від величини електричного струму, що протікає через нього у момент утворення. Мінімальний опір на рівні 1...2 Ом виникає при струмі через місток, що дорівнює 10 мА. Питомий опір матеріалу містка близький до питомого опору електрода зі сплаву індій-олово. Опір містка практично не змінюється за 9 місяців. Розміри, чистота матеріалу містків та надпровідникові матеріали електродів дають підставу вважати можливим існування в контакті ефекту Джозефсона за температури нижче критичної температури сплаву. При цьому технологія виготовлення таких контактів істотно простіше і доступніше порівняно з традиційною. Новий вид контакту Джозефсона може знайти застосування під час створення детекторів випромінювання, і навіть надпровідних квантових інтерферометрів для квантових інформаційних і магнітометричних систем.

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ЗВ'ЯЗКУ ПОВЕРХНЕВОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ ІЗ РІЗНИМИ ПРОЦЕСАМИ В УМОВАХ ВІМС-ВИМІРЮВАНЬ

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

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

У попередніх ВІМС-дослідженнях взаємодії гідридоутворюючих сплавів з воднем та киснем [1-3] було з'ясовано, що величини інтенсивностей емісії воденьвмісних вторинних іонів можуть використовуватись для моніторингу концентрації водню на поверхні у широкому діапазоні експериментальних умов. Це надає можливості для вивчення характеристик процесів, які впливають на його концентрацію. Для детального

розуміння зв'язку концентрації водню на поверхні із дією та специфікою процесів, що відбуваються на поверхні зразків, було розроблено аналітичну модель яка дозволяє описати вплив ряду процесів на концентрацію водню на поверхні під час ВІМС-досліджень. Основою моделі є диференціальне рівняння, яке пов'язує зміни концентрації водню з часом під дією низки можливих процесів, серед яких адсорбція, десорбція, дифузія у об'єм та з об'єму, розпилення іонним бомбардуванням. Модель застосовано для аналізу низки процесів, що відбуваються при *in situ* ВІМС-дослідженнях взаємодії з воднем, та для отримання кількісних оцінок кінетичних характеристик цих процесів у випадку низки гідридоутворюючих сплавів.

1. Litvinov et al. 2021. Ukrainian Journal of Physics. Vol. 46, № 10. P. 723-735, <https://dx.doi.org/10.15407/ujpe66.8.723>

2. Okseniuk et al. 2022. Surface Science. Vol. 716. A. 121963, <https://dx.doi.org/10.1016/j.susc.2021.121963>

3. Okseniuk et al. 2022. Vacuum. Vol. 197. A. 110861, <https://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2021.110861>

РАДІАЦІЙНА ХІМІЯ МОЛЕКУЛ ГЛУТАМІНУ: МЕТОД СТРУКТУРНИХ КОМБІНАЦІЙ

¹В.Т. Маслюк, ²В.П. Ганулич, ¹А.М. Завілопуло, ¹Н.І. Сватюк, ¹О.М. Поп, ²О.І Сімканич, ²С.Ф. Гончарова

¹Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород;
²ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна

Відомою є важливість дослідження стійкості біоорганічних молекул в умовах дії радіаційних факторів, які можуть приводити до їх деструкції. Фундаментальні фактори, що обумовлюють їх стійкість та здатність до структурних перетворень також потребують додаткових досліджень. Амінокислоти відносяться до важливих структурних компонентів ДНК, вивчення хіміко-структурних аспектів їх стійкості та упорядкування в радіаційних полях є важливим.

У даній роботі такі дослідження проведені в рамках методу «ball and stick» на прикладі молекули глутаміну, враховуючи енергетику гомо-, гетерозв'язків між атомами Н, С, N, О та комбінаційну ентропію для різних комбінацій їх з'єднання. Запропоновано модель «кольорових наборів» атомів та кольорова статистика для систематизації цих структур, які визначаються без та при наявності «обірваних» хімічних зв'язків. Запропоновано принцип Лего для дослідження ймовірних структурних перетворень та утворення нових типів хімічних комплексів. Є потреба проведення першопринципних розрахунків енергії зв'язку їх структур та співставлення із даними, отриманими в рамках методу «ball and stick». Обговорюється також роль радіації у синтезі біоорганічних структур, її значення для утворення та еволюції живої матерії.

ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ДОПУСТИМОГО ВИКИДУ З АЕС

С.В. Барбашев, Н.С. Гладун

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Згідно до НРБУ-97 для підтримання радіаційно-прийняттого стану навколишнього середовища та технологій радіаційно-ядерних об'єктів з позицій обмеження опромінення персоналу та населення встановлюється ряд радіаційно-гігієнічних регламентів. Серед них – допустимий викид (ДВ) радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

У 2007 році вийшла Публікація 103 МКРЗ, де для забезпечення радіаційного захисту не тільки людини, але і довкілля у всіх ситуаціях опромінення пропонується разом із концепцією «референтної (стандартної) людини» застосовувати концепцію «умовних» (референтних) тварин і рослин. Тобто, стратегія забезпечення радіаційної безпеки людини посилюється за рахунок екологічних принципів.

У даній роботі, застосовуючи модель радіаційної ємності ландшафтних елементів, що знаходяться в районі розташування АЕС, та розрахунок радіаційного ризику від опромінення людини та наземної біоти, розроблено підхід до визначення значення допустимого радіаційного викиду з такого об'єкту, який забезпечує безпечне існування наземної біоти (екологічне нормування) і людини (гігієнічне нормування).

Консервативний розрахунок, виконаний для викиду ¹³⁷Cs із Запорізької АЕС, показав, що безпечний рівень опромінення організмів біоти (ссавців) забезпечується при викиді з АЕС (екологічно допустимий викид) майже на порядок більшому ніж для людини. Отриманий результат носить попередній, ілюстративний характер та потребує додаткових досліджень. Але, якщо подальші дослідження підтвердять отриманий результат, то це може свідчити про відсутність підстав для відмови від гігієнічного принципу радіаційного захисту на користь екологічного.

ФОРМУВАННЯ ПУЧКІВ ГАЛЬМІВНИХ ФОТОНІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У ГЕРМЕТИЧНИХ КОНТЕЙНЕРАХ НА МІКРОТРОНІ М-30

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

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Для ізотопного аналізу ядерних матеріалів (фертильних та подільних), що знаходяться у герметичних сталевих контейнерах, широко використовується запізніле гамма-випромінювання від продуктів їх активації, утворене у результаті реакції фотоподілу [1]. Пучки гальмівного випромінювання, отримані на електронних прискорювачах, які можуть містити, окрім гальмівних фотонів, вторинні електрони та фотонейтрони, використовують для стимуляції реакції фотоподілу. Для отримання «чистих» пучків застосовують комбіновані мішені (конвертери + фільтри) [2].

Проведено аналіз поглинальних характеристик фільтрів, виготовлених з реакторного графіту, алюмінію та порошку карбиду бору (B_4C) стосовно фотонів, вторинних електронів та фотонейтронів, присутніх у пучках гальмівного випромінювання, утворених при взаємодії прискорених електронів ($E_e = 12.5$) із Та-конвертером (товщиною 1 мм), інструментарієм Geant4 (версія GEANT4 10.7). Додатково проведені експериментальні дослідження трансмісії гальмівних фотонів та електронів вказаними фільтрами. Отримані результати дозволили оптимізувати схему ізотопного аналізу ядерних матеріалів у герметичних контейнерах на мікротроні М-30.

1. I. Pylypchynets et al. Scientific Herald of Uzhhorod University. Series "Physics". 2020. V. 48. P. 38-49.

2. І. Пилипчинец та ін. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. 2019. Т. 45. С. 49-59.

ВПЛИВ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНАМИ З ЕНЕРГІЄЮ 12,5 МеВ НА ФОСФОРЕСЦЕНЦІЮ ТА ОПТИЧНЕ ПРОПУСКАННЯ КРИСТАЛІВ РУБІНА ($Al_2O_3:Cr$)

І.Г. Мегела, О.М. Поп, В.Т. Маслюк, І.Ю. Роман

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Синтетичний рубін широко використовується в техніці, зокрема як активний елемент в лазерах, що зумовлює інтерес проведення досліджень впливу радіаційного опромінення на його властивості. У представлений роботі досліджувались кристали рубіну ($Al_2O_3:Cr$), вирощених методом Вернейля.

