

Національна академія наук України

**Національний науковий центр
«Харківський фізико-технічний інститут»**

Інститут фізики високих енергій та ядерної фізики

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

**ХІХ КОНФЕРЕНЦІЇ
З ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ
ТА ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ**

Харків

Харків
2021

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Физика ядра и элементарных частиц

1. ЭКСПЕРИМЕНТ CMS И УЧАСТИЕ В НЁМ ННЦ ХФТИ К.А.Клименко, А.А.Куров, <u>Л.Г. Левчук</u> , С.Т.Луцькянєнко, В.Ф.Попов, А.С.Приставка, Д.В.Сорока, Л.С.Ковалева, А.Л.Беспалов.....	18
2. ЭНЕРГЕТИКА, ПРИРОДНЫЙ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР И ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ В.Ф. Клепиков.....	19
3. ВПЛИВ ЯДЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРОЦЕСИ АДРОНІЗАЦІЇ ДИВНИХ КВАРКІВ В ПРОТОН-СВИНЦЕВИХ ЗІТКНЕННЯХ З ЕНЕРГІЄЮ $\sqrt{S_{NN}} = 5,02$ TeV НА ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb С. Колієв, О. Кот, <u>О. Охріменко</u> , Є. Петренко, В. Пугач.....	20
4. КВАНТОВЫЙ ИНЖИНИРИНГ В ТОЧНО-РЕШАЕМЫХ МОДЕЛЯХ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ В.П. Березовой, М.И. Кончатный, А.Ю. Нурмагамбетов.....	20
5. ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПРЯМОГО РОЖДЕНИЯ ПАР ЧАРДЖИНО <u>Л.Г. Левчук</u> , <u>С.Т. Луцькянєнко</u>	21
6. РАСЧЕТЫ СЕЧЕНИЙ РОЖДЕНИЯ БОТТОМ КВАРКОВ В ЭЛЕКТРОН– ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В.В. Котляр, А.Ф. Щусь.....	22
7. РОЖДЕНИЕ МЕЗОНОВ СО СКРЫТЫМ ОЧАРОВАНИЕМ ИЗ РАСПАДОВ b -АДРОНОВ В $e^+ e^-$ – СТОЛКНОВЕНИЯХ В.В. Котляр, А.Ф. Щусь.....	22
8. ОДНОПЕТЛЕВЫЕ КХД ПРОЦЕССЫ В РОЖДЕНИИ b -КВАРКОВ И ОБРАЗОВАНИЕ ЧАРМОНИЕВ В ПРОТОН–ПРОТОННОМ РАССЕЙАНИИ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ ЦЕРН В.В. Котляр, Н.И.Маслов.....	23
9. ВИМІРЮВАННЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ УТВОРЕННЯ V^0 АДРОНІВ У ЗІТКНЕННЯХ ПРОТОН-СВИНЕЦЬ ПРИ ЕНЕРГІЇ $E_{cm}=5$ TeV В ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb	

С. Колієв, О. Кот, О. Охріменко, Є. Петренко, В. Пугач.....24

10. ВИМІРЮВАННЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ УТВОРЕННЯ V^0 АДРОНІВ
У ЗІТКНЕННЯХ ПРОТОН-ПРОТОН ПРИ ЕНЕРГІЇ $E_{\text{cm}}=5$ TeV В
ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb

С. Колієв, О. Кот, О. Охріменко, Є. Петренко, В. Пугач.....24

11. НАРОДЖЕННЯ e^-e^+ ПАРИ ПРИ ЗІТКНЕННІ ІНТЕНСИВНОГО
ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА З ФОТОННИМ ПУЧКОМ СЛАБКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ
В.М. Недорешта, О.І. Ворошило.....24

12. МОДЕЛЮВАННЯ ШИРИНИ РОЗПАДУ БОЗОНА ХІГГСА В РАМКАХ
ТНДМ МОДЕЛІ

Обіход Т.В., Петренко Е.О......25

13. О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ УРАВНЕНИЯ БЕЗ ЛИШНИХ
КОМПОНЕНТ ДЛЯ ЧАСТИЦЫ СО СПИНОМ 3/2 И НЕНУЛЕВОЙ МАССОЙ
В.М. Симулик, И.И. Вийкоть.....25

14. УНИТАРНОСТЬ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИНКЕЛЬШТЕЙНА-
КАЙАНТИ В ДИФРАКЦИОННОМ РОЖДЕНИИ АДРОНОВ

Е.С. Мартынов, Г.С. Терсимонов.....26

15. ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРУЖНОМУ РОЗСІЯННІ ДЕЙТРОНІВ НА
ЕЛЕКТРОНАХ ЩО ПОКОЮТЬСЯ

Г.І. Гах, М.І. Кончатний, М.П. Меренков, А.Г. Гах.....27

16. ПРОЯВИ ЗБУДЖЕНОГО ЕЛЕКТРОНА В РЕАКЦІЇ $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$

Г.І. Гах, М.І. Кончатний, М.П. Меренков, А.Г. Гах.....27

17. CRITICAL PHENOMENA IN ANISOTROPIC MULTIDIMENSIONAL
SYSTEMS.

A.V. Babich, V.F. Klepikov.....28

18. РОЗРАХУНОК ЙМОВІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ 2-ГО ПОРЯДКУ
З ФОТОННИМ ПРОМІЖНИМ СТАНОМ В ПОЛІ МОНОХРОМАТИЧНОЇ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ

Ворошило О.І., Недорешта В.М......28

19. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЯДЕР
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ БОЛЬШЕ РАСПРОСТРАНЕНЫ

Ю.А. Аминов.....29

20. КРИВИЗНА ДИФРАКЦІЙНОГО КОНУСА ПРОТОН-ПРОТОННОГО РОЗСІЯННЯ ПРИ ЕНЕРГІЯХ ВЕЛИКОГО АДРОННОГО КОЛАЙДЕРА <i>О.І. Лендел, З.З. Торич, Н. Бенце.....</i>	30
21. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ОКРУПНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ В ИЗОТОПАХ РАДИЯ В ПРИБЛИЖЕНИИ ХАРТРИ-ФОКА-БОГОЛЮБОВА С СИЛАМИ СКИРМА <i>В.Н. Тарасов, В.И. Куприков, В.В. Пилипенко, Д.В. Тарасов.....</i>	30
22. РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОТТОМ-КВАРКОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В ПАРУ ТОП-КВАРКОВ ПРИ ЭНЕРГИИ КОЛЛАЙДЕРА SLIC <i>И.В. Трутьев, А.Ю. Корчин.....</i>	31
23. РАССЕЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН НА КВАЗИ-СФЕРИЧЕСКИХ ЧЕРНЫХ ДЫРАХ <i>А. М. Арсланалиев, А. Ю. Нурмагамбетов.....</i>	32
24. РОЖДЕНИЕ РЕЗОНАНСОВ В ДИФРАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ НА УСКОРИТЕЛЕ LHC <i>Л.Л. Енковский.....</i>	32

Секция 2. Фундаментальные исследования при промежуточных и высоких энергиях

1. SCATTERING OF TWO COLLIDING BEAMS BY NUCLEI OF THE FIXED TARGET– A METHOD TO INVESTIGATE PROPERTIES OF A MATTER UNDER NEW EXTREME CONDITIONS <i>Oleksandr Vitiuk, Valery Pugatch, Kyryll Bugaev.....</i>	33
2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БАГАТОЧАСТИНКОВИХ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ У НДК «ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ В 2020 р. <i>М.І. Айзацький, О.А. Безшейко, В.О. Бочаров, О.М. Водін, Л.О. Голінка-Безшейко, О.С. Деев, І.М. Каденко, О.С. Качан, В.Ю. Корда, Л.П. Корда, Е.Л. Купленніков, В.А. Кушнір, В.В. Мітроченко, С.М. Олійник, С.О.Пережогін, М.М. Пилипенко, О.О. Репіхов, І.С. Тімченко, Б.І. Шраменко, С. Vallerand.....</i>	34

3. Σ -АСИММЕТРИЯ И СЕЧЕНИЕ РЕАКЦИИ $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p)^{11}\text{B}$ ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ <i>В.Б.Ганенко, Д.Д.Бурдейный</i>	35
4. РОЗРОБКА НАДТОНКОЇ ФІКСОВАНОЇ ТВЕРДОТІЛЬНОЇ МІШЕНІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb (CERN) <i>В. Пугач, С. Чернишенко, В. Добішук, О. Ковальчук, В. Аушев, О. Кишванський, О. Скоренок</i>	35
5. НОВА РАДІАЦІЙНО СТІЙКА МОНІТОРИНГОВА СИСТЕМА RMS-R3 ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ ПУЧКІВ ТА ФОНУ В МОДЕРНІЗОВАНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb <i>В.М. Добішук, С.Б. Чернишенко, О.Ю. Охріменко, В.М. Пугач, В.О. Кива, Д.І. Сторожик, В.М. Міліція</i>	36
6. ПУЧКОВАЯ ЛИНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЛУЭ-60 ИФВЭФ ННЦ ХФТИ <i>В.Б.Ганенко, В.И. Касилов, Г.Д.Коваленко, Н.И.Маслов, И.Л.Семисалов</i>	37
7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 100 МэВ <i>В.Б. Ганенко, Д.Д. Бурдейный</i>	37
8. ЗАЛЕЖНІСТЬ ІЗОМЕРНИХ ВІДНОШЕНЬ ВИХОДІВ В РЕАКЦІЇ $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)^{44\text{m}}\text{Sc}$ ВІД ЕНЕРГІЇ ГАММА-КВАНТІВ В ПРИПОРОГОВІЙ ОБЛАСТІ <i>В. М. Мазур, З. М. Біган, П. С. Деречкей, О. М. Турховський, М. В.Гошовський</i>	38
9. ВИВЧЕННЯ ПЕРЕРІЗІВ ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ НА ІЗОТОПАХ ^{120}Te , ^{122}Te В РАЙОНІ 10 – 18 МЕВ <i>В. М. Мазур, З. М. Біган, П. С. Деречкей</i>	39
10. ДІАГНОСТИКА РІДКІСНИХ ПОДІЙ У СПЕКТРАХ УЛАМКІВ ПОДІЛУ АКТИНІДНИХ ЯДЕР <i>В.Т. Маслюк, Ю.А. Кондаш, О.М. Поп, Р.В. Літвинчук, А.Д. Скорбун, О.О. Парлаг, Д.О. Ашенберг</i>	39
11. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРІЗІВ БАГАТОЧАСТИНКОВОЇ РЕАКЦІЇ $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{24}\text{Na}$ ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 40 \div 95$ МеВ <i>О.М. Водін, О.С. Деев, І.С. Тімченко, С.М. Олійник</i>	40
12. ПЕРЕРІЗИ БАГАТОЧАСТИНКОВОЇ РЕАКЦІЇ $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{22}\text{Na}$ У	

ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ $E_{\gamma\max} = 35 \div 95$ MeV
О.М. Водін, О.С. Десв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник.....41

13. ФОТОРОЗЦЕПЛЕННЯ ^{93}Nb ПРИ $E_{\gamma\max} = 33 \div 93$ MeV
О.М. Водін, О.С. Десв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, В.Ю. Корда, М.І. Айзацький,
В.А. Кушнір, В.А. Бочаров, В.О. Гамов, А.С. Качан, Л.П. Корда, Е.Л. Купленніков,
В.В. Митроченко, С.О. Пережогін, М.М. Пилипенко.....42

14. ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ ПРОДУКТІВ ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ
 $^{93}\text{Nb}(\gamma, 4n)^{89\text{m.g}}\text{Nb}$ І $^{93}\text{Nb}(\gamma, 5n)^{86\text{m.g}}\text{Nb}$ ПРИ $E_{\gamma\max} = 50 \div 93$ MeV
О.М. Водін, О.С. Десв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник.....42

15. ФОТОНЕЙТРОННІ РЕАКЦІЇ НА ^{181}Ta ПРИ $E_{\gamma\max} = 80 \div 95$ MeV
А.М. Водін, О.С. Десв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник, В.Ю. Корда, М.І. Айзацький,
В.А. Кушнір, В.О. Бочаров, В.О. Гамов, О.С. Качан, Л.П. Корда,
Е.Л. Купленніков, В.В. Митроченко, С.О.Пережогін, М.М. Пилипенко.....43

16. ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ СЕРЕДНІХ ПЕРЕРІЗІВ ПРОДУКТІВ РЕАКЦІЙ
 $^{181}\text{Ta}(\gamma, 3n)^{178\text{m.g}}\text{Ta}$ ПРИ $E_{\gamma\max} = 80 \div 95$ MeV
О.М. Водін, О.С. Десв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник44

17. ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИЯХ
 $^{103}\text{Rh}(\gamma, 3n)^{100\text{m.g}}\text{Rh}$ И $^{103}\text{Rh}(\gamma, 4n)^{99\text{m.g}}\text{Rh}$
О.А. Безишйко, А.Н. Водин, Л.А. Голинка-Безишйко, И.Н. Каденко, Е.А.Крячок,
В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.Н. Олейник, А.А.Палиничак С.А. Пережогин,
С. Vallerand (С.Валеранд).....45

18. ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ДЛЯ ПРОДУКТОВ ФОТОЯДЕРНЫХ
РЕАКЦИЙ С ВЫЛЕТОМ 3, 5 И 7 НЕЙТРОНОВ НА ИЗОТОПАХ СУРЬМЫ
О.А. Безишйко, В.И.Берест, А.Н. Водин, Л.А. Голинка-Безишйко, И.Н. Каденко,
Е.А.Крячок, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко, С.Н. Олейник, С.А. Пережогин,
С. Vallerand (С.Валеранд).....45

19. БЕЗМОДЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ
САМОСОГЛАСОВАННОГО ПОЛЯ ЯДРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА
А.Н. Водин, Л.П. Корда, В.Ю. Корда.....46

20. ИЗМЕНЕНИЕ МОЩНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ
СЦИНТИЛЛЯТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНЫХ СВИНЦОВЫХ
ЭКРАНОВ
В.Ф. Попов, А.А. Беляев, Л.С. Ковалёва, Л.Г. Левчук, Алексей А. Луханин,
Александр А. Луханин, Е.А. Споров.....46

21. ВИМІР СТУПЕНЮ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ФОТОННОГО ПУЧКА ЗА ДОПОМОГОЮ ${}^4\text{He}(\gamma, p){}^3\text{H}$ І ${}^4\text{He}(\gamma, n){}^3\text{He}$ РЕАКЦІЙ <i>Ю.П. Ляхно</i>	47
22. РОЗРОБКА СПІНОВОГО НЕЙТРОННОГО ФІЛЬТРА НА ОСНОВІ МІШЕНІ ПОЛЯРИЗОВАНИХ ЯДЕР ${}^3\text{He}$ <i>А.А. Беляев, Олександр О. Луханін, Олексій О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров</i>	48
23. РЕАКЦІЯ ${}^{14}\text{N}(\gamma, np){}^3\alpha$ ПРИ $E_\gamma^{\text{max}} = 150$ МэВ <i>Афанасьев С.Н.</i>	48
24. ВПЛИВ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ ІОНАМИ He^+ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ВОЛЬФРАМОВИХ ПОКРИТТІВ НА НАКОПИЧЕННЯ ГЕЛІЮ <i>В.В. Бобков, Л.П. Тищенко, Ю.І. Ковтуненко, А.О. Скрипник</i>	49

Секция 3. Фундаментальные исследования процессов взаимодействия ультрарелятивистских частиц с монокристаллами и веществом

1. ВПЛИВ ЗАМАГНІЧУВАННЯ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ВТРАТИ ВАЖКОЇ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ В ЕЛЕКТРОННОМУ ГАЗІ <i>Хелемеля О.В., Холодов Р.І.</i>	51
2. КОРРЕЛЯЦІЯ МЕЖДУ УГЛОМ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И ИОНИЗАЦИОННЫМИ ПОТЕРЯМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ <i>Н.В. Бондаренко</i>	51
3. ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ РАССЕЯНИЯ БЫСТРЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ТОНКОМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ОНДУЛЯТОРЕ <i>Н.Ф. Шульга, В.И. Трутень</i>	52
4. ПРО РОЗГЛЯД РОЗСІЮВАННЯ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА КРИСТАЛІЧНІЙ ПЛОЩИНІ АТОМІВ В ЕЙКОНАЛЬНОМУ НАБЛИЖЕННІ <i>Шульга М.Ф., Корюкіна В.Д.</i>	53
5. ПОЛНЫЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ СЕЧЕНИЯ РАССЕЯНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ КАК ФУНКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО РЕАЛИЗУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ	

С.Н. Шульга, Н.Ф. Шульга.....53

Секция 4. Физика и техника детекторов излучений

1. ГЕТЕРОСТРУКТУРОВАНІ ОРГАНІЧНІ СЦИНТИЛЯТОРИ ІЗ ВИСОКОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО РОЗДІЛЕННЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ЗА ФОРМОЮ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО ІМПУЛЬСУ
М.З. Галунов, О.А. Тарасенко, І.Ф. Хромюк.....55
2. RADSCAN КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ ОДНОРІДНОСТІ РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ: МІКРОТРОН М-30
М.І. Романюк, В.В. Лукачинець, О.М. Турховський, О.А. Тарнай, М.В. Гошовський, В.Т. Маслюк.....55
3. ПЕРЕВАГИ МЕТАЛЕВИХ МІКРОСТРІПОВИХ ДЕТЕКТОРІВ ЯК СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПРОФІЛЮ ПУЧКА
Д. Рамазанов, О. Ковальчук, В. Кива, Д. Сторожик, В. Міліція, В. Пугач.....56
4. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИРМ-СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ α -СПЕКТРОВ
А. А. Луханин, В.Ф. Попов, Л.С.Ковалева, Л.Г. Левчук.....57
5. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДУ СТВОРЕННЯ НОВІТНІХ ДЕТЕКТОРНИХ ШАРІВ ALICE ITS3 НА ОСНОВІ ТОНКИХ ВИГНУТИХ КРЕМНІЄВИХ ПІКСЕЛЬНИХ СЕНСОРИВ
В.М. Борцов, І.Т. Тимчук, М.А. Проценко, О.В. Суддя.....57
6. КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ГОНИОМЕТРОМ
Г.П. Васильев, С.К. Киприч, А.А. Каплий, Г.Д. Коваленко, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, М.Ю. Шулика, И.Н. Шляхов, В.И. Яловенко.....58
7. КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ИЗМЕРЕНИЙ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНАРНЫХ КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ
Г.П. Васильев, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, В.И. Яловенко.....58
8. ИНТЕГРИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОК-НАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ ТОКОВ
Г.П. Васильев, С.К. Киприч, А.А. Каплий, Г.Д. Коваленко, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, М.Ю. Шулика, И.Н. Шляхов, В.И. Яловенко.....59

9. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕГИСТРАЦИИ ДЕТЕКТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ Si ПЛАНАРНЫЙ ДЕТЕКТОР И Gd МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КОНВЕРТОР

В.Н. Дубина, Н.И. Маслов.....59

10. ВПЛИВ УМОВ ОПРОМІНЕННЯ НА РОЗТРИСКУВАННЯ РАДІАЦІЙНО-СТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ

А.Ю. Бояринцев, М.З. Галунов, Т.Є. Горбачова, Н.Л. Каравасева, А.В. Креч, Т.А. Непокупна, Л.Г. Левчук, В.П. Попов.....60

11. INVESTIGATION OF ANISOTROPIC PROPERTIES OF SMALL-SIZED P-TERPHENYL SINGLE CRYSTALS FOR USE IN SPACE RESEARCH

I.V. Lazarev, T.E. Gorbachova, O.V. Dudnik, B.V. Gryniov, V.A. Tarasov, Ya. I. Polupan, I.F. Khromiuk, V.M. Zuber.....60

12. RADIATION RESISTANCE OF OPTICAL COMPONENTS FOR NEW LUMINOMETER OF THE LHCB EXPERIMENT

M.I. Ayzatskyi, S. Barsuk, O. A. Bezshyyko, Y. Boyarintseva, A. Boyaryntsev, S. Cholak, L. O. Golinka-Bezshyyko, V. A. Kushnir, M. Van Dijk, V. V. Mytrochenko, T. Nepokupnaya, S. A. Perezhogin, V. Puill.....61

Секция 5. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц

1. РЕАКЦІЯ $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОТОКУ ГАЛЬМІВНИХ γ -КВАНТІВ

О.М. Водін, О.С. Деев, І.С. Тімченко, С.М. Олійник.....62

2. ОСОБЛИВОСТІ КОГЕРЕНТНОГО СКЛАДАННЯ КІЛЬВАТЕРНИХ ПОЛІВ ЛАНЦЮЖКА КОРОТКИХ ЛАЗЕРНИХ ІМПУЛЬСІВ В ПЛАЗМІ ВИСОКОЇ ГУСТИНИ

Д.С.Бондар, В.І.Маслов, І.М.Онищенко.....63

3. DIFFRACTION RADIATION FROM MOVING CHARGED PARTICLE AND PERFECTLY CONDUCTIVE OR IMPEDANCE WEDGE

V. Ostroushko.....63

4. МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ПІДСИЛЕННЯ СТРУМУ ПОЛЬОВОЇ ЕМІСІЇ ЕЛЕКТРОНІВ З КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИСКОРЮВАЧІВ

Лебединський С.О., Мусієнко І.І., Холодов Р.І.....64

5. ПРОЕКТ ЛІНІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПУЧКА ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА НАКОПИЧУВАЧА «НЕСТОР» ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ З ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ
*В.В. Митроченко, М.І. Айзацький, В.Б. Ганенко, Г.Д. Коваленко, В.А. Кушнір, С.О. Пережогін.....*65
6. W-ТА НЕЙТРОННО-ОБРАЗУЮЩАЯ МИШЕНЬ ДЛЯ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ ННЦ ХФТИ, УПРАВЛЯЕМОЙ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ
*Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьев, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Ю.А. Марченко, А.А. Пархоменко, И.В. Паточкин, И.В. Ушаков.....*65
7. ОТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ЗГУСТКУ ГАРНОЇ ЯКОСТІ З ВЕЛИКИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ТРАНСФОРМАЦІЇ У КІЛЬВАТЕРНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ
*Р.Т. Овсянніков, І.П. Левчук, В.І. Маслов, І.М. Онищенко.....*66
8. ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ УРАНОВОЙ МИШЕНИ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ
*Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьев, В.Т. Быков, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Е.В. Луценко, Ю.А. Марченко, А.А. Пархоменко И.В. Паточкин, И.В. Ушаков, В.М. Шершнев.....*67
9. ПРИМЕНЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МАГНИТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ
*В.А. Бовда, А.М. Бовда, И.С. Гук, В.Н. Лященко, А.О. Мыцыков, Л.В. Онищенко.....*68
10. АДАПТИВНИЙ МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ПУЧКІВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ: МІКРОТРОН М-30
*В.Т. Маслюк, М.І. Романюк, Р.О. Афанасьев, О.М. Турховський, Г.Ф. Пітченко, О.А. Тарнай.....*68
11. ФОРМУВАННЯ ТА ДОЗИМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ МІКРОТРОНА М-30
*М.І. Романюк, О.М. Турховський, М.В. Гошовський, Г.Ф. Пітченко, Й.Й. Гайніш, І.Г. Мегела, О.О. Парлаг., Є.В. Олейніков, В.Т. Маслюк.....*69

Секция 6. Компьютерные технологии в физических исследованиях

1. ОБНОВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ Т2-ЦЕНТРА ННЦ ХФТИ ГРИД-ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS <i>А.А.Куров, К.А.Клименко, Л.Г. Левчук, А.С.Приставка, Д.В.Сорока</i>	70
2. ИНТЕГРАЦИЯ УСТРОЙСТВ NETRING В СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА ZABVIX НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS <i>Клименко К.А., Левчук Л.Г., Куров А.А., Приставка А.С.</i>	71
3. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ННЦ ХФТИ ДЛЯ УЧАСТИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS <i>К.А. Клименко, А.А. Куров, Л.Г. Левчук, А.С. Приставка, Д.В. Сорока, Л.С. Ковалева</i>	72
4. MULTISCALE MODELING AND SIMULATION OF SPUTTERING EROSION OF SOLID SURFACES UNDER ION BEAM IRRADIATION <i>М.І. Bratchenko, S.V. Dyuldya</i>	73
5. IMPLEMENTATION OF THE FRACTAL MODEL OF COMPLEX MATERIALS INTO THE MONTE CARLO RADIATION TRANSPORT CODE RaT <i>М.І. Bratchenko, S.V. Dyuldya</i>	73
6. NEW REGULARITIES OF ION BEAM SPUTTERING OF SELF-AFFINE SOLID SURFACE: AN ADVANCE IN ATOMISTIC SIMULATION <i>М.І. Bratchenko, S.V. Dyuldya</i>	74
7. POST-IRRADIATION INVESTIGATION OF THE AUSTENITIC STEEL STATICALLY STRESSED SAMPLES CORRODED IN THE SUPERCRITICAL WATER COOLANT UNDER ELECTRON BEAM IRRADIATION <i>О.С. Bakai, V.M. Boriskin, М.І. Bratchenko, S.V. Dyuldya</i>	75
8. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРЕКІНГУ ДЕТЕКТОРНИХ СИСТЕМ МАЙБУТНІХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ <i>М.В. Пузач</i>	75
9. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАДИУСА МОЛЬБЕРА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СЭМПЛИНГ-КАЛОРИМЕТРА ESCAL SPD NICA <i>В.Е. Ковтун, Т.В. Малыхина</i>	76

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ ТАНТАЛОВОГО КОНВЕРТЕРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ^{11}C ФОТОЯДЕРНЫМ СПОСОБОМ <i>В.В. Лисовская, Т.В. Мальхина</i>	77
11. ОТРИМАННЯ НЕЙТРОНОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ РЕЗОНАНСНИХ НЕЙТРОНІВ <i>С.І. Прохорець, Є.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов</i>	77
12. МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСЛАБЛЕННЯ ПУЧКА ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ ТАНТАЛОМ <i>О.О. Парлаг, Є.В. Олейніков, І.В. Пилипчинец, О.І. Лендел, О.А. Тарнай</i>	78
13. ОЦІНКА КОЕФІЦІЄНТА НАКОПИЧЕННЯ ПРИ ДЕТЕКТУВАННІ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ЕКРАНОВАНИХ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ <i>О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.І. Лендел, В.М. Головей</i>	78
14. АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НАЧАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ <i>О.Л. Андреева, А.П. Кулик, О.В. Подшивалова, В.И. Ткаченко</i>	79
15. ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ТА ЩІЛЬНОСТІ МАТЕРІАЛІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ <i>Є.В Рудичев, В.Г Рудичев</i>	80
16. ЗМІНА НЕОДНОРІДНОСТІ ДОЗИ ПРИ ВІДХИЛЕННІ ПАРАМЕТРІВ ОПРОМІНЕННЯ ВІД ОПТИМАЛЬНИХ <i>Є.В Рудичев, В.Г Рудичев</i>	81
17. МОДЕЛЮВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ У СЕРЕДИНІ КОНСТРУКЦІЇ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНОГО КОНТЕЙНЕРУ УЗЗК З ВРАХУВАННЯМ ГЕТЕРОГЕННОСТІ МАТЕРІАЛІВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕОМЕТРІЇ <i>Є.В Рудичев, С.І. Прохорець</i>	81
18. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НУКЛИДОВ <i>А.И. Скрыпник, М.А. Хажмурадов</i>	82

19. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССОРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ AMD ZEN 3 ДЛЯ ПРОГРАММ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ. <i>В.А. Дудник, В.И. Кудрявцев, С.А. Ус, М.А. Хажмурадов, М.В. Шестаков.....</i>	82
20. АППРОКСИМАЦИЯ ПИКОВ В γ -СПЕКТРАХ АНАЛИТИЧЕСКИМИ ГАУССИАНОПОДОБНЫМИ ФУНКЦИЯМИ <i>А.Ю. Березной.....</i>	83
21. МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРОИДАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ <i>С.А. Мартынов, В.П. Лукьянова, М.А. Хажмурадов.....</i>	83

Секция 7. Ядерно-физические методы в смежных науках. (В области атомной энергетики, промышленности и медицины. Физические и экологические вопросы эксплуатации и модернизация ядерно физических установок.)

1. ПЕРСПЕКТИВА ОТРИМАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО РАДІОНУКЛІДА ^{82}Sr НА ЛПЕ-40 НДК «ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ <i>Е.Л. Куленніков, М.І. Айзацький, О.М. Водін, О.С. Десв, І.С. Тімченко, С.М. Олійник.....</i>	85
2. МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ УСКОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ИЗОТОПОВ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ <i>И.С. Гук.....</i>	85
3. ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ КРОВИ БОЛЬНЫХ ДО И ПОСЛЕ ОДНОГО ИЛИ СОЧЕТАННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА <i>Н.П. Дикий, Е.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, Т.А. Пархоменко, К.Ю. Пархоменко, Ю.С. Ходырева.....</i>	86
4. АНАЛИЗ МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УРАНА В ОБЪЕКТАХ ОКУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОЧЕЧНЫХ КАМНЯХ ПАЦИЕНТОВ В ХАРЬКОВСКОМ РЕГИОНЕ <i>Н.П. Дикий, Е.П. Березняк, С.М. Колупаев, В.Н. Лисовой, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, Ю.С. Ходырева.....</i>	87

5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ АКТИНОИДОВ В ЗУБАХ УКРАИНСКИХ И ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ПРИ ОДОНТОГЕННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ С УЧЕТОМ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС <i>Н.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, С.Н. Григоров, Л.П. Рекова</i>	88
6. ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРИРОДНЫХ КВАРЦИТАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ <i>Е.П. Березняк, Н.П. Дикий, И.В. Колодий, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, Ю.С. Ходырева</i>	88
7. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ, ДОКЛИНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ <i>Н.П. Дикий, Н.В. Красносельский, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев</i> ...	89
8. РАДИАЦИОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛЕНИЯ ПРОПАНА <i>Н.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, Ю.Г. Пархоменко</i>	90
9. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА РАДИАЛЬНОГО ОТРАЖАТЕЛЯ НЕЙТРОНОВ НА РАБОТУ РЕАКТОРА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ <i>М.С. Маловица, А.И. Курдин, В.В. Пилипенко, С.П. Фомин, Н.Ф. Шульга</i>	90
10. THERMAL HYDRAULICS OF THE NEXT IRRADIATION EXPERIMENT ON A STRUCTURAL MATERIAL CORROSION IN A SUPERCRITICAL WATER UNDER THE CYCLIC LOAD <i>O.S. Bakaj, V.M. Boriskin, M.I. Bratchenko, R.M. Dronov, S.V. Dyuldy, Yu.V. Gorenko</i>	91
11. POST-IRRADIATION INVESTIGATION OF THE AUSTENITIC STEEL STATICALLY STRESSED SAMPLES CORRODED IN THE SUPERCRITICAL WATER COOLANT UNDER ELECTRON BEAM IRRADIATION <i>O.S. Bakaj, V.M. Boriskin, M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldy</i>	92
12. КОМБІНОВАНИЙ ПІДХІД КЛАСТЕРНОЇ ДИНАМІКИ ТА РІВНЯННЯ ФОККЕРА-ПЛАНКА У ЗАДАЧАХ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ПРЕЦИПІТАТІВ <i>Ю.С. Бистрик, В.Л. Денисенко</i>	93
13. COMPARISON OF RADIATION PROTECTION CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS	

<i>Е.М. Prokhorenko, V.V. Lytvynenko, V.F. Klepikov, A.A. Zakharchenko, M.A. Khazhmuradov</i>	93
14. ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОБЛУЧЕННОГО НЕЛЕГИРОВАННОГО ТЕТРАБОРАТА ЛИТИЯ <i>В.Т. Маслюк, И.Г. Мегела, О.М. Поп, М.М. Биров, В.М. Головей, Т.О. Вуеру-Василица</i>	94
15. MODIFICATION OF THE SURFACE STRUCTURE OF STEEL BY IRRADIATION WITH A HIGH- CURRENT ELECTRON BEAM <i>Е.М. Prokhorenko, V.V. Lytvynenko, V.F. Klepikov, Yu.F. Lonin, A.G. Ponomarev, V.T. Uvarov, N.A. Shul'gin</i>	94
16. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЕВОЛЮЦІЙНІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ТА РОЗЧИНІВ ГЛЮКОЗИ/САХАРОЗИ, ОПРОМІНЕНОЇ НА МІКРОТРОНІ М-30 З ЕНЕРГІЄЮ 12,5 МЕВ <i>Н.І. Святюк, В.Т. Маслюк, О.І. Симканич, О.О. Грабар, О.М. Поп, О.А. Тарнай¹, М.В. Гошовський, О.М. Турховський, Г.Ф. Пітченко</i>	95
17. ОЦІНКА ПОГЛИНАННЯ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ЯДЕРНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ПРИ ЇХ ІЗОТОПНОМУ АНАЛІЗІ <i>О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.І. Лендел, М.В. Гошовський</i> ...	96
18. КРИТЕРИЙ ПОДОБИЯ ДЛЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ СФЕР В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАНАЛАХ С ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТЬЮ <i>О.Л. Андреева, В.И.Ткаченко</i>	96
19. УСТОЙЧИВОСТЬ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ <i>О.Л. Андреева, Б.В. Борц, В.И. Ткаченко, А.Ф. Ванжа, И.М. Короткова</i>	97
20. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТВЕРДОФАЗНОГО СОЕДИНЕНИЯ ВОЛЬФРАМА И ТАНТАЛА ДЛЯ МИШЕНИ НЕЙТРОННОГО ИСТОЧНИКА <i>О.Л. Андреева, Б.В. Борц, И.А. Воробьев, И.М. Карнаузов, А.А. Лопата, В.И. Ткаченко</i>	98
21. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗБУДЖЕНИХ ЧАСТИНОК, РОЗПИЛЕНИХ З ПОВЕРХНІ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ W_x-Cu_y В МАГНЕТРОННОМУ РОЗРЯДІ <i>Афанасьєва І.А., Афанасьєв С.М., Бобков В.В., Грицина В.В., Чишкала В.О., Скрипник А.О., Шевченко Д.І.</i>	98

22. ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ <i>В.П.Тимофеев, D.G.Park</i>	99
23. ХОЛОДНЫЕ НЕЙТРОНЫ В БОРЬБЕ С КРОНАВИРУСОМ COVID-19 <i>В.В. Борц, В.И. Ткаченко</i>	100
24. ПРОБОПОДГОТОВКА ОСМИЯ ДЛЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА <i>В.В. Борц, С.Ф. Скоромная, В.И. Ткаченко</i>	101
25. ЭМИССИЯ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ С ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВОВ ПРИ НАЛИЧИИ ХЕМОСОРБИРОВАННОГО ВОДОРОДА <i>И.И. Оксенюк, В.А. Литвинов, Д.И. Шевченко, В.В. Бобков</i>	101
26. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА РЕГЛАМЕНТАЦІЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ОСНОВНИХ ТИПІВ ДЕФЕКТОУТВОРІВ У ТЕПЛООБМІННІЙ ТРУБЧАТЦІ АЕСУ <i>Г.Ф. Гладенька, О.В. Єгінко, В.В. Петухов, І.М. Шаповал</i>	102
27. ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК <i>С.В.Барбашев</i>	102
28. ВПЛИВ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖИ В ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ ННЦ ХФТІ <i>Богонос Н.О.</i>	103
29. РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ЗАЩИТЫ ИЗ СТАЛИ И СПЛАВА W И Co <i>Мазилев А.А., Верещака В.Н., Деев А.С., Помацалюк Р.И., Яремко О.И.</i>	104
30. DROSOPHILA MELANOGASTER КАК БИОИНДИКАТОР ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Скоробагатько Д.А., Ткаченко В.Н.</i>	104
31. О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛАБОРАТОРИИ РИиООС В ПРОВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕСТНОСТИ <i>Мазилев А.А., Скоробагатько Д.А., Сосипатров М.В., Ткаченко В.Н.</i>	105

32. ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ РАДОНОНЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ <i>Тітаренко О.В., Дудар Т.В., Фаррахов О.В.</i>	106
33. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ПОТОКІВ ШВИДКИХ І ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ З ВОДНИМИ РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ <i>О.Ю. Буки, С.П. Гоков, С.О. Каленик, Ю.Г. Казарінов, В.В. Кантеміров, В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, О.О. Мазілов, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько</i>	106
34. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОНІВ І ГАММА-КВАНТІВ В ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ (8-25 MeV) З ОСАДЖЕНИМИ НА САПФІРОВИХ ПІДКЛАДЦЯХ РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ <i>О.Ю. Буки, С.П. Гоков, С.О. Каленик, Ю.Г. Казарінов, В.В. Кантеміров, В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, О.О. Мазілов, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько</i>	107
35. НЕЛИНЕЙНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРОТОСОЛНЕЧНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ЗАРОЖДЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ <i>Г.А. Ткаченко, В.И. Ткаченко</i>	108

Секция 1. Физика ядра и элементарных частиц

1. ЭКСПЕРИМЕНТ CMS И УЧАСТИЕ В НЕМ ННЦ ХФТИ

*К.А.Клименко, А.А.Куров, Д.Г. Левчук, С.Т.Лукияненко, В.Ф.Попов,
А.С.Приставка, Д.В.Сорока, Л.С.Ковалева, А.Л.Беспалов*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Продолжается обработка данных, полученных в эксперименте CMS на Большом адронном коллайдере (БАК) во 2-м сеансе работы этого ускорительного комплекса. За 2-й сеанс, который продолжался с 2015 по 2018 г., в CMS накоплена выборка событий – протон-протонных соударений с рекордной для ускорительных экспериментов энергией 13 ТэВ, отвечающая интегральной светимости 150 фбн^{-1} , что в 5 раз превышает число событий, записанных для офлайн-обработки в 1-м сеансе работы коллайдера (2010-12 гг.). Среди наиболее значимых результатов, полученных за последнее время, особое место занимает получение новой, уникальной информации о свойствах открытого в 2012 г. бозона Хиггса. Кроме того, установлен ряд ограничений на возможное проявление эффектов «новой физики» (в частности, суперсимметрии (SUSY)), выходящей за рамки Стандартной модели (SM) элементарных частиц и их взаимодействий. С другой стороны, значительный интерес представляют выполненные в последнее время в эксперименте CMS исследования явлений в пределах SM – такие, как, например, изучение редких распадов В-мезонов и свойств экзотических мультикварковых состояний. Основными направлениями работ, выполняемых в ННЦ ХФТИ в рамках эксперимента CMS, являются участие в вычислительной инфраструктуре обработки данных, физический анализ этих данных с целью поиска сигналов «новой физики», а также обслуживание и модернизация адронной калориметрии детектора CMS. В частности, в течение последнего года поддержано успешное функционирование специализированного вычислительного комплекса – единственного на Украине центра 2-го (T2) яруса грид-инфраструктуры CMS. За это время, в соответствии с требованиями CMS и в установленные экспериментом сроки, выполнен широкий спектр работ по модернизации комплекса. При этом его готовность к участию в обработке данных CMS превысила 99%, что является одним из самых высоких среди T2-центров CMS показателем качества работы, а объем экспериментальной информации, переданной на комплекс для обработки, в несколько раз превысил емкость распределенного дискового хранилища данных комплекса. На основе анализа данных CMS продолжен поиск SUSY-сигнала – процесса прямого рождения пар чарджино в протон-протонных соударениях. При этом отбираются события с зарегистрированной парой противоположно-заряженных лептонов и большим дисбалансом поперечного импульса. Выполнена оптимизация «сигнальных областей» (кинематических областей с предположительно наилучшим выделением искомого сигнала) с уточнением их

границ, что позволило существенно расширить, по сравнению с нашими предыдущими результатами, диапазон исключенных значений масс чарджино и легчайшего нейтрино. Также продолжено экспериментальное изучение радиационной стойкости пластических сцинтилляторов, составляющих в настоящее время основу активных элементов адронного калориметра детектора CMS, и новых композиционных сцинтилляторов с целью оценки возможности использования их в дальнейшем для калориметрии CMS. Облучение образцов сцинтилляторов производилось электронами и тормозными фотонами на линейном ускорителе электронов ННЦ ХФТИ ЛУ-10 с энергией пучка 10 МэВ. С целью исследования влияния темпа набора (мощности) дозы на степень деградации световыходов в сцинтилляторах применен метод изменения мощности облучения использованием защитных свинцовых экранов различной толщины.