Опромінення кристалів рубіну здійснювалось при кімнатній температурі електронами, прискореними на мікротроні М-30, з енергією 12,5 МеВ, флюенсами до 10^{15} е·см⁻². Поле опромінення формувалось стандартною методикою, виведеного з мікротрона М-30, пучка на тонкій фользі та формуючого коліматора. Опромінення електронами супроводжується також опроміненням гальмівними гамма-квантами, які неминуче виникають при взаємодії прискорених електронів з конструктивними елементами. Інтенсивність електронної складової поля опромінення складала в середньому $4 \cdot 10^{10}$ е·см⁻²·с⁻¹, що не приводило до нагрівання зразків. Відразу після опромінення зразків, вимірювалась кінетика спаду фосфоресценції, яка виникала в результаті опромінення. Після її затухання, визначались коефіцієнти поглинання в інтервалі характерних для рубіна смуг 410 та 650 нм.

ГЕОХІМІЯ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ р. ТИСА: ПРОСТОРОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ

Н.І. Сватюк¹, В.Т. Маслюк¹, В.І. Роман¹, О.І. Симканич², О.М. Поп¹, О.А. Тарнай¹, М.В. Гошовський¹

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

²*Ужгородський національний університет, Україна*

Відомою є важливість геохімічних показників досліджуваних територій для встановлення екологічних показників проживання біоти. Як правило, їх хімічний та ізотопний склад визначається продуктами радіоактивних перетворень дочірніх ізотопів U/Th природних рядів, а також вмістом радіонуклідів радіо- та космогенного походження. Ізотопний та хімічний склад намулів є важливими не лише для досліджуваних водойм, але дозволяє встановити геохімічними показниками значних прилеглих територій. Особливо це стосується водойм та русел гірських рік, водозбір яких формується на великих площах та зазнає впливу сезонних, глобальних та техногенних факторів.

У роботі представлено результати низькофонової досліджень наземної радіоактивності намулів р. Тиса, з 27 точок пробовідбору вздовж її русла з високогірних та низинних районів Карпат. Ріка Тиса є важливою компонентою водних ресурсів країн: України, Румунії, Словаччини, Угорщини та Сербії. В Україні практично вся територія Закарпаття є басейном її водозбору, що становить 25,6% її загального стоку. Використовуючи відому методику зроблено оцінку вмісту кларкових U/Th/K компонент вздовж її русла, представлено дані факторного та кластерного аналізу даних просторового поширення в намулах радіонуклідів природного та техногенного походження.

1. N.P. Dikiy, Yu.V. Lyashko, et al. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/136096>.

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ ІРШАВСЬКОЇ І КАМ'ЯНСЬКОЇ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ
ГРОМАД

О.І. Симканич¹, М.Р. Салюк¹, О.С. Глух¹, Н.І. Сватюк², Ю.В. Чийпеш¹

¹Ужгородський національний університет, Україна;

²Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

У зв'язку з нераціональним веденням господарської діяльності, площі деградованих земель аграрного призначення зростають. Ґрунти Закарпатської області, не стали винятком. Неконтрольоване внесення високих норм мінеральних добрив та пестицидів, недотримання системи обробітку Ґрунту, зумовлюють забруднення Ґрунтового покриву небезпечними речовинами, у тому числі й екополлютантами, які характеризуються високою токсичністю та становить пряму загрозу здоров'ю людини. Саме з цих міркувань, вивчення Ґрунтів є актуальним питанням і потребує всебічного аналізу. Основними показниками, за якими визначається агрохімічний стан Ґрунтового покриву земельних ділянок, є: вміст мікроелементів (Zn, Pb), гумусу, фосфору; кислотність; нітрати; нітроти. У даній роботі представлено результати зміни екологічного стану Ґрунтів сільськогосподарських земель Іршавської і Кам'янської об'єднаних територіальних громад (м. Іршава, с. Осій, с. Сільце). Ґрунти досліджуваних території є середньокислими та відповідають низькому забезпеченню гумусом. Встановлено, що вміст важких металів Zn, Pb у Ґрунтах відрізняються незначно. Найвищі значення зафіксовано поблизу м. Іршава, що свідчить про більше антропогенне навантаження на територію, та вимагає постійного її контролю. Отже, дані дослідження дають можливість окреслити проблемні території, прогнозувати та запобігати розвитку деградаційних процесів у Ґрунтах з урахуванням специфіки господарської діяльності.