Работа поддержана грантами, выделенными Национальной академией наук (НАН) Украины в рамках целевых программ «Фундаментальные исследования по физике высоких энергий и ядерной физике (международное сотрудничество)» и «Программа информатизации НАН Украины».

2. ЭНЕРГЕТИКА, ПРИРОДНЫЙ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР И ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

В.Ф. Клепиков

*Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины,
г. Харьков*

Энергия, выделяемая в реакциях ядер и частиц, широко проявляется в различных отраслях, в частности, в энергетике. Эти явления могут происходить путем деления ядер, а также при их синтезе. Перспективы энергоустановок будущего связаны с термоядерными процессами, а также основаны на мюонном и монополярном катализе, явлениями на адронном и кварк-глюонном уровне.

Природные ядерные реакторы, которые существовали в Западной Африке примерно $2 \cdot 10^9$ лет тому назад, работали в течении $6 \cdot 10^8$ лет в режиме саморегулирования. Они обеспечивали в урановых рудах высокую температуру и давление, что создавало условия для спонтанного нарушения рацемичности и зеркальной изомерии в синтезируемых органических соединениях (аминокислотах, сахарах и т.д.) составляющих основу биоорганической среды в живой природе.

3. ВПЛИВ ЯДЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРОЦЕСИ АДРОНІЗАЦІЇ ДИВНИХ КВАРКІВ В ПРОТОН-СВИНЦЕВИХ ЗІТКНЕННЯХ З ЕНЕРГІЄЮ $\sqrt{S_{NN}} = 5,02$ TeV НА ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb

С. Колієв, О. Кот, О. Охріменко, Є. Петренко, В. Пугач

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

В роботі представлені результати по вимірюванню явища впливу ядерного середовища на процеси адронізації дивних кварків при зіткненні протонів з ядрами свинцю (^{208}Pb) з енергією в систему центру мас 5,02 TeV на експерименті ЛНСб. Були виміряні відношення поперечних перерізів утворення дивних K_S мезонів та Λ баріонів в протон-свинцевих та протон-протонних зіткненнях в залежності від переданого імпульсу (p_T) в межах від 0,15 до 7 GeV/c та рапідіті у системі центру мас (y^*) в межах від 2 до 4,5. Отримані результати були порівняні із рядом обчислень, виконаних в рамках різних теоретичних моделей: Color Glass Condensate [1], модель статистичної адронізації [2], КХД партонної моделі [3] та пертурбативної КХД [4].

[1] T. Lappi and H. Mantysaari, *Phys. Rev. D* 88 (2013) 114020, arXiv:1309.6963.

[2] A. Andronic *et al.*, *Phys. Lett. B* 797 (2019) 134836, arXiv:1901.09200.

[3] M. Krelina and J. Nemchik, *EPJ Web of Conferences* 66 (2014) 04016.

[4] J. L. Albacete *et al.*, *Nucl. Phys. A* 972 (2018) 18, arXiv:1707.09973.

4. КВАНТОВЫЙ ИНЖИНИРИНГ В ТОЧНО-РЕШАЕМЫХ МОДЕЛЯХ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

В.П. Березовой¹, М.И. Кончатный¹, А.Ю. Нурмагамбетов^{1,2,3}

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

³ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, г. Харьков

Прогресс в экспериментальном изучении свойств Бозе-конденсатов холодных атомов дал мощный толчок к становлению и развитию новой дисциплины квантовой физики – т.н. квантового инжиниринга (КИ). На данный момент КИ является основой для проектирования и создания квантовых устройств нового типа, как-то: квантовые гейты/диоды/транзисторы, модули флэш-памяти, Q-биты и пр. ключевые ингредиенты квантовых компьютеров. В современном понимании, область применения КИ не ограничивается физикой конденсированных сред и атомной физикой; развитие этого направления предполагает изучение возможностей создания широкого круга квантовых систем с заранее запрограммированными свойствами и характеристиками. Реализация последнего пункта недостижима без эволюции соответствующих теоретических представлений о квантовых объектах.

Изучение феномена квантового туннелирования и его роли в динамике квантовых систем является одной из важных составляющих при моделировании КИ. На примере точно-решаемых моделей суперсимметричной квантовой механики нами изучены особенности туннельной динамики в системах с многоямными потенциалами произвольной формы, приводящие к возникновению частичной и полной локализации связанных состояний ее

квантового спектра. Найденный нами набор управляющих параметров позволяет полностью контролировать туннельную динамику, а знание точного решения спектральной задачи для изучаемых квантовых систем - их эволюцию.

5. ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПРЯМОГО РОЖДЕНИЯ ПАР ЧАРДЖИНО

Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

С целью поиска сигнала суперсимметрии (SUSY) – прямого рождения пар чарджино – выполнен предварительный анализ данных эксперимента CMS на Большом адронном коллайдере (БАК), накопленных в 2016-2018 гг. Обработанная выборка событий – протон-протонных соударений при энергии $\sqrt{s}=13$ ТэВ – отвечает интегральной светимости 35.9, 41.5 и 59.7 фбн⁻¹ для 2016, 2017 и 2018 г. соответственно. Отбираются события с большим дисбалансом поперечного импульса E_T^{miss} и двумя противоположно-заряженными лептонами с большим поперечным импульсом. Наблюдается заметное расхождение между данными 2017-18 гг. и моделированием эксперимента CMS методом Монте-Карло (МК) в некоторых сигнальных (SR) и контрольных (CR) кинематических областях. Для улучшения согласия, в частности, смоделированные M_{T2} -спектры для событий с рождением пар топ-кварков скорректированы с помощью подгоночных коэффициентов, вычисленных на основе сравнения полученного в эксперименте распределения топ-кварков по поперечному импульсу с соответствующим результатом МК-моделирования. Далее, было замечено, что МК-моделирование недостаточно точно воспроизводит энергетическое разрешение для адронных струй, восстановленных в реальном эксперименте. В связи с этим была использована разработанная в CMS процедура энергетической «размазки» для смоделированных струй. Дополнительная трудность, возникшая при анализе данных 2018 г., связана с произошедшим в середине лета 2018 г. (и не сразу обнаруженным) обесточиванием некоторых секторов в переднем адронном калориметре детектора CMS. Следуя рекомендациям CMS, события, для которых восстановление адронных струй связано с этими секторами, были отбракованы. Была проведена оптимизация SR совместно по величинам M_{T2} и E_T^{miss} , и скорректированы методы оценки фона и соответствующих систематических погрешностей. В результате удалось существенно повысить, по сравнению с нашим предыдущим рассмотрением, чувствительность разработанного алгоритма к искомому SUSY-сигналу, уменьшив при этом количество SR. Это позволило увеличить диапазон исключенных значений масс искомого чарджино и нейтралино, прежде всего, для масс чарджино $M_{\text{ch}} \leq 375$ ГэВ и $M_{\text{ch}} \geq 750$ ГэВ.

Работа поддержана грантами, выделенными Национальной академией наук (НАН) Украины в рамках целевых программ «Фундаментальные исследования

по физике высоких энергий и ядерной физике (международное сотрудничество)» и «Программа информатизации НАН Украины».

6. РАСЧЕТЫ СЕЧЕНИЙ РОЖДЕНИЯ БОТТОМ КВАРКОВ В ЭЛЕКТРОН–ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ

В.В. Котляр¹, А.Ф. Щусь²

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

Интегральные и дифференциальные сечения рождения пар b -анти- b кварков совместно с n струями, где $n = 0, 1$ и 2 , в электрон–позитронной аннигиляции рассчитаны в следующем за лидирующим порядке теории возмущений с учетом квантово–хромодинамической эмиссии реальных и виртуальных частиц. Струи порождаются глюонами, u , d , s кварками и соответствующими антикварками, которые имеют нулевые массы. Ботом кварки являются массивными. Жесткие партонные процессы моделировались с использованием Madgraph 5, партонные ливни – с генератором событий Pythia 8. Вычисления проведены при энергии $s^{1/2} = 1$ ТэВ.

Показано, как сечения зависят от шкалы перенормировки и параметров, возникающих при согласованном включении ливней. Такие зависимости служат источниками неопределенностей результатов вычислений. Сравняются неопределенности сечений для процессов с различным числом струй. Полученные результаты могут быть интересными для проверки методов и предсказаний, основанных на теории возмущений квантовой хромодинамики, и подготовки программы исследований на Международном линейном коллайдере (ILC).

7. РОЖДЕНИЕ МЕЗОНОВ СО СКРЫТЫМ ОЧАРОВАНИЕМ ИЗ РАСПАДОВ b -АДРОНОВ В $e^+ e^-$ – СТОЛКНОВЕНИЯХ

В.В. Котляр¹, А.Ф. Щусь²

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

Результаты вычислений для рождения b -анти- b кварков и струй в электрон–позитронной аннигиляции, которые учитывают однопетлевые вклады, использованы для изучения процессов образования B -мезонов и барионов, содержащих боттом кварки, и распадов таких b -адронов. Моделирование выполнено с помощью генератора событий Pythia 8.

Получены распределения b -струй по поперечным импульсам p_T и быстротам y а также корреляционные функции по переменным p_T , y и азимутальным углам для b -струй и струй, которые образуются при фрагментации безмассовых партонов.

Среди продуктов распадов выделены мезоны, состоящие из с–анти–с кварков. Для чармониев $M = \eta_c(nS)$, где $n=1$ и 2 , $J/\psi(1S)$, $\psi(2S)$, $\psi(3770)$, $h_c(1P)$, $\chi_{c1}(1P)$, где $J=0,1$ и 2 , получены интегральные $\sigma(M)$ и дифференциальные сечения. Исследованы вариации сечений $\sigma(M)$, обусловленные выбором шкалы перенормировки.

Результаты расчетов могут быть полезными для детального исследования моделей, описывающих фрагментацию b–кварков.

8. ОДНОПЕТЛЕВЫЕ КХД ПРОЦЕССЫ В РОЖДЕНИИ b-КВАРКОВ И ОБРАЗОВАНИЕ ЧАРМОНИЕВ В ПРОТОН–ПРОТОННОМ РАССЕЙАНИИ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ ЦЕРН

В.В. Котляр, Н.И. Маслов

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Рождение боттом кварков в соударениях протонов моделируется в следующем за лидирующим порядке теории возмущений квантовой хромодинамики (КХД) с включением петлевых вкладов. Конечные состояния партонных процессов помимо пары b– анти–b кварков содержат n jet, где $n = 0, 1$ или 2 , jet – глюон, u, d, s безмассовый кварк или антикварк. Расчеты проведены с использованием Madgraph 5 и генератора событий Pythia 8, с помощью которого учитываются пространственно– и времениподобные ливни, а также многократные партонные взаимодействия. Исследованы неопределенности результатов вычислений, которые связаны с вариациями шкал перенормировки и факторизации, параметров в процедуре согласования процессов с различной множественностью конечных состояниях и ливней. На основе моделирования фрагментации b–кварков и распадов b–адронов в Pythia 8 рассчитаны сечения рождения S, P и D чармониев. Выделены области значений бьеркеновской переменной x , в которых сечения наиболее чувствительны к функциям распределения глюонов и кварков в протонах. Полученные сечения рождения b–кварков и чармониев сравниваются с данными ALICE.

9. ВИМІРЮВАННЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ УТВОРЕННЯ V^0 АДРОНІВ У ЗІТКНЕННЯХ ПРОТОН-СВИНЕЦЬ ПРИ ЕНЕРГІЇ $E_{\text{цм}}=5$ TeV В ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb

С. Колієв, О. Ком, О. Охріменко, Є. Петренко, В. Пугач

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

У роботі представлено вимірювання диференційних перерізів утворення K_S^0 -мезонів та Λ_S^0 -баріонів у зіткнення протон-свинець при $E_{\text{цм}} = 5$ TeV в

експерименті ЛНСб. Поперечні перерізи, їхні відношення та асиметрії представлено як функції поперечного імпульсу та рапідіті. Кінематичний діапазон вимірювань складає 15 бінів за поперечним імпульсом $0.15 < p_T < 7$ GeV та 5 бінів для кожної з областей із позитивним та негативним рапідіті: $-5.0 < y^* < -2.5$ та $1.5 < y^* < 4$ у системі центра мас ядер.

10. ВИМІРЮВАННЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ УТВОРЕННЯ V^0 АДРОНІВ У ЗІТКНЕННЯХ ПРОТОН-ПРОТОН ПРИ ЕНЕРГІЇ $E_{\text{cm}}=5$ ТеВ В ЕКСПЕРИМЕНТІ ЛНСб

С. Колієв, О. Кот, О. Охріменко, Є. Петренко, В. Пугач

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Виконувалась обробка даних експерименту ЛНСб по генерації V^0 – адронів при енергії 5 ТеВ в р-р зіткнень. Виміряні диференційні поперечні перерізи як функції рапідіті y та поперечного імпульсу p_T для K_S , Λ та анти- Λ з використанням спектрометру ЛНСб. Кінематичний діапазон вимірювань складає 15 бінів за поперечним імпульсом $0.15 < p_T < 7$ GeV та 5 бінів для кожної з областей із позитивним та негативним рапідіті: $-5.0 < y^* < -2.5$ та $1.5 < y^* < 4$ у системі центра мас ядер.

11. НАРОДЖЕННЯ e^-e^+ ПАРИ ПРИ ЗІТКНЕННІ ІНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА З ФОТОННИМ ПУЧКОМ СЛАБКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

В.М. Недорешта, О.І. Ворошило

Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми

Взаємодія лазерного пучка високої інтенсивності зі слабо інтенсивним жорстким фотонним пучком може призвести до появи нелінійних ефектів квантової електродинаміки, зокрема для процесу народження електрон-позитронних пар. Теоретично досліджено вплив імпульсного характеру зовнішнього поля та його високої інтенсивності на перебіг процесу народження e^-e^+ пари при зіткненні інтенсивного лазерного пучка з фотонним пучком слабкої інтенсивності. Досліджено вплив імпульсного характеру зовнішнього поля та його високої інтенсивності на перебіг цього процесу. Проаналізовано його кінематичні характеристики, отримано амплітуду. Також проаналізовано випадок резонансного протікання процесу, коли проміжні частинки виходять на масову поверхню. Було виявлено, що такі характеристики, як розподіл частинок за імпульсами і загальна кількість народжуваних пар, дуже чутливі до форми огинаючої імпульсу.

12. МОДЕЛЮВАННЯ ШИРИНИ РОЗПАДУ БОЗОНА ХІГГСА В РАМКАХ ТНДМ МОДЕЛІ

Обіход Т.В., Петренко Е.О.

В рамках пошуків нової фізики за межами Стандартної моделі нами було обрано визначення ширини розпаду бозону Хіггса, як однієї з найменш експериментально визначених значень [1]. Розраховано ширини розпадів на чотири ферміони найлегшого і важчого CP-парного бозонів Хіггса моделі THDM [2] з урахуванням КХД і електрослабких поправок в NLO-наближенні. Для реалізації цієї цілі було використано програму Монте-Карло Prophecy 4f [3] зі сценаріями простору параметрів 7B1 та 5B1. Виявлено, що ширина розпаду важчого CP-парного бозону Хіггса, H відрізняється від H_{SM} в 1227,93 рази і змінюється до від'ємного значення при відхиленні від стандартних сценаріїв. Масштабні фактори k_z^2 і k_w^2 показали переважання пов'язаного з Z бозоном перерізу народження CP-парного бозона Хіггса, H над асоційованим з W перерізом.

1. CMS Collaboration. Measurements of properties of the Higgs boson decaying into four leptons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV // CMS-PAS-HIG-16-041 (2017).
2. G. C. Branco, P. M. Ferreira, L. Lavoura, M. N. Rebelo, Marc Sher, Joao P. Silva. Theory and phenomenology of two-Higgs-doublet models // arXiv:1106.0034 [hep-ph]
3. Ansgar Denner, Stefan Dittmaier, Alexander Muck. PROPHECY4F 3.0: A Monte Carlo program for Higgs-boson decays into four-fermion final states in and beyond the Standard Model // FR-PHENO-2019-018, ТТК-19-51, arXiv:1912.02010 [hep-ph].

13. О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ УРАВНЕНИЯ БЕЗ ЛИШНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ЧАСТИЦЫ СО СПИНОМ 3/2 И НЕНУЛЕВОЙ МАССОЙ

В.М. Симулик, И.И. Вийкоть

Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород

Обсуждается ковариантное релятивистское полевое уравнение для частицы со спином 3/2 без лишних компонент, введенное в рассмотрение в [1, 2]. Волновая функция, представляющее общее решение уравнения, содержит 8 компонент и описывает дублет частица-античастица со спинами $s=3/2$. Физическая интерпретация уравнения, общего решения и импульсно-спиновых амплитуд проводится в каноническом представлении, аналогичном представлению Фолди–Ваутхайсена для уравнения Дирака и соответствующего 4-компонентного спинора. Окончательно квантово-механическая интерпретация дается на уровне релятивистской канонической квантовой механики (РККМ) дублета частица-античастица со спинами $s=3/2$ [1, 2], связанной с полемым представлением типа Фолди–Ваутхайсена специальным операторным преобразованием [1, 2]. Установлена прямая и обратная операторная связь между РККМ и локальной теорией поля. Представление группы Пуанкаре, задающее релятивистскую инвариантность обсуждаемого полевого уравнения для $s=3/2$, находится из РККМ на основе такой связи. Уравнение сравнивается с известными уравнениями Баба, Баргмана–Вигнера, Паули–Фирца, Рариты–

Швингера, Фиска–Таита для спина 3/2. Новое уравнение не содержит лишних компонент и дополнительных условий.

1. V. Simulik // Ukr. J. Phys. 2015, 60, №10, p.985–1006.

2. V. Simulik, Relativistic quantum mechanics and field theory of arbitrary spin. Nova Science, New York, 2020, 343 p.

14. УНИТАРНОСТЬ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИНКЕЛЬШТЕЙНА-КАЙАНТИ В ДИФРАКЦИОННОМ РОЖДЕНИИ АДРОНОВ

Е.С. Мартынов, Г.С. Терсионов

Институт теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова, НАН Украины

Теория Редже позволяет описывать процессы рассеяния в энергетической области, где методы пертурбативной КХД оказываются неприменимы. В рамках этой теории дифракционные процессы содержат обмены помероном. Однако в данном подходе в простейшем приближении померона с интерсептом большим единицы полное сечение взаимодействия адронов нарушает ограничение Фруассара — Мартена. Это имеет место и в рождении множества адронных ливней, разделенных на шкале быстроты большими промежутками. Сечения растут быстрее границы Фруассара — Мартена. Данное противоречие известно, как проблема Финкельштейна — Кайанти.

В работе предлагается подход к восстановлению унитарности, основанный на перенормировке померона и трехпомеронной вершины в терминах уравнений Дайсона — Швингера. Померон избирается в его максимальной форме, обеспечивающей рост полного сечения в соответствии с границей Фруассара-Мартена и экспериментальными данными. Такой померон обычно называется фруассароном. Трехфруассаронная вершина полагается содержащей нули в плоскости комплексного углового момента при некоторых значениях переданного импульса. Показано, что параметры данной модели могут быть избраны таким образом, что нарушения условия унитарности в рождении адронных ливней не происходит. Таким образом, модель не имеет противоречия Финкельштейна-Кайанти.

15. ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ В ПРУЖНОМУ РОЗСІЯННІ ДЕЙТРОНІВ НА ЕЛЕКТРОНАХ ЩО ПОКОЯТЬСЯ

Г.І. Гах^{1,2}, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков^{1,2}, А.Г. Гах²

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

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

В однофотонному наближенні обчислені диференціальні перерізи та поляризаційні спостережувані для реакції пружного розсіяння дейтронів на електронах що покояться. Отримані числові оцінки для наступних спостережуваних: 1- аналізуючі здатності (асиметрії), що обумовлені

тензорною поляризацією дейтронного пучка, 2 – коефіцієнти кореляції спінів у випадку коли дейтронний пучок має векторну поляризацію, а початкові електрони мають довільну поляризацію, 3 – тензорна поляризація розсіяних дейтронів коли всі інші частинки неполяризовані, 4 – коефіцієнти передачі поляризації, що визначають передачу поляризації від поляризованої електронної мішені до векторно-поляризованого розсіяного дейтрона, 5 – коефіцієнти деполіризації, що визначають залежність векторної поляризації розсіяного дейтрона від векторної поляризації дейтронного пучка.

Досліджена можливість того, що деякі поляризаційні спостережувані такої реакції можуть бути використані для вимірювання поляризації (тензорної або векторної) дейтронних пучків високої енергії.

Оскільки в такій кінематиці квадрати переданого імпульсу дуже малі (оскільки пропорціональні квадрату маси електрона), то структура дейтрону в даному випадку не грає ролі.

16. ПРОЯВИ ЗБУДЖЕНОГО ЕЛЕКТРОНА В РЕАКЦІЇ $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$

Г.І. Гах^{1,2}, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков^{1,2}, А.Г. Гах²

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

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

В даний час актуальні пошуки проявів нової фізики поза рамками Стандартної Моделі. Одним з таких підходів є складові моделі, що передбачають збуджені лептони та кварки.

Нами було розглянуто вплив збудженого електрона на диференціальні перерізи та деякі поляризаційні спостережувані для реакції двохфотонної анігіляції електрон-позитронної пари. Проаналізовані два підходи для опису вкладу збудженого електрона: контактна $ee\gamma\gamma$ - взаємодія загального вигляду і обмін збудженим електроном в t - і u - каналах. Вивчено також вплив збудженого електрона на коефіцієнти кореляції спінів, коли обидва пучки мають довільну поляризацію. Найбільш чутлива до контактної взаємодії так звана ліво-права асиметрія, яка має місце тоді, коли один з пучків має повздовжню поляризацію.

В загальному випадку величина ефектів обумовлених збудженим електроном помітно зростає з ростом енергії пучків. Таким чином, експериментальне дослідження такої реакції на запланованих електрон позитронних колайдерах (наприклад, ILC, CLIC) може помітно покращити обмеження на масу і константу взаємодії збудженого електрона.

17. CRITICAL PHENOMENA IN ANISOTROPIC MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS.

A.V. Babich, V.F. Klepikov

We propose a class of models, which allows one to describe the critical phenomena in anisotropic multidimensional systems with both higher order spatial order parameter (OP) derivatives and higher OP nonlinearities. Such models may be useful in study of phase transitions in early universe cosmology, inflation cosmology, superstring and p-branes theories. One of the most important properties of the systems in vicinity of a point of phase transitions (critical point) is a strong increase of fluctuations influence. The influence of the fluctuations strongly depends on the spatial dimension of the system. This dependence leads to an existence of 2 critical (or borderline) dimensions. Lower critical dimension determines the range of the existence of the ordering states: there are no phase transitions with nonzero temperature if the space dimensionality is less than the lower critical dimension. The upper critical dimension determines a range of the mean field based theories applicability in describing of critical phenomena. Both upper and lower critical dimensions of the models were calculated. The upper critical dimension was found from the stability condition of the fixed point of the renormgroup transformation. We evaluate the lower critical dimension using condition of thermodynamic stability of the system with nonzero temperature. We show that the fluctuation region decreases as a function of power of nonlinearity of the model. Thermodynamic and group properties of system in space with dimension equal to the upper critical one were studied.

18. РОЗРАХУНОК ЙМОВІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ 2-ГО ПОРЯДКУ
З ФОТОННИМ ПРОМІЖНИМ СТАНОМ В ПОЛІ МОНОХРОМАТИЧНОЇ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ

Ворошило О.І., Недорешта В.М.

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Теоретичний аналіз КЕД процесів 2-го порядку за сталою тонкої структури для довільної інтенсивності зовнішнього поля надзвичайно складний, тому при теоретичних дослідженнях обмежуються вивченням випадку малих інтенсивностей зовнішнього поля або специфічними кінематичними умовами, наприклад резонансними, в рамках яких можна отримати відносно компактні результати. Поза цими умовами результати отримані лише за результатами числового моделювання. В роботі описаний спосіб, що дозволяє отримати в аналітичному вигляді ймовірності (перерізи) процесів 2-го порядку з фотонним проміжним станом в полі монохроматичної електромагнітної хвилі в компактному, зручному для подальшого аналізу вигляді.

19. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЯДЕР
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ БОЛЬШЕ РАСПРОСТРАНЕНЫ

Ю.А. Аминов

ФТИНТ им. Б.И.Веркина НАН Украины, Харьков

График распространенности химических элементов в Солнечной системе имеет зубчатое строение. Сразу после пиков распространенности водорода и гелия-4 идет провал распространенности лития, бора и бериллия. Затем идут пики распространенности углерода и кислорода. Имеется большой провал между пиками распространенности, которые соответствуют Ca-40 и Fe-56. С увеличением атомного веса график распространенности стремительно понижается. Но среди тяжелых элементов с близким атомным весом у некоторых элементов график имеет небольшие пики. Некоторые элементы имеют много изотопов, среди которых выделяются изотопы с большей распространенностью. Свойство большей распространенности мы связываем с определенным геометрическим строением ядерных оболочек. Указан алгоритм построения полных ядерных оболочек. С этой точки зрения получено объяснение почему изотопы свинца заканчивают три известных радиоактивных ряда с числом нуклонов в ядре $4n$, $4n+2$, $4n+3$. Предполагая, что ядра рассматриваемых элементов строятся с помощью альфа-частиц или их модификаций, построена математическая модель оболочечного строения этих ядер. Представлены таблицы этих элементов с указанием числа нуклонов в оболочках и числа протонов. Оказалось, что число протонов и, следовательно, и число нейтронов в каждом вертикальном ряде таблицы для разных химических элементов из этого ряда одинаковы (за некоторыми исключениями). Это говорит о том, что соответствующие ядерные оболочки для разных химических элементов из одного и того же вертикального ряда одинаковы. Каждой ядерной оболочке можно сопоставить многогранник в 3-мерном евклидовом пространстве. Для легких ядер это могут быть правильные многогранники, см. [1-2]. У тяжелых ядер - более сложные многогранники, см. [3]. С условием симметрии указан комбинаторный тип этих многогранников почти однозначно, см. [3]. Нуклонное строение ядер других химических элементов имеет, по-видимому, промежуточный вид, когда внешняя оболочка не является полной.

1. Yu. A. Aminov. One hypothesis on the nuclear structure//PROBLEMS OF ATOMIC SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2016, N5(105), Series: Nuclear Physics Investigations (67), p.43-47.
2. Yu. A. Aminov. Polyhedrons at the nuclear structure//PROBLEMS OF ATOMIC SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2017, N3(109), Series: Nuclear Physics Investigations (68), p.21-25.
3. Yu. A. Aminov. Geometrical structure of lead nuclei and of some other chemical elements//PROBLEMS OF ATOMIC SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2020, N5(129), Series: Nuclear Physics Investigations (74), p.66-70.

20. КРИВИЗНА ДИФРАКЦІЙНОГО КОНУСА ПРОТОН-ПРОТОННОГО РОЗСІЯННЯ ПРИ ЕНЕРГІЯХ ВЕЛИКОГО АДРОННОГО КОЛАЙДЕРА

О.І. Лендел, З.З. Торич, Н. Бенце

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Відомі експериментальні дані по пружному розсіюванню протонів (антипротонів) протонами вказують на не експоненціальну поведінку дифракційного конусу диференціального перерізу [1]. Найбільш адекватною аналітичною моделлю, що описує таку поведінку є модель померона з нелінійною траєкторією та не експоненціальним лишком. Значення параметра кривизни, розрахованого в такій моделі в широкому інтервалу енергії, передбачає зміну знаку при асимптотично високих енергіях.

N. Bence, A. I. Lengyel, Z. Z. Tarics. Pomeron models at LHC energies. Вісник УжНУ. 2019. т.45 стор. 124-132 .

21. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ОКТУПОЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ИЗОТОПАХ РАДИЯ В ПРИБЛИЖЕНИИ ХАРТРИ-ФОКА-БОГОЛЮБОВА С СИЛАМИ СКИРМА

В.Н. Тарасов, В.И. Куприков, В.В. Пилипенко, Д.В. Тарасов

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

В приближении Хартри-Фока-Боголюбова в предположении аксиальной симметрии ядер с силами Скирма (SkM^* и $SLy4$) в настоящей работе проведены расчеты свойств изотопов радия с $A = 218 - 228$. Эти изотопы радия в настоящее время интенсивно изучаются на присутствие в них октупольной деформации. В расчетах мы использовали компьютерный код НФВТНО v2.00d [1]. Спаривание нуклонов в ядрах описывается силами спаривания нулевого радиуса действия смешанного типа с различными наборами констант сил спаривания. В расчетах использовались наложенные условия на параметры квадрупольной β_2 и октупольной β_3 деформаций ядер. Для более точного определения минимального значения полной энергии ядра E проводились уточняющие расчеты без наложенных условий на β_2 и β_3 в окрестности минимума зависимости $E(\beta_2, \beta_3)$. Показано, что для рассмотренных изотопов радия октупольная деформация ядер сильно зависит от выбора параметров силы спаривания нуклонов. Из сравнения вычисленных значений протонных и нейтронных энергетических щелей с их значениями, вычисленными из четно-нечетных разностей масс соседних ядер, выбраны предпочтительные значения констант сил спаривания нейтронов и протонов для рассмотренных изотопов радия. Завышенные значения констант сил спаривания приводят к уменьшению или полному исчезновению квадрупольной и октупольной деформации в рассмотренных изотопах радия.

1. M. V. Stoitsov et al. // Comput. Phys. Commun. 2013, **184**, 1592.

22. РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОТТОМ-КВАРКОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В ПАРУ ТОП-КВАРКОВ ПРИ ЭНЕРГИИ КОЛЛАЙДЕРА CLIC

И.В. Трутень¹, А.Ю. Корчин¹

ІННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Данная работа ориентирована на будущий электрон-позитронный коллайдер CLIC с запланированной энергией 380 ГэВ в первом цикле исследований. Топ-кварк является нестабильной короткоживущей частицей, вследствие чего в экспериментах он детектируется по продуктам распада. Боттом-кварк имеет значительно меньшую массу, что облегчает возможность детектирования.

В основе работы лежит процесс электрон-позитронной аннигиляции в пару поляризованных топ-кварков в рамках Стандартной модели (СМ) и за ее пределами. Поиск проявлений новой физики в экспериментах при высоких энергиях на разных установках набирает обороты, и в наших работах^{1,2} исследуются некоторые варианты выхода за рамки СМ и проводятся расчеты наблюдаемых в процессе $e^- e^+ \rightarrow b W^+ t$. Путем включения дополнительных слагаемых в лагранжиане взаимодействия топ-кварков с фотоном и Z-бозоном, получены распределения по энергиям и углам вылета боттом-кварка, а также совместные распределения боттом-кварка и антикварка. Проанализированы зависимости результатов от значений констант связи, определяющих физику за пределами СМ.

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].

23. РАССЕЙЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН НА КВАЗИ-СФЕРИЧЕСКИХ ЧЕРНЫХ ДЫРАХ

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

¹ІННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

³ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, г. Харьков

Развитие гравитационной интерферометрии в рамках современной многоканальной астрономии требует более реалистических подходов к моделированию генерации и распространения гравитационных волн (ГВ). Оставляя за рамками нашего анализа всевозможные механизмы их образования, мы исследуем дальнейшую эволюцию ГВ в гравитационных полях “искаженных”, т.е. деформированных за счет окружающей их материи, черных дыр в пространствах Минковского и анти-де Ситтера. В используемом нами

подходе вклад материи в геометрию решений уравнений Эйнштейна определяется метрическим потенциалом поля Лиувилля [1].

Нами получено [2] обобщение уравнений Редже-Уиллера-Церилли, и проведена процедура разделения переменных. Найдены численные значения для нетривиальных констант разделения. Установлены существенные различия между деформированным и сферически-симметричным случаями. В частности, отмечено заметное влияние деформации геометрии фоновой метрики на факторы серого тела, а следовательно, и на сечения поглощения волн рассеяния.

[1] Moskalets T. and Nurmagambetov A. Eur. Phys. J., 2015, C55, 551.

[2] Arslanaliev A. and Nurmagambetov A. Physics 2021, 3(1), 17-41.

24. РОЖДЕНИЕ РЕЗОНАНСОВ В ДИФРАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ НА УСКОРИТЕЛЕ ЛНС

Л.Л. Енковский

Институт теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины

Исследованы процессы одинарной, двойной и центральной дифракционной диссоциации протонов при энергиях ускорителя ЛНС с рождением мезонных и барионных резонансов. Для этой цели разработана оригинальная модель, в которой существенную роль играют нелинейные, комплексные траектории Редже в прямом канале. В отличие от большинства существующих подходов, применимых лишь в области больших недостающих масс, предлагаемая модель позволяет учесть (и предсказать) параметры (сечения и ширины) барионных и мезонных резонансов. Особый интерес представляют предсказания для глоболов и одболлов – гипотетических резонансов, состоящих из глюонов и лежащих, соответственно, на траекториях померона и оддерона.

Секция 2. Фундаментальные исследования при промежуточных и высоких энергиях

1. SCATTERING OF TWO COLLIDING BEAMS BY NUCLEI OF THE FIXED TARGET– A METHOD TO INVESTIGATE PROPERTIES OF A MATTER UNDER NEW EXTREME CONDITIONS

Oleksandr Vitiuk¹, Valery Pugatch², Kyrill Bugaev^{1,3}

¹*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine*

²*Institute for Nuclear Research NAS of Ukraine, Kyiv*

³*Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, NAS of Ukraine, Kyiv*

In a few years the experiments with high luminosity will start at the LHC. Here we consider the new type of experiments utilizing the scattering of two colliding beams at the nuclei of a solid target which is fixed at their intersection point. Our estimates show that one can expect the triple nuclear collision rate of about 100 s^{-1} with a set of currently known superthin targets (micropowder jet target, graphene target (10-100 atomic layers) or $1 \mu\text{m}$ thick microstrip sensors) [1]. Our simulations in frames the UrQMD 3.4 model [2,3] for the beam center-of-mass collision energies $\sqrt{s} = 2.76 \text{ TeV}$ and $\sqrt{s} = 200 \text{ GeV}$ show that in the most central triple nuclear collisions the initial baryonic charge density is about 3 times higher than the one in the binary nuclear collisions. The high baryonic charge density leads to a strong enhancement of proton and Λ -hyperon production and to a sizable suppression of their antiparticles. In such experiments an entirely new kind of scattering reactions, namely a nucleus-fireball interaction, can be studied. Our preliminary simulations showed that the triple nuclear collision method at lower energies of collisions can be of principal importance to search for the (tri)critical endpoint of the QCD phase diagram.

[1] V. Pugatch, International Conference "CERN-Ukraine co-operation: current state and prospects" Kharkiv. 15-May-2018; LHCb-TALK-2018-557.

[2] S.A. Bass et al., Prog. Part. Nucl. Phys. 41 (1998), 225-370.

[3] M. Bleicher et al., J. Phys. G 25 (1999), 1859-1896.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БАГАТОЧАСТИНКОВИХ ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ У НДК «ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ В 2020 Р.

М.І. Айзацький¹, О.А. Безшейко², В.О. Бочаров¹, О.М. Водін¹, Л.О. Голінка-Безшейко², О.С. Деев¹, І.М. Каденко², О.С. Качан³, В.Ю. Корда⁴, Л.П. Корда¹, Е.Л. Купленніков¹, В.А. Кушнір¹, В.В. Мітроченко¹, С.М. Олійник¹, С.О.Пережогін¹, М.М. Пилипенко⁵, О.О. Репіхов¹, І.С. Тімченко¹, Б.І. Шраменко¹, C. Vallerand⁶

¹Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

³Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики ННЦ ХФТІ, м. Харків

⁴Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, м. Харків

⁵Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій ННЦ ХФТІ, м. Харків

⁶Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL), Orsay, France

Обговорюються основні результати, отримані при дослідженні багаточастинкових фотоядерних реакцій на ядрах з $25 < A < 190$ при граничних енергіях гальмівних γ -квантів $E_{\gamma\max} = 30 \div 95$ МеВ. Експерименти проведені в центрі фотоядерних досліджень «ГАММА» на виведеному пучку електронів прискорювача ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з застосуванням методу наведеної γ -активності ядра-продукту реакції.

У результаті проведених досліджень здобуто нові данні по середнім по потоку гальмівного γ -випромінення перерізам $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle$, перерізам на еквівалентний фотон $\langle\sigma(E_{\gamma\max})_Q\rangle$ та про ізомерні відношення продуктів фотонуклонних реакцій на декількох ядрах. Виявлені особливості в поведінці функцій збудження досліджуваних реакцій, пов'язаних з впливом оболонкових ефектів. Установлено, що експериментальні значення середніх перерізів фотонейтронних реакцій на ядрі ^{93}Nb з утворенням кінцевих непарно-парних ядер краще узгоджується з теорією в порівнянні з утворенням непарно-непарних ядер. Для фотонейтронних (γ, xn ; $x = 1 - 8$)-реакцій на ^{181}Ta з утворенням ядер-продуктів у основному стані з позитивною парністю $\pi = +$ спостерігається гарне узгодження з теорією, в той час як для $\pi = -$ виявлено істотні розбіжності. На прикладі фоторозщеплення ядра ^{27}Al встановлені критерії використання двох типів середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle$ і $\langle\sigma(E_{\gamma\max})_Q\rangle$ для різних випадків протікання реакцій: по одному або по декількох каналах реакцій з утворенням одного й того ж кінцевого ядра-продукту. Обговорюються перспективні напрямки дослідження багаточастинкових фотоядерних реакцій у центрі «ГАММА».

3. Σ -АСИММЕТРИЯ И СЕЧЕНИЕ РЕАКЦИИ $^{12}\text{C}(\vec{\gamma}, p)^{11}\text{B}$ ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

В.Б.Ганенко, Д.Д.Бурдейный

ННЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина

Проведены исследования сечений и асимметрии сечений реакции фотодезинтеграции углерода $^{12}\text{C}(\gamma, p)^{11}\text{B}$ в промежуточной области энергий, с разделением низко лежащих возбужденных состояний конечного ядра ^{11}B . Данные о дифференциальных сечениях получены в интервале энергий $E_\gamma \sim 40\text{--}80\text{МэВ}$ и асимметрии сечений в интервале энергий $E_\gamma \sim 40\text{--}65\text{МэВ}$ реакций, когда ядро ^{11}B находится: в основном состоянии в $3/2^-$; в первом возбужденном состоянии $1/2^-$; в одном из 5 состояний в области энергии возбуждения $\sim 6\text{МэВ}$, где основной вклад вносит состояния $3/2^+$ и $7/2^-$ с энергией возбуждения 5.02 и 6.74МэВ .

Измерения были выполнены в лаборатории МАХ-лаб (Лунд, Швеция) в течение двух сеансов, на пучке линейно поляризованных фотонов. Для контроля данных одновременно в каждом сеансе выполнялись измерения сечений и асимметрии реакции $d(\gamma, p)n$.

В пределах точности данных сечения и асимметрия реакции $d(\gamma, p)n$ хорошо согласуются с литературными данными. Также хорошо согласуются с литературными данными и поперечные сечения реакций фоторасщепления углерода: $^{12}\text{C}(\gamma, p_0)^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(\gamma, p_1)^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(\gamma, p_{01})^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(\gamma, p_{2-6})^{11}\text{B}$. Данные об асимметрии реакций $^{12}\text{C}(\gamma, p_0)^{11}\text{B}$ и $^{12}\text{C}(\gamma, p_1)^{11}\text{B}$ получены впервые. Асимметрия сечений реакций $^{12}\text{C}(\gamma, p_0)^{11}\text{B}$ и $^{12}\text{C}(\gamma, p_{01})^{11}\text{B}$ около $\Sigma \approx 0.9$ и хорошо согласуется с расчетами по модели RPA (Random Phase Approximation) и значительно расходится с расчетами, выполненными по квазидейтронной модели, указывает на преимущественно одночастичный механизм этих реакций. Эти результаты относительно реакции $^{12}\text{C}(\gamma, p_0)^{11}\text{B}$ подтверждаются расчетами выполненными в релятивистской модели. Асимметрии сечений реакций $^{12}\text{C}(\gamma, p_1)^{11}\text{B}$ и $^{12}\text{C}(\gamma, p_{4-6})^{11}\text{B}$ имеют меньшую величину асимметрии $\Sigma \sim 0.6$, которая близка к асимметрии реакции $d(\gamma, p)n$, что может свидетельствовать о существенном вкладе двухчастичного $2h1p$ механизма поглощения фотонов.

4. РОЗРОБКА НАДТОНКОЇ ФІКСОВАНОЇ ТВЕРДОТІЛЬНОЇ МІШЕНІ В ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb (CERN)

*В. Пугач¹, С. Чернищенко¹, В. Добішук¹, О. Ковальчук¹, В. Аушев²,
О. Кишванський^{1,2}, О. Скоренок²*

¹Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

²Київський національний університет імені Т. Шевченка, Україна

У роботі представлено основні концепції при розробці надтонкої твердотільної фіксованої мішені для встановлення у експерименті LHCb (CERN).

Перевагами встановлення надтонкої фіксованої твердотільної мішені є прецизійна локалізація точки зіткнення ядер, суттєво розширення кола досліджуваних ядер, можливість досліджувати явища, які були малоімовірні у зіткненнях з ядрами газу, наприклад залежність динаміки процесів зіткнення ядер від характеристик основного стану ядра-мішені або потрібні ядерні зіткнення.

Розглядаються декілька концепцій при розробці надтонкої фіксованої твердотільної мішені. Декілька мішеней у формі надтонких стріпів або дротів, які розташовані на відстані декілька мікрон один від одного на “тримачах”, які базуються на металічних мікростріпових детекторах та технологіях, які були використані в експерименті HERA-B. Дана конструкція буде керуватися з-за допомогою крокового двигуна для надвисокого вакууму. Інша концепція – багатостріпова мішень, що обертається. Обертання мішені керується лазером, а її положення відносно пучка – з-за допомогою п'єзокристалу або крокового двигуна.

Також у роботі викладаються деякі розрахунки та міркування стосовно впливу фіксованої металічної мішені на пучок та час існування мішені в залежності від положення відносно кору пучка.

5. НОВА РАДІАЦІЙНО СТІЙКА МОНІТОРИНГОВА СИСТЕМА RMS-R3 ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ ПУЧКІВ ТА ФОНУ В МОДЕРНІЗОВАНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ LHCb

*В.М. Добішук, С.Б. Чернишенко, О.Ю. Охріменко, В.М. Пугач, В.О. Кива,
Д.І. Сторожик, В.М. Міліція*

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Під час наступного періоду роботи ВАК, Run 3, оновлений експеримент LHCb накопичуватиме дані при підвищеній у декілька разів миттєвій світимості в порівнянні з попередньою кампанією набору даних. Система радіаційного моніторингу RMS-R3, функціонально розроблена для надійної довгострокової роботи, відображатиме інтенсивність взаємодії (колізій) пучків LHC разом із фоном поблизу точки взаємодії експерименту LHCb (IP8). RMS-R3 складається з чотирьох детекторних модулів, що базуються на покращеній радіаційно стійкій технології металевих фольгових детекторів (МФД), яка дозволяє витримувати флюенси заряджених частинок до 10^{20} МІЧ/см² або дози випромінювання до ГГр протягом усього періоду їх роботи. Модулі розміщуються симетрично навколо іонопроводу на відстані близько 2,2 м до точки взаємодії IP8, охоплюючи при цьому зворотній аксептанс у діапазоні 7-14 градусів. Зчитувальна електроніка забезпечує безперервне вимірювання відносної світимості в LHCb та спостереження за еволюцією фону на різних етапах підготовки пучків до зіткнень. Можливість моніторингу відносного вкладу від області світимості пучків IP8 та коліматорів ілюструється даними, накопиченими за допомогою подібної системи RMS під час кампаній Run 1 та Run 2. Дослідження ефективності роботи детекторів RMS-R3 продемонстрували хорошу відтворюваність відгуку близько 1% та чудову лінійність, що робить цю систему надійним додатковим детектором.

6. ПУЧКОВАЯ ЛИНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЛУЭ-60 ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ

В.Б.Ганенко, В.И. Касилов, Г.Д.Коваленко, Н.И.Маслов, И.Л.Семисалов

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

С целью возобновления фундаментальных и прикладных исследований в ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ на первом этапе рассматривается возможность создания экспериментальной установки на базе ускорителя электронов ЛПЕ-60 в здании №3 на энергию $E_0 \sim 60-90$ МэВ [1]. В данной работе рассматривается пучковая линия, предполагаемая для работы с пучками электронов и тормозных гамма-квантов на прямом выходе ускорителя.

Тестирование элементов пучковой линии, системы диагностики и формирования пучков планируется провести с использованием действующего ускорителя электронов ЛПЕ-30 на энергию 30 МэВ.

Данная пучковая линия позволит начать экспериментальные исследования в области ядерной физики и ядерной астрофизики, взаимодействия излучения с веществом и кристаллическими структурами, прикладные исследования в области ядерной медицины и ядерной энергетики, а также и подготовку специалистов в процессе их практической работы на установке.

1. V.B.Ganenko, V.I.Kasilov, G.D.Kovalenko, N.I.Maslov, I.L.Semisalov. The experimental facility of the IHEPNP NSC KIPT for research in fundamental and applied physics at the electron beam energy up to 100 MeV. PROBLEMS OF ATOMIC SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2020, №5(129). Series: Nuclear Physics Investigations (74), p.125-134.

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 100 МэВ

В.Б. Ганенко, Д.Д. Бурдейный

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

С целью оценки возможных параметров вторичных пучков, электронов и позитронов, на выходе пучковой линии №2 предполагаемой установки ЛУЭ-60 ИФВЭЯФ (здание №3) [1], выполнено моделирование генерации вторичных частиц, электронов и позитронов, в конверторе из вольфрама, длиной 7 мм ($\sim 2X_0$), при облучении его пучком электронов с энергией $E_0=30$ и 100 МэВ. Исследованы угловые и энергетические распределения рождающихся частиц, и оценена возможная интенсивность вторичных пучков электронов и позитронов, при энергетическом и угловом захвате частиц в пучковую линию равном 1 МэВ и $0-10^\circ$, соответственно.

Планируемая научная программа на вторичных пучках предполагает проведение исследований в области взаимодействия излучения с веществом и кристаллическими структурами, и методические исследования, связанные с развитием систем детектирования, тестирование сцинтилляционных материалов и т.п.

1. V.B.Ganenko, V.I.Kasilov, G.D.Kovalenko, N.I.Maslov, I.L.Semisalov. The experimental facility of the IHEPNP NSC KIPT for research in fundamental and applied physics at the electron beam energy up to 100 MeV. PROBLEMS OF ATOMIC SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2020, №5(129). Series: Nuclear Physics Investigations (74), p.125-134.

8. ЗАЛЕЖНІСТЬ ІЗОМЕРНИХ ВІДНОШЕНЬ ВИХОДІВ В РЕАКЦІЇ
 $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)^{44\text{m}}\text{Sc}$ ВІД ЕНЕРГІЇ ГАММА-КВАНТІВ В ПРИПОРОГОВІЙ ОБЛАСТІ

В. М. Мазур, З. М. Біган, П. С. Деречкей, О. М. Турховський, М. В. Гошовський
Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород, Україна

Робота присвячена вивченню процесів збудження ізомерного стану 6^+ ядра ^{45}Sc в реакції (γ, n) методом ізомерних відношень. Дослідження проведені в інтервалі енергій $E_{\gamma\text{max}}=11 - 18$ МеВ з кроком 0.5 МеВ, а в районі порогу крок складає 0.25 МеВ. Для ідентифікації збудження ізомерного стану з $J^\pi=6^+$ використовувалась гамма-лінія $E_\gamma=0.271$ МеВ, а основного стану з $J^\pi=2^+$ – лінія $E_\gamma=1.157$ МеВ.

Ядро ^{45}Sc близьке до магічних ядер ізотопів кальцію. Спін-парність його основного стану з $J^\pi=7/2^-$ визначається його протонною оболонкою $1f_{7/2}$. Основний стан ядра ^{44}Sc має з $J^\pi=2^+$ і належить до мультиплету $[(\pi 2S_{1/2}^{-1}), (\nu 1d_{3/2}^{-1})]$, ізомерний – має стан $J^\pi=6^+$, що обумовлюється конфігурацією $[(\pi 1d_{3/2}^{-1}), (\nu 1g_{9/2}^{-1})]$.

Одержаний експериментальний ефективний поріг реакції $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)^{44\text{m}}\text{Sc}$ $E_{\text{еф}}=11.9 \pm 0.15$ МеВ, що відповідає енергії збудження ядра $\sim 0,7$ МеВ.

Аналіз показує, що скоріше за все, заселення ізомерного стану відбувається безпосередньо після вильоту нейтрона із станів $7/2^+$, $9/2^+$ збудженого материнського ядра, при цьому нейтрон забирає момент $l=2$. Нейтрони з такими моментами появляються в помітних кількостях при їх енергіях 0.3 – 0.4 МеВ і більше, що і встановлює $E_{\text{еф}}$ збудження ізомера.

Вище порогу ізомерне відношення виходів $d=f(E_{\gamma\text{max}})$ швидко наростає і в районі $E_{\gamma\text{max}}=18$ МеВ досягає значення ~ 0.2 .

9. ВИВЧЕННЯ ПЕРЕРІЗІВ ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ НА ІЗОТОПАХ
 ^{120}Te , ^{122}Te В РАЙОНІ 10 – 18 МЕВ

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

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Одержані експериментальні і теоретичні результати дослідження перерізів $\sigma(E)$ реакцій $^{120}\text{Te}(\gamma, n)^{119}\text{Te}$ та $^{122}\text{Te}(\gamma, n)^{121}\text{Te}$ в області енергій гігантського $E1$ -резонансу.

Вимірювання проводилося на пучку гальмівних гамма-квантів мікротрону М-30 з кроком $\Delta E=0.5$ МеВ. В експерименті використовувалась активаційна методика. В результаті були одержані безпосередньо відношення повних виходів нейтронів для ізотопів $^{120}\text{Te}(Y_1)$, $^{122}\text{Te}(Y_2)$ до виходу нейтронів для ізотопу $^{130}\text{Te}(Y_3)$, абсолютної калібровки.

Наявність експериментальних залежностей відношення виходів $Y_1/Y_3 = f(E_{\text{ymax}})$ і $Y_2/Y_3 = f(E_{\text{ymax}})$ дозволяє, використовуючи переріз реакції $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129}\text{Te}$ виміряний раніше, розрахувати перерізи реакцій $^{120}\text{Te}(\gamma, n)^{119}\text{Te}$ і $^{122}\text{Te}(\gamma, n)^{121}\text{Te}$. Розрахунок проводився методом оберненої матриці з кроком 1 МеВ. Одержані перерізи мають одnogорбу форму з максимумом при енергії ~ 15.4 МеВ.

Перерізи апроксимувалися методом найменших квадратів кривими Лоренца: $\sigma(E) = (\sigma_0 E^2 \Gamma_0^2) / [(E - E_0)^2 + E^2 \Gamma_0^2]$, де σ_0 , E_0 , Γ_0 – параметри. В результаті підгонки одержані наступні значення параметрів: для ^{120}Te – $\sigma_0=(262,6 \pm 2,1)$ мбн, $E_0=(15.47 \pm 0.10)$ МеВ, $\Gamma_0=(5.73 \pm 0,17)$ МеВ, для ^{122}Te – $\sigma_0=(274,1 \pm 2,1)$ мбн, $E_0=(15.27 \pm 0.10)$ МеВ, $\Gamma_0=(4.76 \pm 0,08)$ МеВ.

Експериментальні результати порівнюються з теоретичними оцінками проведеними за допомогою програмного пакета TALYS –1.9.

10. ДІАГНОСТИКА РІДКІСНИХ ПОДІЙ У СПЕКТРАХ УЛАМКІВ ПОДІЛУ АКТИНІДНИХ ЯДЕР

¹В.Т. Маслюк, ²Ю.А. Кондаш, ¹О.М. Поп, ²Р.В. Літвинчук, ³А.Д. Скорбун,
¹О.О. Парлаг, ²Д.О. Ашенберг

¹Інститут електронної фізики НАН України, м.Ужгород

²Ужгородський національний університет, Україна

³Інститут проблем безпеки реакторів НАН України, м. Київ

Відомо, що кластерна радіоактивність відноситься до нового типу радіоактивного розпаду, зберігаючи як риси α -распаду, так і спонтанного поділу ядра. Проте, рідкісний характер фіксації ядер ^{14}C , ^{20}O , $^{24,26}\text{Ne}$, $^{28,30}\text{Mg}$, $^{32,34}\text{Si}$ при дослідженні масово-зарядових спектрів уламків поділу (МЗСУП) важких ядер є непростю задачею для таких експериментів. Тому теоретичне моделювання виходів кластерної радіоактивності у МЗСУП є актуальною задачею.

В даній роботі приведено результати дослідження тонкої структури МЗСУП актинідних ядер ^{232}Th , ^{241}Am в області легких уламків поділу. Розрахунок проведено в рамках післяподільного наближення, яке дозволяє вивчати виходи уламків поділу із аналізу статистичних ядерних конфігурацій, що реалізуються у точці розділення вихідного ядра. Розрахунки проведено в рамках «довгої арифметики», що дозволяє надійно фіксувати ефекти кластерної радіоактивності в умовах рідкісних подій. Обговорюються деталі тонкої структури виходів уламків поділу ^{232}Th , ^{241}Am , отриманих шляхом чисельного диференціювання їх масових/зарядових спектрів, які демонструють особливості в околі магічних чисел 2, 8, 20 (протони) та 2, 8, 20, 28 (нейтрони). Досліджено вплив на ці ефекти енергії збудження вихідного ядра та після подільної емісії ядерних частинок.

11. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРІЗІВ БАГАТОЧАСТИНКОВОЇ РЕАКЦІЇ $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{24}\text{Na}$ ПРИ $E_{\text{ymax}} = 40 \div 95$ МеВ

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

Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

Вимірні середні по гальмівному потоку перерізи $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ і перерізи на еквівалентний фотон $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})_Q\rangle$ фотоядерної багаточастинкової реакції $^{27}\text{Al}(\gamma, x; x = \text{pd} + ^3\text{He} + 2\text{pn})^{24}\text{Na}$ в інтервалі граничних енергій гальмівних γ -квантів $E_{\text{ymax}} = 40 \div 95$ МеВ. Експерименти проведені на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК "Прискорювач" ННЦ ХФТІ з використанням методу наведеної активності. Потік гальмівних квантів розраховувався в GEANT4 і додатково проводиться моніторинг по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$. Отримані значення середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ і $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})_Q\rangle$ добре узгоджуються з даними інших лабораторій [1-5].

Розрахунок середніх перерізів проводиться з використанням коду TALYS1.9 з параметрами за замовчуванням. Показано, що розрахунок дає занижені значення середніх перерізів у порівнянні з експериментом, приблизно в 2.0 \div 2.4 рази. Крім того, в досліджуваній області енергій поведінка енергетичних залежностей перерізів $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ і $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})_Q\rangle$ відрізняється від розрахованих значень. Обговорюються особливості розрахунку перерізів $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ і $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})_Q\rangle$ реакції $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{24}\text{Na}$ при наявності трьох каналів фоторозщеплення ^{27}Al . Відзначено перевагу використання величини $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})_Q\rangle$ у випадку протікання реакції по декількох каналах з утворенням одного і того ж кінцевого ядра-продукту. На підставі здобутих результатів зроблено висновок про те, що використовувати реакцію $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{24}\text{Na}$ для моніторингу потоку гальмівних γ -квантів у області енергій $E_{\text{ymax}} = 40 \div 95$ МеВ коректно у представленні даних у вигляді перерізу на еквівалентний фотон $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})_Q\rangle$.

1. V.Di Napoli, A.M. Lacerenza and F. Salvetti, Lett. Nuovo Cimento **1**(20), 835 (1971).
2. A.N. Gorbunov, F.P. Denisov, and V.A. Kolotukhin, Sov Phys. JETP **11**(4), 783 (1960).
3. R.A. Meyer, W.B. Walters and J.P. Hummel, Nucl. Phys. A **122**, 606 (1968).
4. B. Friberg and B. Forkman, Annual Report 1969, sect. V, A: lc (University of Lund, Lund Institute of Technology, Lund, 1970).
5. Akira Masaike, J. Phys. Soc. Japan **19**, 427 (1964)

12. ПЕРЕРІЗИ БАГАТОЧАСТИНКОВОЇ РЕАКЦІЇ $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{22}\text{Na}$ У ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ $E_{\text{ymax}} = 35 \div 95$ МеВ

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

Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

На пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК "Прискорювач" ННЦ ХФТІ проведені експерименти по дослідженню фотоядерної багаточастинкової реакції $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{22}\text{Na}$ з використанням методу наведеної у-активності. Потік гальмівних квантів розраховувався за допомогою коду GEANT4 [1] і додатково проводився моніторинг по реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$. Особливістю досліджуваної реакції є наявність семи вихідних каналів: $x = (n\alpha) + (2p3n) + (2npd) + (n2d) + (tnp) + (2n^3\text{He}) + (td)$, що приводять до утворення кінцевого ядра-продукту ^{22}Na .

Уперше виміряні середні по гальмівному потоку перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ і перерізи на еквівалентний фотон $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})_Q\rangle$ в області граничних енергій гальмівних γ -квантів $E_{\gamma\text{max}} = 35 \div 95$ МеВ. Порівняння здобутих значень $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ і $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})_Q\rangle$ з розрахунками, виконаними з використанням коду TALYS1.9 [2] з параметрами за замовчуванням, показало, що при енергії $E_{\gamma\text{max}} \geq 80$ МеВ відповідні функції збудження (γ, x) -реакції на ^{27}Al дещо відрізняються від передбачених теорією. Зроблено припущення, що спостережувана розбіжність обумовлена деформацією ядра ^{22}Na в основному стані, на якому побудована ротаційна смуга з $(K, T) = (3, 0)$. У той же час перевищення на 25% експериментальних даних над розрахунковими при $E_{\gamma\text{max}} \leq 55$ МеВ може бути пов'язано з недооцінкою парціального перерізу $(\gamma, n\alpha)$, який є домінуючим каналом реакції $^{27}\text{Al}(\gamma, x)^{22}\text{Na}$ у цій області енергій. Обговорюються деталі розрахунку середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ і $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})_Q\rangle$ для досліджуваної реакції. Виявлено перевагу використання величини $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})_Q\rangle$ у випадку протікання реакції по декількох каналах з утворенням одного і того ж кінцевого ядра-продукту.

1. Electron and Positron Incident. <http://geant4.web.cern.ch/geant4/>
2. TALYS - based evaluated nuclear data library // <http://www.TALYS.eu/home/>

13. ФОТОРОЗЩЕПЛЕННЯ ^{93}Nb ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 33 \div 93$ МеВ

О.М. Водін¹, О.С. Дев'я¹, І.С. Тімченко¹, С.М. Олійник¹, В.Ю. Корда²,
М.І. Айзацький¹, В.А. Кушнір¹, В.А. Бочаров¹, В.О. Гамов¹, А.С. Качан³,
Л.П. Корда¹, Е.Л. Купленніков¹, В.В. Митроченко¹, С.О. Пережогін¹, М.М.
Пилипенко⁴

¹Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, м. Харків

³Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики ННЦ ХФТІ, м. Харків

⁴Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій ННЦ ХФТІ,
м. Харків

Виміряні середні по гальмівному потоку перерізи $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle$ фотонейтронних реакцій $^{93}\text{Nb}(\gamma, xp; x = 1 - 5)^{(93-x)\text{m.g}}\text{Nb}$ в інтервалі граничних енергій гальмівних γ -

квантів $E_{\text{ymax}} = 33 \div 93$ МеВ з кроком $\Delta E_{\text{ymax}} \approx 2$ МеВ. Експерименти проведені на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з використанням методу наведеної активності. Проведені розрахунки парціальних $\sigma(E)$ і середніх $\langle \sigma(E_{\text{ymax}}) \rangle$ перерізів реакцій з використанням кодів GEANT4 [1] і TALYS1.9 з параметрами за замовчуванням [2].

Виявлено тенденцію гарного узгодження середніх перерізів фотонейтронних реакцій з утворенням кінцевих непарних ядер у порівнянні з випадком парних ядер Nb. Так, експериментальні середні перерізи реакцій $(\gamma, 2n)$ і $(\gamma, 4n)$ добре узгоджуються з теорією, а для реакцій (γ, n) , $(\gamma, 3n)$ і $(\gamma, 5n)$ спостерігаються деякі розбіжності. Отримані результати для реакцій (γ, n) , $(\gamma, 3n)$ і $(\gamma, 4n)$ задовільно узгоджуються з відомими літературними даними [3]. Дані по середнім перерізам реакцій $(\gamma, 2n)$ і $(\gamma, 5n)$ на ^{93}Nb отримані вперше.

1. Electron and Positron Incident. <http://geant4.web.cern.ch/geant4/>
2. TALYS - based evaluated nuclear data library // <http://www.TALYS.eu/home/>
3. Н. Naik *et al.*, Nucl. Phys. A **916**, 168 (2013).

14. ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ ПРОДУКТІВ ФОТОНЕЙТРОННИХ РЕАКЦІЙ $^{93}\text{Nb}(\gamma, 4n)^{89\text{m.g}}\text{Nb}$ І $^{93}\text{Nb}(\gamma, 5n)^{88\text{m.g}}\text{Nb}$ ПРИ $E_{\text{ymax}} = 50 \div 93$ МеВ

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

Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

Уперше експериментально визначено ізомерні відношення середніх перерізів $d(E_{\text{ymax}}) = \langle \sigma(E_{\text{ymax}}) \rangle_{\text{m}} / \langle \sigma(E_{\text{ymax}}) \rangle_{\text{g}}$ продуктів реакцій $^{93}\text{Nb}(\gamma, 4n)^{89\text{m.g}}\text{Nb}$ і $^{93}\text{Nb}(\gamma, 5n)^{88\text{m.g}}\text{Nb}$ в інтервалах граничних енергій гальмівних γ -квантів $E_{\text{ymax}} = 50 \div 93$ і $70 \div 93$ МеВ, відповідно. Експерименти проведені на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з використанням методу наведеної активності. Виконано розрахунки ізомерних відношень з використанням коду TALYS1.9 [1] з параметрами за замовчуванням.

Характер поведінки величини $d(E_{\text{ymax}})$ як функції від енергії не однаковий для реакцій $(\gamma, 4n)$ і $(\gamma, 5n)$: для ^{89}Nb – ця функція плавно спадає від порога реакції та виходить в насичення в області енергій вище 60 МеВ, для ^{88}Nb – різко зростає від порога та виходить в насичення в області енергій вище 65 МеВ.

Очікувані значення ізомерних відношень $d(E_{\text{ymax}})$ для $(\gamma, 4n)$ -реакції значно нижчі, практично в 2 рази, здобутих експериментальних даних і результатів з [2]. Для $(\gamma, 5n)$ -реакції розрахункові значення ізомерних відношень перевищують експеримент у 1,5 рази в інтервалі енергій $E_{\text{ymax}} = 70 \div 93$ МеВ. Така розбіжність даних $d(E_{\text{ymax}})$ обумовлена тим, що з області енергії вище 65 МеВ розрахункові значення перерізу $\langle \sigma(E_{\text{ymax}}) \rangle_{\text{m}}$ мають різко зростати щодо перерізу $\langle \sigma(E_{\text{ymax}}) \rangle_{\text{g}}$, але в експерименті спостерігається, що обидва перерізи практично співпадають.

1. TALYS - based evaluated nuclear data library // <http://www.TALYS.eu/home/>
2. Н. Naik *et al.*, Nucl. Phys. A **916**, 168 (2013)

15. ФОТОНЕЙТРОННІ РЕАКЦІЇ НА ^{181}Ta ПРИ $E_{\text{ymax}} = 80 \div 95$ MeV

А.М. Водін¹, О.С. Деев¹, І.С. Тімченко¹, С.М. Олійник¹, В.Ю. Корда²,
М.І. Айзацький¹, В.А. Кушнір¹, В.О. Бочаров¹, В.О. Гамов¹, О.С. Качан³,
Л.П. Корда¹, Е.Л. Купленніков¹, В.В. Митроченко¹, С.О.Пережогоін¹,
М.М. Пилипенко⁴

¹Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

²Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, м. Харків

³Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики ННЦ ХФТІ, м. Харків

⁴Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій ННЦ ХФТІ,
м. Харків

Уперше виміряні середні по спектру гальмівних γ -квантів перерізи $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ фотоядерних реакцій $^{181}\text{Ta}(\gamma, x\text{n}; x \leq 8)^{181-x}\text{Ta}$ в області граничних енергій гальмівних γ -квантів $E_{\text{ymax}} = 80 \div 95$ MeV. Експеримент проведено на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з застосуванням методу наведеної активності. Розрахунок середніх перерізів виконаний з використанням перерізів реакцій $\sigma(E)$ з коду TALYS1.9 [1] з параметрами за замовчуванням. Потік гальмівних γ -квантів на мішені обчислювався за допомогою пакета GEANT4 [2] і додатково проводився моніторинг по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, \text{n})^{99}\text{Mo}$.

Порівняння експериментальних середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ з теоретичними значеннями показало гарне узгодження для випадків реакцій з вильотом до 6 нейтронів. Зі збільшення кількості нейтронів до 7 і 8 у вихідному каналі реакцій спостерігається істотна розбіжність між експериментом і розрахунком. Простежується тенденція задовільного узгодження експерименту і розрахунку для фотонейтронних реакцій на ^{181}Ta , в яких утворюються ядра-продукти з позитивною парністю $\pi = +$ у основному стані. Виміряні в цій роботі перерізи $\langle\sigma(E_{\text{ymax}})\rangle$ для реакцій (γ, n) , $(\gamma, 2\text{n})$ і $(\gamma, 3\text{n})$ відрізняються від даних, здобутих на основі парціальних перерізів $\sigma(E)$ з [3,4]. Однак, сумарні значення наших середніх перерізів $(\gamma, \text{n}) + (\gamma, 2\text{n}) + (\gamma, 3\text{n})$ співпадають з аналогічною сумою з роботи [4].

1. TALYS - based evaluated nuclear data library // <http://www.TALYS.eu/home/>

2. Electron and Positron Incident. <http://geant4.web.cern.ch/geant4/>

3. R.L. Bramblett *et al.*, Phys. Rev. **129**, 2723 (1963),

4. R. Bergere, H. Beil and A. Veyssiere, Nucl. Phys. A **121**, 463 (1968)

16. ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ СЕРЕДНІХ ПЕРЕРІЗІВ ПРОДУКТІВ РЕАКЦІЙ

$^{181}\text{Ta}(\gamma, 3\text{n})^{178\text{m,g}}\text{Ta}$ ПРИ $E_{\text{ymax}} = 80 \div 95$ MeV

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

Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

Уперше здобуті експериментальні дані по середнім по спектру гальмівних γ -квантів перерізах заселення основного $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle_g$ та ізомерного $\langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle_m$ станів ядра-продукту і ізомерних відношень $d(E_{\gamma\max}) = \langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle_m / \langle\sigma(E_{\gamma\max})\rangle_g$ для реакції $^{181}\text{Ta}(\gamma, 3n)^{178g,mT}\text{Ta}$ при $E_{\gamma\max} = 80 \div 95$ MeV. Експеримент проведено на пучку лінійного прискорювача електронів ЛПЕ-40 НДК "Прискорювач" ННЦ ХФТІ з застосуванням γ -активаційної методики. Потік гальмівних γ -квантів на мішені обчислювався за допомогою пакета GEANT4 і додатково проводився моніторинг по виходу реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$. Теоретичні значення $d(E_{\gamma\max})$ розраховувалися з використанням перерізів $\sigma(E)$ з коду TALYS1.9 з параметрами за замовчуванням. Проведене порівняння експериментальних результатів з розрахунковими показало їхню розбіжність у ~ 2 рази. Аналіз знайдених значень $d(E_{\gamma\max})$ вказує на значне пригнічення заселення ізомерного стану ядра ^{178m}Ta по відношенню до заселення основного стану ^{178g}Ta : у $\sim 2,5$ рази. Отримані значення ізомерних відношень $d(E_{\gamma\max})$ узгоджуються з результатами з [1-5] і всі наявні експериментальні дані у діапазоні $E_{\gamma\max} = 24 \div 95$ MeV вказують на сталість значення $d(E_{\gamma\max}) = 0,34 \pm 0,02$.

1. V. Zheltonozhsky, M. Zheltonozhskaya, A. Savrasov, A. Chernyaev. Book of Abstracts «LXX Int. Conference” NUCLEUS-2020” » Saint Petersburg, 2-17 October 2020 p. 64.
2. B. S. Ishkhanov, V. N. Orlin, and S. Yu. Troschiev. Phys. At. Nucl. **75**, 253 (2012).
3. J. H. Carver and W. Turchinets. Research School of Physical Sciences, Australian National University, Canberra, September 1957.
4. H. Bartsch, K. Huber, U. Kneissl and H. Krieger. Nucl. Phys. A **256**, 243 (1976).
5. O.M. Vodin, O.A. Bezshyuko, L.O. Golinka-Bezshyuko, I.M. Kadenko, V.A. Kushnir, A.V. Kotenko, O.V. Lubynets, V.V. Mitrochenko, S.M. Olejnik, S.A. Perezhogin, C. Vallerand, Probl. Atom. Sci. Tech. **3**, 38 (2019)

17. ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИЯХ



О.А. Безшийко², А.Н. Водин¹, Л.А. Голинка-Безшийко², И.Н. Каденко²,
Е.А.Крячок², В.А. Кушнир², В.В. Митrochenko¹, С.Н. Олейник¹, А.А.Палиничак²
С.А. Пережогин¹, С. Vallerand³ (С.Валеранд)

¹ННЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина

²Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, Украина

³Laboratoire de Accelérateur Lineaire, 91898 Orsay, France (LAL)

(Лаборатория Линейного Ускорителя, 91898 Орсе, Франция (LAL))

Было проведено исследование процессов возбуждения изомерных состояний дочерних ядер, полученных в результате реакций $^{103}\text{Rh}(\gamma, 3n)^{100m,g}\text{Rh}$ и $^{103}\text{Rh}(\gamma, 4n)^{99m,g}\text{Rh}$. Для экспериментального определения изомерного отношения выходов применялась методика определения наведенной активности образцов. Облучения исследуемых образцов проводилось на выведенном пучке линейного

ускорителя электронов ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ в диапазоне энергий электронов $E_e = 65 \div 90$ МэВ. На выходе ускорителя электронов в качестве тормозной мишени был установлен танталовый конвертер толщиной 1,05 мм, за которым находился алюминиевый поглотитель электронов размером $\varnothing 100 \times 100$ мм. Для облучения использовались образцы металлического родия. Для измерения наведенной γ -активности образцов использовался спектрометр на базе полупроводникового HPGe-детектора с относительной эффективностью 20 % и энергетической разрешением 1,9 кэВ для линии 1332 кэВ ^{60}Co .

Научная работа авторов из *КНУТШ* и *ЛАЛ* проводилась в рамках работы международной ассоциированной лаборатории LIA IDEATE.

18. ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ДЛЯ ПРОДУКТОВ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ С ВЫЛЕТОМ 3, 5 и 7 НЕЙТРОНОВ НА ИЗОТОПАХ СУРЬМЫ

*О.А. Безшийко*², *В.И. Берест*², *А.Н. Водин*¹, *Л.А. Голинка-Безшийко*²,
*И.Н. Каденко*², *Е.А. Крячок*², *В.А. Кушир*², *В.В. Митроченко*¹, *С.Н. Олейник*¹, *С.А. Пережогин*¹, *C. Vallerand*³ (*С. Валеранд*)

¹ ННЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина

² Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, Украина

³ Laboratoire de Accelérateur Lineaire, 91898 Orsay, France (LAL)

(Лаборатория Линейного Ускорителя, 91898 Орсе, Франция (ЛАЛ))

Исследование изомерных отношений продуктов ядерных реакций является одним из источников информации о механизмах развития таких реакций и свойства возбужденных состояний атомных ядер. В рамках этой работы нами проведено измерение изомерных отношений выходов для ядер $^{120\text{m.g}}\text{Sb}$, $^{118\text{m.g}}\text{Sb}$ и $^{116\text{m.g}}\text{Sb}$, являющихся продуктами фотонейтронных реакций на изотопах сурьмы. При облучении использовались образцы металлической сурьмы обогатенные по изотопам ^{121}Sb и ^{123}Sb . Облучение исследуемых образцов проводилось на выведенном пучке линейного ускорителя электронов ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ в диапазоне энергий электронов $E_e = 38 \div 95,6$ МэВ. Тормозная мишень представляла собой танталовую пластину толщиной 1,05 мм. Для измерения наведенной γ -активности образцов использовался полупроводниковый спектрометр на базе HPGe-детектора с относительной эффективностью 20% и энергетическим разрешением 1,9 кэВ по γ -линии 1332 кэВ ^{60}Co .

Научная работа авторов из *КНУТШ* и *ЛАЛ* проводилась в рамках работы международной ассоциированной лаборатории LIA IDEATE.

19. БЕЗМОДЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ САМОСОГЛАСОВАННОГО ПОЛЯ ЯДРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА

*А.Н. Водин*¹, *Л.П. Корда*¹, *В.Ю. Корда*²

¹ *ННЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина*

² *Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины*

Нами разработан подход, с использованием которого можно извлекать угловую зависимость потенциала самосогласованного поля ядер $2s1d$ -оболочки как в основных, так и в низколежащих одночастичных возбужденных состояниях непосредственно из экспериментальных данных по энергиям, спином и четностям основных и низколежащих возбужденных одночастичных состояний ядер, а также измеренным вероятностям электромагнитных переходов между этими уровнями без привлечения дополнительных модельных предположений. Подход основан на использовании эволюционного алгоритма /1/ при фитировании данных.

1. V.Yu. Korda, A.S. Molev, and L.P. Korda, Phys. Rev. C **72**, 014611(2005).

20. ИЗМЕНЕНИЕ МОЩНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНЫХ СВИНЦОВЫХ ЭКРАНОВ

*В.Ф. Попов, А.А. Беляев, Л.С. Ковалёва, Л.Г. Левчук, Алексей А. Луханин,
Александр А. Луханин, Е.А. Споров*

ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Проведены исследования влияния величины мощности дозы облучения фотонами тормозного излучения на ускорителе электронов ЛУ-10 на степень повреждения пластических сцинтилляторов SCSN-81 и EJ-260. Мощность дозы облучения определяется расстоянием от конвертера фотонов тормозного излучения до точки размещения образцов сцинтилляторов в экспериментальном зале ускорителя. Нами также рассмотрен способ изменения мощности дозы облучения за счёт использования набора защитных экранов из свинца, которые устанавливаются перед облучаемыми образцами. Изготовленная конструкция состоит из набора трёх свинцовых пластин толщиной $h=10,1$ мм и двух алюминиевых пластин толщиной 1 мм, которые устанавливались друг за другом на расстоянии 20 мм между собой. Облучаемые образцы сцинтилляторов размещались в зазорах между пластинами. Чтобы исключить влияние радиационного фона окружающей среды экспериментального зала ускорителя на величину мощности облучения, данная конструкция была размещена в защитном «домике» из свинцовых кирпичей и установлена по оси пучка ускорителя. Получены следующие значения мощности дозы облучения: перед экраном ($h = 0$) – 109,6 крад/час, после первого экрана ($h = 10,1$ мм) – 47,5 крад/час, после второго экрана (суммарная толщина двух экранов $h = 20,2$ мм) – 23,8 крад/час и после третьего экрана (суммарная толщина трёх экранов $h = 30,3$ мм) – 14,2 крад/час. Получены также предварительные результаты измерения деградации световыхода в сцинтилляторах при использовании такой схемы облучения.

Робота підтримана грантом, виділеним Національною академією наук (НАН) України в рамках цільової програми «Фундаментальні дослідження по фізиці високих енергій і ядерної фізиці (міжнародне співробітництво)».

21. ВИМІР СТУПЕНЮ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ФОТОННОГО ПУЧКА ЗА ДОПОМОГОЮ ${}^4\text{He}(\gamma, p){}^3\text{H}$ І ${}^4\text{He}(\gamma, n){}^3\text{He}$ РЕАКЦІЙ

Ю.П. Ляхно

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН України

В роботі приведено фізичне обґрунтування нового методу виміру ступеню поляризації фотонних пучків на базі експериментальних даних про перерізи ${}^4\text{He}(\gamma, p)\text{T}$ і ${}^4\text{He}(\gamma, n){}^3\text{He}$ реакцій в колінеарній геометрії. Цей переріз обумовлений переходами із спіном $S=1$ кінцевого стану частинок. Різниця асиметрії перерізу реакції з лінійно поляризованими фотонами $\Sigma(\theta)$ від одиниці також обумовлена внеском переходів із спіном $S=1$. Таким чином, якщо відомий переріз реакції в колінеарній геометрії і який саме перехід є основним, то асиметрію перерізу реакції $\Sigma(\theta)$ можна однозначно обчислити і використовувати її для виміру ступеню поляризації фотонних пучків. Внесок переходів із спіном $S=1$ становить $\sim 1\%$ від повного перерізу реакції. Малий внесок в переріз реакції переходів із спіном $S=1$ приводить до високого значення асиметрії $\Sigma(\theta)$. Крім того, відношення перерізу реакції в колінеарній геометрії до перерізу реакції при полярному куту вильоту нуклона $\theta_n=90^\circ$ в області енергій фотонів $20 \leq E_\gamma \leq 100$ MeV не залежить від енергії фотона. Високе значення асиметрії перерізу ${}^4\text{He}(\gamma, p)\text{T}$ і ${}^4\text{He}(\gamma, n){}^3\text{He}$ реакцій і її незалежність від енергії фотонів можуть зробити ці реакції більш ефективними і точними ніж реакція фоторозщеплення дейтрона.

22. РОЗРОБКА СПІНОВОГО НЕЙТРОННОГО ФІЛЬТРА НА ОСНОВІ МІШЕНІ ПОЛЯРИЗОВАНИХ ЯДЕР ${}^3\text{He}$

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

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН України

Поляризовані нейтрони використовуються в експериментальній фізиці, матеріалознавстві, біології, інженерних розробках. При проходженні пучка неполяризованих нейтронів через осередок з поляризованими ядрами ${}^3\text{He}$, в осередку поглинаються нейтрони з антипаралельною орієнтацією їхніх спінів відносно спінів ядер гелію і можна одержати вихідний пучок з великою поляризацією нейтронів. Спіновий нейтронний фільтр характеризується можливістю поляризувати нейтронні пучки великої площі в широкому діапазоні енергій та охоплювати великий тілесний кут.

Проведено аналіз взаємодії теплових нейтронів з поляризованими ядрами та математичне моделювання величин поляризації і трансмісії нейтронного пучка на виході із спінового фільтру та добротності фільтру в залежності від енергії нейтронів та характеристик спінового фільтру. Визначено зв'язок між ефективною товщиною газу ${}^3\text{He}$ в осередку та поляризацією нейтронного пучка. Для досягнення поляризації нейтронів 90% при енергії нейтронів 100 MeV і при поляризації ядер гелію 70% потрібна ефективна товщина ${}^3\text{He} \sim 30$ атм. см, що може бути реалізовано за допомогою осередку довжиною 0.1 м та заповненого газом ${}^3\text{He}$ до тиску 3 атм.

Використовуючи осередок з ${}^3\text{He}$ та ядерною поляризацією гелію 70% поляризація теплових нейтронів при енергії близько 10 MeV може становити майже 100%, а коефіцієнт пропускання близько 14%. Результати розрахунків будуть використовуватись при обґрунтуванні практичної реалізації експериментального обладнання та термодинамічних параметрів ${}^3\text{He}$ в осередку для конкретного пучка нейтронів. У доповіді повідомляється про необхідні характеристики спінового фільтру, а також поточний стан розробки фільтру.

23. РЕАКЦІЯ ${}^{14}\text{N}(\gamma, \text{np})3\alpha$ ПРИ $E_\gamma^{\text{max}} = 150$ МэВ

Афанасьев С.Н.

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

С помощью спектрометра на базе диффузионной камеры, расположенной в магнитном поле, исследована реакция ${}^{14}\text{N}(\gamma, \text{np})3\alpha$ при энергии γ -кванта (E_γ) от порога реакции до 150 МэВ. Реакция с двумя нуклонами в конечном состоянии эффективна при исследовании нуклонных корреляций, а наличие в конечном состоянии нескольких α -частиц позволяет исследовать вероятности образования промежуточных возбужденных состояний ядер ${}^8\text{Be}$ и ${}^{12}\text{C}$.

Измерено полное сечение и распределения событий по импульсу (p) конечных частиц в нескольких энергетических интервалах. Определено, что с ростом E_γ значение максимума импульсного распределения нуклонов увеличивается, в то время как в импульсном распределении α -частиц для всех энергетических интервалов обнаружена структура: резонанс с максимумом в районе 100 МэВ/с и нерезонансное продолжение при больших импульсах. Получены зависимости средней энергии частиц от полной энергии системы (T_0). В распределениях наблюдается изменение скорости роста зависимости – при $T_0 > 15$ МэВ основную часть энергии уносят нуклоны.

Выполнен анализ распределений по относительным энергиям и углам разлета нуклонов. Обнаружена асимметрия в этих распределениях и определены предельные ограничения по энергии γ -кванта и импульсу α -частиц, позволяющие оценить вклад разных моделей поглощения γ -кванта.

В распределении по энергии возбуждения двух α -частиц наблюдается резонансная структура, которая может соответствовать спектру возбужденных состояний ядра ${}^8\text{Be}$. Определены относительные вероятности образования

возбуждених состояний ядра ${}^8\text{Be}$. В каналі образования основного состояния ядра ${}^8\text{Be}$ построена зависимость энергии возбуждения трех α -частиц и обнаружен пик, соответствующий образованию состояния Хойла ядра ${}^{12}\text{C}$.

24. ВПЛИВ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ ІОНАМИ He^+ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ВОЛЬФРАМОВИХ ПОКРИТТІВ НА НАКОПИЧЕННЯ ГЕЛІЮ

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

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

В роботі методами мас-термодесорбційної спектроскопії та електронної мікроскопії досліджено вплив дози опромінення іонами He^+ і температури зразка на накопичення і термодесорбцію гелію у вакуум з W покриттів. Вольфрамові покриття завтовшки 1 мкм, що одержані за допомогою методу магнетронного розпилення W мішені в атмосфері Ar та осадження на підкладку з неіржавіючої сталі, опромінювали пучком іонів He^+ з енергією 20 кеВ та густиною струму $\sim 5 \text{ мкА/см}^2$ до доз з інтервалу $(0,1-1,0) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$ та з температурами T_0 зразків 290, 370, 470, 540, 570, 670 та 870 К.

Досліджено спектри термічної десорбції гелію із вольфрамових покриттів з різними температурами T_0 зразків при бомбардуванні іонами He^+ до однакової дози та при різних дозах опромінення іонами He^+ для однакової температури T_0 . Знайдено температурні інтервали виділення гелію у вакуум, піки його переважної термодесорбції із опромінених зразків. Визначено значення концентрації та коефіцієнта захоплення гелію у W покритті. Вивчено вплив дози опромінення іонами He^+ та температури покриття на накопичення у ньому гелію та на утворення пошкоджень кристалічної решітки. Зроблено зіставлення накопичення гелію та його термодесорбції з Ta і W покриттів. Запропоновано механізми утворення різних типів пошкоджень покриттів внаслідок опромінення іонами He^+ та їх відпалу. З'ясовано вплив утворених пошкоджень на структурні властивості та радіаційну стійкість досліджених W покриттів для перспективних багаточарових функціональних структур.

Секция 3. Фундаментальные исследования процессов взаимодействия ультрарелятивистских частиц с монокристаллами и веществом

1. ВПЛИВ ЗАМАГНІЧУВАННЯ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ВТРАТИ ВАЖКОЇ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ В ЕЛЕКТРОННОМУ ГАЗІ

Хелемеля О.В., Холодов Р.І.

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Показано, що у випадку достатньо сильних магнітних полів в електронному газі з анізотропним розподілом за швидкостями можливе підвищення сили тертя на кілька порядків. Даний ефект протилежний до випадку із ізотропним розподілом електронів за швидкостями, де, навпаки, спостерігається зменшення сили тертя. Чисельні розрахунки енергетичних втрат важкою зарядженою частинкою в замагніченому електронному газі проводилися з використанням виразів для діелектричної сприйнятливості та енергетичних втрат, отриманих в рамках квантово-польового методу.

1. И.А. Ахиезер. К теории взаимодействия заряженной частицы с плазмой в магнитном поле. Журнал экспериментальной и теоретической физики. т. 40, вып.3 (1961) с.954-962
2. Khelemelia O.V., Kholodov R.I. Stopping power of an electron gas with anisotropic temperature / O.V. Khelemelia, R.I. Kholodov // Modern Physics Letters A. – 2016. - Volume: 31. - Number: 13, 1699001
3. Khelemelia O.V., Kholodov R.I. The influence of the external magnetic field on energy losses of a charged particle in an electron gas / O.V. Khelemelia, R.I. Kholodov // Problems of Atomic Science and Technology. – 2017. – №1. – с.68-71.

2. КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ УГЛОМ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЙЯНИЯ И ИОНИЗАЦИОННЫМИ ПОТЕРЯМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

Н.В. Бондаренко^{1,2}

¹ІНЦ “Харьковский физико-технический институт”, НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

На основе решения уравнения переноса оценена корреляция между углом многократного рассеяния и ионизационными потерями энергии для релятивистских электронов в аморфной среде. Установлено, что корреляция

является наиболее сильной в области больших углов отклонения, но также заметна при типичных углах отклонения, где приводит к уширению углового распределения с увеличением потерь энергии. Средняя потеря энергии как функция угла отклонения возрастает квадратично с увеличением последнего, но коэффициент пропорциональности изменяется при переходе от области малых углов отклонения к области больших углов.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ РАССЕЙНИЯ БЫСТРЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ТОНКОМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ОНДУЛЯТОРЕ

Н.Ф. Шульга^{1,2}, В.И. Трутень^{1,2}

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

При движении быстрых заряженных частиц в изогнутых кристаллах частицы могут испытывать большие изменения своей траектории при довольно малых толщинах кристаллов. Это объясняет большой интерес к исследованиям движения быстрых заряженных частиц в изогнутых кристаллах как с практической, так и теоретической точек зрения. Проведенные в последнее время исследования динамики движения быстрых заряженных частиц в тонком кристаллическом ондуляторе, в котором кристаллические плоскости периодически деформированы, показали, что при определённых параметрах как кристаллического ондулятора, так и условий движения частиц в нем, можно получить значительную асимметрию в угловых распределениях рассеянных частиц. Это проявляется в том, что среднее значение углов рассеяния частиц в направлении изгиба кристаллических плоскостей может значительно превосходить среднее значение углов рассеяния частиц в ортогональной плоскости. Существенно, что такое значительное изменение профилей прошедшего через кристалл пучка осуществляется с помощью кристаллического ондулятора малых размеров.

В работе с помощью метода численного моделирования проведен анализ движения быстрых заряженных частиц в кристаллическом ондуляторе. Предложена методика для определения оптимальных значений таких параметров кристаллического ондулятора, как амплитуда, величина периода изгиба кристаллических плоскостей атомов и его толщина, при которых асимметрия рассеяния частиц максимальна.

4. ПРО РОЗГЛЯД РОЗСІЮВАННЯ ШВИДКИХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК НА КРИСТАЛІЧНІЙ ПЛОЩИНІ АТОМІВ В ЕЙКОНАЛЬНОМУ НАБЛИЖЕННІ

На основі раніше запропонованого методу було продовжено розгляд задачі про розсіювання швидких заряджених частинок на кристалічній площині атомів [1].

Отримана формула для перерізу розсіювання в цьому випадку має ширшу область застосування, в порівнянні з формулою в борнівському наближенні. Показано, що переріз розсіювання відрізняється в різних напрямках. Розсіювання в поперечному відносно площини напрямку обумовлено неперервним потенціалом кристалічної площині, в той час як в поздовжньому відносно площини напрямку має властивості розсіювання в двовимірному аморфному середовищі [1]. Поділ перерізу розсіювання на перерізи когерентного і некогерентного розсіювання явно не спостерігається.

Також звернено увагу на особливості врахування теплових коливань атомів площині при розгляді даної задачі розсіювання.

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

5. ПОЛНЫЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ СЕЧЕНИЯ РАССЕЙАНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ КАК ФУНКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО РЕАЛИЗУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

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

^{a)} ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

^{b)} Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

Рассмотрены полные и дифференциальные квантовые сечения рассеяния положительно заряженных частиц с энергией от нескольких МэВ до сотен МэВ в поле плоскостей тонких кристаллов как функция энергии частиц и углов падения. На основе численных вычислений показано, что в реальном усредненном потенциале плоскостей (110) кристалла кремния, как и в модельном квадратичном потенциале, сохраняется периодичность сечения рассеяния в зависимости от толщины кристалла и энергии частиц. В частности, присутствуют резкие минимумы полного сечения рассеяния, в идеале стремящиеся к нулю, а периодичность соответствует двойному периоду колебаний каналирования частиц. Положения экстремумов сечения рассеяния и его величина согласуются с аналогичными значениями, полученными на основании метода геометрической оптики [1]. Результаты работы могут быть напрямую использованы при реализации соответствующих экспериментов по рассеянию заряженных частиц.

1. N.F. Shul'ga, S.N. Shulga. Geometrical optics method in the theory of channeling of high energy particles in crystals. *Physics Letters B*, Vol. 791 (2019) 225-229.

Секція 4. Фізика и техника детекторов излучений

1. ГЕТЕРОСТРУКТУРОВАНІ ОРГАНІЧНІ СЦИНТИЛЯТОРИ ІЗ ВИСОКОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО РОЗДІЛЕННЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ЗА ФОРМОЮ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО ІМПУЛЬСУ

М.З. Галунов^{1,2}, О.А. Тарасенко¹, І.Ф. Хромюк¹

¹Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків

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

Для класичних органічних монокристалів і рідин їх здатність до розділення сигналів від випромінювань із різними питомими енергетичними втратами dE/dx є відомим експериментальним фактом, також добре вивчені особливості процесів транспорту та рекомбінації T -станів в них. Така інформація щодо нових типів органічних гетероструктурованих сцинтиляційних матеріалів, для яких міграція T -станів може обмежуватись розміром гранул, практично відсутня.

На першому етапі виконання робіт проведені дослідження відносного світлового виходу та оптичного пропускання композиційних сцинтиляторів з гранул n -терфенілу (активованого та не активованого) або стильбену із фракціями гранул у діапазоні від 0,06 до 2,5 мм. Досліджувалися як одношарові зразки (товщина зразка відповідала розміру гранул сцинтиляційного матеріалу), так і зразки товщиною 5мм. Результати досліджень показали, що зразки із фракціями гранул 0,06–0,1 та 0,1–0,3 мм мають дуже низькі значення відносного світлового виходу та оптичного пропускання. Обговорюються можливі причини цих результатів. Тому для подальших досліджень форми імпульсу радіолюмінесценції зразків при збудженні іонізуючими випромінювання із різними dE/dE будуть використовуватися фракції гранули розміром більше 0,3 мм.

Робота виконувалася за підтримкою Національного Фонду Досліджень України (договір № 189/01.2020 від 5 листопада 2020 року).

2. RADSCAN КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ ОДНОРІДНОСТІ РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ: МІКРОТРОН М-30

¹М.І. Романюк, ²В.В. Лукачинець, ¹О.М. Турховський., ¹О.А. Тарнай,

¹М.В. Гошовський, ¹В.Т. Маслюк

¹Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

²Ужгородський національний університет, Україна

Використання пучків високоенергетичних електронів для практичних застосувань потребує надійних методик контролю їх параметрів як енергії, щільності потоку, а особливо однорідності поля опромінювання. Так, останній фактор є визначальним як при плануванні терапевтичних опромінь, так і організації радіаційних випробувань оскільки дає інформацію про рельєф

поглинутої дози досліджуваних об'єктів. Серед вимог, які ставляться до сканерів радіаційних полів є забезпеченні швидкодії та врахуванні стохастичних флуктуацій радіаційних полів.

В даній роботі представлено роботизований комплекс RadScan для контролю 2D-однорідності радіаційного поля мікротрона М-30, який включає багатоелементну іонізаційну камеру (ІК), механічну частину для її позиціонування в радіаційному полі та програмне забезпечення (ПЗ) для управління, опитування блоків ІК, збору та статистичної обробки інформації і представлення її у графічному вигляді. Характерний розмір поля, яке може бути проскановане RadScan – 400 мм, число елементів ІК дорівнює 21. Розроблене програмне рішення дозволяє встановлювати з'єднання та забір показників із датчиків, встановлених у системі RadScan, реалізує програмну обробку інформації з датчиків, збереження результатів у базі даних та візуалізацію отриманих результатів за допомогою таблиць. У якості мови програмування для реалізації ПЗ було обрано C#; для зчитування вхідних сигналів із LPT порту та генерування вихідних сигналів для управління апаратною складовою комплексу використана бібліотека InpOut32/InpOut64x; для збереження оброблених даних та програмної взаємодії із базою даних - СУБД SQLite. Представлено результати дослідження радіаційних полів для різних віддалей від вузла виводу пучка електронів М-30, обговорюється достовірність даних та можливість застосування запропонованої технології.

3. ПЕРЕВАГИ МЕТАЛЕВИХ МІКРОСТРІПОВИХ ДЕТЕКТОРІВ ЯК СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПРОФІЛЮ ПУЧКА

Д. Рамазанов, О. Ковальчук, В. Кива, Д. Сторожик, В. Міліція, В. Пугач

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Представлені особливості металевих мікростріпових детекторів (ММД) як систем моніторингу профілю пучка заряджених частинок і пучків синхротронного випромінювання. Інноваційний технологічний процес плазмохімічного травлення, дозволяє отримувати надтонкі металеві стріпи товщиною лише 1-2 мкм. Це дозволяє ММД бути майже прозорим для іонізуючого випромінювання і може використовуватися in-situ для вимірювання, налаштування та формування пучка "в режимі онлайн". Металева структура сенсорів гарантує високу толерантність до випромінювання (близько 100 МГр), забезпечуючи їх стабільну роботу, незалежно від накопиченого флюенсу. Просторова роздільна здатність ММД визначається кроком смуг, що становить від 5 до 100 мкм у зразках, що виготовляються в даний час. Дані які отримуються за допомогою ММД, зчитуються системою Sens-Tech X-DAS V3, яка характеризується низьким рівнем шуму, часом інтеграції сигналу від 1 до 500 мс, можливістю обробки сигналів у реальному часі та здатністю підключення більш ніж 1000 16-бітних каналів зчитування сигналу. Сфера застосування ММД & X-DAS - це наукові та прикладні дослідження з

використанням пучків заряджених частинок та синхротронного випромінювання.

4. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ SiPM-СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ α -СПЕКТРОВ

А. А. Луханин, В.Ф. Попов, Л.С.Ковалева, Л.Г. Левчук

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Кремниевые фотоумножители (SiPM) позволяют создавать компактные и эффективные системы регистрации вспышек в сцинтилляторах (до 50% от числа фотонов, попадающих на поверхность SiPM). Приведены результаты разработки SiPM-системы для регистрации и исследования α -спектров. Основным модулем системы является многоканальный анализатор импульсов CAEN DT5770, обеспечивающий запись и анализ спектров на PC. Для использования SiPM фирмы Hamamatsu разработан и изготовлен интегрирующий зарядочувствительный предусилитель. Работа электронной схемы предусилителя моделировалась с помощью программного пакета LTspice XVII. На основании моделирования выбраны номиналы компонентов схемы. Разработаны модули питания SiPM с ограничением максимального тока и защитой от короткого замыкания. Выполнено тестирование системы, и приведены α -спектры, полученные в тонком пластическом сцинтилляторе. Работа выполнялась также для создания стенда для исследования радиационной стойкости различных сцинтилляционных материалов.

Работа выполнена в рамках ведомственной тематики ННЦ ХФТИ «Створення експериментального комплексу на базі лінійного прискорювача електронів ІФВЕЯФ ННЦ ХФТІ і розробка систем детектування для фундаментальних і прикладних досліджень».

5. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДУ СТВОРЕННЯ НОВІТНІХ ДЕТЕКТОРНИХ ШАРІВ ALICE ITS3 НА ОСНОВІ ТОНКИХ ВИГНУТИХ КРЕМНІЄВИХ ПІКСЕЛЬНИХ СЕНСОРІВ

В.М. Борцов, І.Т. Тимчук, М.А. Проценко, О.В. Суддя

ТОВ Науково-виробниче підприємство «ЛТУ», Харків

Для подальшого покращення ефективності та інформативності досліджень часток в експерименті ALICE (ALICE ITS3) у CERN передбачається створення новітнього вершинного детектору, що міститиме три циліндричні шарі з новітніх тонких (30-50мкм) великих (до 100ммх280мм) вигнутих піксельних сенсорів, що забезпечить бюджет матеріалу в об'ємі детектування біля 0,05% X_0 для шару [1].

У тісній співпраці з фахівцями Університету Бергену та CERN розроблено та запропоновано підхід для реалізації детекторних шарів та між'єднання тонких вигнутих сенсорів для ALICE ITS3, що базується на використанні легких

гнучких комутаційних елементів з безадгезивних алюміній-поліімідних діелектриків та застосуванні крапкового ультразвукового зварювання пласких виводів (SpTAV) для електричного з'єднання. Такий підхід дозволяє скласти шарі детектору у пласкому вигляді з подальшим їх згинанням.

Для перевірки та дослідження запропонованого підходу розроблено, виготовлено та досліджено прототипи детекторних модулів з вигнутими MAPS сенсорами типу ALPIDE (50мкм), що дозволило підтвердити прийнятність розробленого підходу та дозволило відзначити зміну деяких параметрів сенсорів на 5-10% при їх згинанні.

1. Letter of Intent for an ALICE ITS Upgrade in LS3/ALICE Collaboration, CERN, Geneva, Switzerland, October 22, 2019 - ALICE-PUBLIC-2018-013

6. КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ГОНИОМЕТРОМ

Г.П. Васильев, С.К. Киприч, А.А. Каплий, Г.Д. Коваленко, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, М.Ю. Шулика, И.Н. Шляхов, В.И. Яловенко
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Разработан и создан компьютеризированный блок управления гониометром. В состав блока входят четыре независимых программируемых канала управления шаговыми двигателями, четыре логических канала анализа состояния конечных выключателей и источник первичного электропитания. В качестве управляемых силовых ключей используются мощные полевые транзисторы фирмы International Rectifier. Для формирования выходных сигналов и связи с компьютером, в каждом канале управления используется микропроцессор Atmega328. Такое построение канала, позволяет управлять практически любым типом шаговых двигателей, требуется только заменить программу управления. Программное обеспечение написано с использованием пакета WinAVR имеющего General Public License. Передача данных между компьютером и блоком осуществляется по USB интерфейсу.

7. КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ИЗМЕРЕНИЙ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНАРНЫХ КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Г.П. Васильев, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, В.И. Яловенко
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Стенд исследования статических (электрофизических) характеристик планарных детекторов излучения состоит из микрозондовой станции с ручным перемещением зондов и высокоточной измерительной аппаратуры, подключенной к компьютеру для проведения автоматизированных измерений. Микрозондовая станция содержит микроскоп, предметный столик, перемещаемый по трем координатам и микропозиционные зонды. Микрозондовая станция позволяет визуально исследовать детекторы,

подключаться к контактными площадкам детекторов с поперечными размерами до 20 мкм для подачи напряжения и измерений. Планарные детекторы закрепляются на предметном столике с помощью вакуума. Для измерений статических характеристик детекторов используются высокоточные измерительные приборы, специально разработанные электрические схемы подключения к компьютеру и программы, управляющие измерительными приборами. Окна управляющих программ позволяют настраивать режимы измерений статических характеристик. Использование стендов позволяет измерять вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики детекторов, а также оперативно выявлять детекторы с нестабильными характеристиками. Полученные результаты измерений используются для определения режимов работы и отбраковки полупроводниковых детекторов излучения.

8. ИНТЕГРИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОК-НАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ ТОКОВ

Г.П. Васильев, С.К. Киприч, А.А. Каплий, Г.Д. Коваленко, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, М.Ю. Шулика, И.Н. Шляхов, В.И. Яловенко

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Разработан и создан интегрирующий преобразователь ток-напряжение для измерения величины тока вторичной эмиссии или тока ускоренных электронов. Преобразователь имеет два независимых канала измерения. Коэффициент преобразования первого канала составляет 1 В/мкА, второго – 1 В/нА. Диапазон измеряемых токов, для первого канала от +5мкА до -5 мкА, второго от +5 нА до -5 нА. Для обработки выходных сигналов преобразователя и связи с компьютером используется микропроцессор Atmega328, входящий в состав блока. Использование внутреннего АЦП Atmega328 позволяет получить точность измерений порядка 0.1%. Использование внешнего АЦП увеличивает точность измерений. Программное обеспечение написано с использованием пакета WinAVR имеющего General Public License. Передача данных между компьютером и блоком осуществляется по USB интерфейсу.

9. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕГИСТРАЦИИ ДЕТЕКТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ

Si ПЛАНАРНЫЙ ДЕТЕКТОР И Gd МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КОНВЕРТОР

В.Н. Дубина, Н.И. Маслов

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Делается попытка моделирования регистрации тепловых нейтронов детектирующей системой «планарный неохлаждаемый кремниевый детектор и металлический гадолиниевый конвертер». Проведено моделирование энергетических уровней конверсионных электронов и возможности их

регистрации детектирующей системой, приводится сравнение с данными, полученными в современных экспериментальных и теоретических работах. Программа разработана на языке C++ и реализована под управлением OS Red Hat LINUX 6.2 FEDORA с помощью свободно распространяемого кода Geant версии 4.8.2.

10. ВПЛИВ УМОВ ОПРОМІНЕННЯ НА РОЗТРИСКУВАННЯ РАДІАЦІЙНО-СТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ

*А.Ю. Бояринцев¹, М.З. Галунов^{1,2}, Т.Є. Горбачова¹, Н.Л. Каравасєва¹,
А.В. Креч¹, Т.А. Непокупна¹, Л.Г. Левчук³, В.П. Попов³*

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

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

³*ІНЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України*

Композиційні сцинтилятори все частіше знаходять застосування для вирішення широкого кола задач детектування іонізуючих випромінювань. Композиційні сцинтилятори мають ряд переваг в порівнянні з іншими сцинтиляційними матеріалами. Розроблені нами раніше композиційні сцинтилятори на основі гранул неорганічних кристалів були досліджені на радіаційну стійкість, яка перевищувала дози опромінення понад 125 Мрад, а в деяких випадках досягала значень в 550 Мрад. Разом з тим при досягненні доз понад 150 Мрад спостерігалось розтріскування композиційних сцинтиляторів. Дослідження даного ефекту показало, що основний внесок в розтріскування композиційних сцинтиляторів вносить азотна кислота і супутні хімічні агресивні сполуки азоту, які утворюються при опроміненні в присутності атмосфери.

У роботі був проведений аналіз процесу опромінення і вивчені фактори, що впливають на розтріскування сцинтиляторів. Була встановлена залежність умов опромінення і навколишнього середовища в зоні опромінення, що призводили до руйнування композиційних сцинтиляторів. Аналізуються результати опромінення в вакуумі і в присутності повітря.

11. INVESTIGATION OF ANISOTROPIC PROPERTIES OF SMALL-SIZED P-TERPHENYL SINGLE CRYSTALS FOR USE IN SPACE RESEARCH

*I.V. Lazarev¹, T.E. Gorbachova¹, O.V. Dudnik², B.V. Grynyov¹, V.A. Tarasov¹,
Ya. I. Polupan¹, I.F. Khromiuk¹, V.M. Zuber¹*

¹*Institute for Scintillation Materials NAS of Ukraine, Kharkiv*

²*Institute of Radio Astronomy NAS of Ukraine, Kharkiv*

In the last decade, the research of high-energy charged cosmic radiation in low-earth orbit has been increasingly carried out using nanosatellites in the CubeSat format. One of the topical problems is the study of the spatio-temporal distributions and the nature of microbursts of high-energy electrons of the magnetospheric origin. To study the characteristics of microbursts of electrons precipitating into upper layers

of the atmosphere, a miniature satellite "MiRA_ep" instrument is currently being developed. A decrease in the sensitivity of the device to gamma radiation is achieved due to the use of organic single crystals of *p*-terphenyl in the detector head. In contrast to inorganic single crystals, these crystals are characterized by anisotropy of physical properties. We present results of computer simulation of the light collection coefficients when the light passes along the axes of the crystallographic lattice of the total absorption prototype detector based on a *p*-terphenyl single crystal. The scintillation characteristics of small-sized detectors, measured along different axes of the crystallographic lattice are investigated too. We demonstrate that an increase of the light output under irradiation with both alpha particles and conversion electrons is achieved by changing the position of the photodetector relative to the axes of the single crystal.

12. RADIATION RESISTANCE OF OPTICAL COMPONENTS FOR NEW LUMINOMETER OF THE LHCb EXPERIMENT

*M.I. Ayzatskyi*², *S. Barsuk*¹, *O. A. Bezshyyko*⁵, *Y. Boyarintseva*⁴, *A. Boyaryntsev*⁴,
*S. Cholak*³, *L. O. Golinka-Bezshyyko*⁵, *V. A. Kushnir*², *M. Van Dijk*³,
*V. V. Mytrochenko*², *T. Nepokupnaya*⁴, *S. A. Perezhogin*², *V. Puill*¹

¹Universite Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab, Orsay, France

²Research and Development Complex Accelerator of NSC KIPT, Kharkiv, Ukraine

³Institute of Physics, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland

⁴Institute for Scintillation Materials of National Academy of Sciences (ISMA), Kharkiv, Ukraine

⁵Taras Shevchenko National University of Kyiv (TSNUK), Kyiv, Ukraine.

In order to search for rare effects beyond the Standard Model, modern and future HEP experiments employ collisions of high-intensity accelerated beams producing high particle multiplicities. Such intensive particle fluxes from collision area impose challenging dose levels and radiation load with mainly neutron and gamma fluences on the surrounding detector systems and electronics. Therefore, radiation resistance of detection equipment is required. Irradiation tests of materials are largely demanded despite of limited number of suitable facilities. A team of Ukrainian scientists jointly with French and Swiss colleagues used a linear accelerator of electrons LUE-40 in Kharkiv in order to perform irradiation studies with electrons and neutrons. Radiation resistance of several types of quartz tablets for Cherenkov light generation and quartz fibers for light transmission, and R760 PMT with quartz entrance window, employed in new luminometer PLUME of LHCb experiment at CERN were studied. Main characteristics of irradiation: electron average current – 4,7 μ A, energy of electrons – 80 MeV, thick targets (tungsten and tantalum).

Секція 5. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц

1. РЕАКЦІЯ $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОТОКУ ГАЛЬМІВНИХ γ -КВАНТІВ

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

Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

В експериментах на прискорювачі ЛПЕ-40 НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ з застосуванням методу наведеної γ -активності досліджена можливість використання реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$ для моніторингу потоку гальмівних γ -квантів. У якості мішені використовували природний Мо. Потік гальмівних γ -квантів на мішені обчислювався за допомогою пакета GEANT4 [1].

В області ГДР перерізи $\sigma(E)$ реакції $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$ виміряні з гарною точністю в [2]. Для розрахунку середніх по потоку гальмівних γ -квантів перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{th}}$ цієї реакції були використані такі представлення перерізів $\sigma(E)$: функція Лоренца з параметрами з [2], апроксимація даних з [2] аналітичної кривою у вигляді функції Лоренца і значення перерізу з коду TALYS1.9 з параметрами за замовчуванням [3]. Проведені розрахунки показали, що спостерігається суттєва відмінність значень всіх трьох середніх перерізів $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{th}}$ при енергіях $E_{\gamma\text{max}} < 30$ МеВ. Однак, при $E_{\gamma\text{max}} = 30 \div 100$ МеВ розбіжність між різними варіантами розрахунку становить менше 2%. Тому для моніторингу потоку гальмівних γ -квантів у області енергій вище 30 МеВ з гарним наближенням можна використовувати реакцію $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$ з $\sigma(E)$ з коду TALYS1.9. При порівнянні експериментальних $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{exp}}$ і розрахункових $\langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{th}}$ значень, були отримані коефіцієнти $k = \langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{th}} / \langle\sigma(E_{\gamma\text{max}})\rangle_{\text{exp}}$, які відображали відхилення розрахованого в коді GEANT4 потоку гальмівних γ -квантів від реального потоку, який впав на мішень. Знайдені значення k , які змінювалися в достатньо вузькому діапазоні $1.08 \div 1.15$, використовувалися в подальшому для коригування потоку гальмівного γ -випромінювання в даному діапазоні енергій.

1. Electron and Positron Incident. <http://geant4.web.cern.ch/geant4/>
2. Beil H., Berg'ere R., Carlos P. *et al.*, Nucl. Phys. A. **227**, 427 (1974).
3. TALYS - based evaluated nuclear data library, <http://www.TALYS.eu/home/>

2. ОСОБЛИВОСТІ КОГЕРЕНТНОГО СКЛАДАННЯ КІЛЬВАТЕРНИХ ПОЛІВ ЛАНЦЮЖКА КОРОТКИХ ЛАЗЕРНИХ ІМПУЛЬСІВ В ПЛАЗМІ ВИСОКОЇ ГУСТИНИ

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

У разі інжекції лазерних імпульсів малої інтенсивності в плазму їх кильватерні поля складаються когерентно в резонансних умовах. Однак в разі імпульсів великої інтенсивності когерентне додавання нелінійних кильватерних полів порушується. У даній роботі досліджується когерентне додавання кильватерних полів від трьох лазерних імпульсів. Як відомо, в лінійному випадку когерентне додавання амплітуд полів може спостерігатися при суворій періодичності інжекції імпульсів. У нелінійному випадку когерентне додавання погіршується з ростом нелінійності і можливо при підстроюванні періоду проходження лазерних імпульсів.

Дослідження виконано числовим моделюванням, використовуючі код УМКА [1]. Використовувалась густина плазми, що приблизно дорівнювала густині вільних електронів в металі (пропозиція проф. Т.Таджими [2]), та рентгенівський лазерний імпульс. Задача є масштабованою, тобто, отримані результати можна застосувати для плазми меншої густини.

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

2. T. Tajima. *Eur. Phys. J. Special Topics* 223 (2014) 1037.

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

3. DIFFRACTION RADIATION FROM MOVING CHARGED PARTICLE AND PERFECTLY CONDUCTIVE OR IMPEDANCE WEDGE

V. Ostroushko

NSC “Kharkiv Institute of Physics and Technology” NASU

The wide-band electromagnetic pulse may be generated by particle bunch created in pulse accelerator and passing by an antenna. For a single particle moving uniformly, the cases of wedge-form antenna with zero or nonzero surface impedance are considered. In the perfect conductivity case, the wedge rotation around the edge fixed along with the straight line of particle motion does not change the total radiated energy. Somewhat similar effect takes place for the radiation powers from two sets of the stationary point sources, the location of which differs by simple translation with respect to angle. Namely, if, for two such locations, the ratios of the powers radiating with E- and H- waves are identical then the total radiation powers, for them, are identical. Appearance and increase of impedance may lead both to decrease and to

increase of the total radiated energy. The decrease is connected with the surface current decrease, through the resistance increase. The radiated energy increase takes place in conditions, favorable for the surface wave generation, when the particle moves to the edge almost parallel to a face of wedge and the particle velocity is near to the wave velocity. Independently on impedance (and for any structure, uniform in some direction, and a particle uniform motion line, if they are on different sides of some plane), relative distribution of radiation, at the given frequency, in the directions, which make the given angle with the edge of wedge, is not changing by the motion line parallel translation.

4. МОЖЛИВИ ШЛЯХИ ПІДСИЛЕННЯ СТРУМУ ПОЛЬОВОЇ ЕМІСІЇ ЕЛЕКТРОНІВ З КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИСКОРЮВАЧІВ

Лебединський С. О., Мусяченко І. І., Холодов Р. І.

Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми

Електричний пробій обмежує можливості безліч технологій, де використовуються електричні поля великої напруженості. Особливо гостро питання високовольтного високо вакуумного пробою стоїть при розробці та експлуатації високоенергетичних лінійних прискорювачів заряджених частинок. Польова емісія – один з основних чинників, що призводить до появи темнових струмів у прискорювальних структурах і, як наслідок, руйнування вакуумної електроізоляції міжелектродного проміжку. Добре відомо, що стан поверхні зразків суттєво впливає на ймовірність виникнення пробоїв. Тому важливо провести всебічне дослідження впливу морфології поверхні матеріалу на ймовірність виникнення вакуумного пробою та поліпшити стійкість системи.

У даній роботі розглядається модель потенціального бар'єру метал-метал-вакуум з додатковим приповерхневим дипольним шаром. Введення такого шару використане як спосіб врахування впливу утворених опроміненням в приповерхневому шарі металу вакансій і пор на густину струму польової емісії. Розроблено методику заміни потенціального бар'єру на межі метал-вакуум та на межі дипольного шару метал-метал на добре відомий прямокутний потенціальний бар'єр. Виконано узагальнення формули Фаулера-Нордгейма для польової емісії електронів на випадок такого потенціального бар'єру. Показано, що в залежності від товщини дипольного шару струм польової емісії може як зменшуватись, так і збільшуватись в декілька разів.

5. ПРОЕКТ ЛІНІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПУЧКА ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА НАКОПИЧУВАЧА «НЕСТОР» ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ З ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

*В.В.Митроченко, М.І.Айзацький, В.Б.Ганенко, Г.Д.Коваленко, В.А.Кушнір,
С.О.Пережогін*

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

При створенні в ННЦ ХФТИ накопичувального кільця НЕСТОР, призначеного для генерації м'якого рентгенівського випромінювання [і], передбачалося, що лінійний прискорювач [ii] буде використовуватися, як в якості інжектора в кільце, так і для проведення досліджень в ядерній фізиці на прямому пучку. Разом з тим, канал транспортування прямого пучка все ще не створений. В роботі більш глибоко вивчена, шляхом числового моделювання, самоузгоджена динаміка частинок в лінійному прискорювачі для уточнення характеристик пучка на його виході та розрахована лінія транспортування цього пучка до гоніометра, встановленого на вході в паралельний переніс прискорювача ЛУЕ-300.

1. А. Бездетно, П. Гладких, С. Гонов и др. Система инъекции в рентгеновский генератор НЕСТОР// Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т. 11, № 5(189). С. 958 -965.
2. Н.И. Айзацкий, В.А. Кушнір, В.В. Митроченко и др. Инжектор электронов для линейного ускорителя-накопителя «НЕСТОР»// Вопросы атомной науки и техники, серия: Ядерно-физические исследования, №2, 2006, с. 94-96

6. W-TA НЕЙТРОННО-ОБРАЗУЮЩАЯ МИШЕНЬ ДЛЯ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ ННЦ ХФТИ, УПРАВЛЯЕМОЙ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ

*Б.В. Борц, А.Ф.Ванжа, И.А. Воробьев, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов,
А.А. Лопата, Ю.А. Марченко, А.А. Пархоменко, И.В. Паточкин, И.В. Ушаков*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Покрытые танталом вольфрамовые мишени используются сегодня в целом ряде управляемых ускорителем подкритических ядерных систем(ADS) по всему миру. Конструктивное решение мишени управляемой электронным ускорителем подкритической сборки ННЦ ХФТИ, было получено на основе расчетов энерговыделения, термогидравлических расчетов и приемлемого уровня плотности энергии пучка электронов (100 МэВ,1ма). Была выбрана секционная конструкция водоохлаждаемой **W-Ta** нейтроно образующей мишени: 7 пластин толщиной от 3 до 10 мм. Толщина мишени выбиралась из соображений получения максимального выхода нейтронов, и достижения оптимальной температуры[1].

В настоящее время мишень проработала под пучком электронов более года, и набрала заряд 0,5 кулона, что соответствует дозе облучения порядка 10^{-4} сна. Эта величина является «пороговой» в том смысле, что соответствует экспериментально установленным эффектам начала изменения механических свойств и вольфрама, и тантала под действием облучения. В свою очередь, именно изменение механических свойств является основным фактором для

оценки времени жизни (the life time of target) мишеней подобных установок(ADS)[2].

1.Карнаухов И.М., Большинский И., Борц Б.В., Гохар Й. и др. Источник нейтронов ННЦ ХФТИ.// ВАНТ,2012,№3(79), с.3

2.W. Yin, Q.Z. Yu, Y.Z. Lu, S.L. Wang, J.F. Tong, T.J. Liang The expected radiation damage of CSNS target // Journal of Nuclear Materials,Vol.431 (2012) 39–43.

7. ОТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ЗГУСТКУ ГАРНОЇ ЯКОСТІ З ВЕЛИКИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ТРАНСФОРМАЦІЇ У КІЛЬВАТЕРНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ

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

¹ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

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

Раніше була продемонстрована можливість прискорення з високим темпом електронів релятивістським пучком електронів. Але, через динамічні процеси у плазмі, виникають проблеми підтримання малих розмірів та малого енергетичного розкиду згустку прискорених електронів з одночасним підтриманням достатніх значень полів, що прискорюють згусток. Також, постає питання про величини граничних розмірів згустку на яких процес прискорення стійкий. Для формування стійкого прискорюваного електронного згустку, зазвичай, використовують метод, що пов'язаний з формуванням однакових прискорюючих полів в тому місці, де знаходиться згусток. Однакові поля в області прискорюваного згустку дають змогу рухатись усім його частинам як одне ціле, та забезпечують збереження просторового розподілу електронів з часом, що, фактично, й означає прискорюваний пучок доброї якості. У даній доповіді, розглядається задача про прискорення електронного згустку довгим електронним згустком. Численним моделюванням розв'язана задача формування електронного згустку найкращої якості з одночасною максимізацією коефіцієнта трансформації та довжини згустку, на якій прискорююче поле та фокусуєча сила постійні.

Це дослідження було виконано за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках проекту «Підтримка досліджень провідних та молодих учених», угода № 2020.02/0299.

8. ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ УРАНОВОЙ МИШЕНИ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ

*Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьев, В.Т. Быков, А.Ю. Зелинский,
И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Е.В. Луценко, Ю.А. Марченко, А.А. Пархоменко
И.В. Паточкин, И.В. Ушаков, В.М. Шершнев*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Использование урана в качестве материала пластин для нейтронно-образующей мишени ядерной подкритической установки «Источник нейтронов» позволяет значительно увеличить выход первичных нейтронов, размножающихся в активной зоне подкритической сборки, и таким образом, повысить эффективность ее работы.

Материал нейтроннообразующей мишени (НОМ) подвергается воздействию мощного электронного пучка, облучению нейтронами подкритической сборки, испытывает ядерные превращения.

При движении электронов высокой энергии в веществе возможны следующие основные процессы (реакции): ионизационные потери релятивистских электронов, которые вызывают нагрев мишени, тормозное излучение или рассеяние электронов на ядрах вещества НОМ, квази-упругое рассеяние электронов на ядрах мишени с передачей значительной энергии, (γ, n) , $(\gamma, 2n)$, (γ, p) фотоядерные реакции на высокоэнергетических гамма-квантах с передачей ядру значительной энергии, (γ, f) реакции деления урана-235 и урана-238 на высокоэнергетических гамма-квантах, с образованием высокоэнергетических осколков деления. Все перечисленные выше процессы в мишени (кроме первого), вызывают радиационные повреждения или трансмутацию основного вещества мишени.

С точки зрения металлофизики наиболее подходящим материалом мишени должен быть сплав U-(7-9%)Mo, который при сохранении в нем структуры высокотемпературной гамма-фазы в ходе эксплуатации имеет ряд преимуществ по термической и структурной стабильности по сравнению с другими сплавами урана[1]. Вместе с тем, проведенные с помощью кода MCNPX 2.40 расчеты показали, что выход нейтронов будет уменьшаться примерно на один процент на каждый процент Mo.

1. Borts B.V., Parkhomenko A.A., Vanzha A.F., Marchenko Yu.A. Analyses of structure phase transformation of U-Mo target of the neutron source. VANT, 2020, №1,161-166.

9. ПРИМЕНЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МАГНИТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ

*В.А. Бовда, А.М. Бовда, И.С. Гук, В.Н. Лященко,
А.О. Мыцыков, Л.В. Онищенко*

Современные технологии порошковой металлургии позволяют создавать постоянные магниты на основе сплавов (Nd,Dy)-Fe-B и Sm-Co, обладающие высокими и стабильными магнитными характеристиками (коэрцитивная сила, остаточная намагниченность). Они сохраняют свои свойства в широком диапазоне температур и имеют низкий температурный коэффициент остаточной намагниченности.

Эти уникальные характеристики могут найти широкое применение при создании магнитных элементов систем транспортировки пучков на технологических ускорителях электронов. Эти устройства будут иметь минимальные размеры и стоимость, не требуют источников питания.

Нами были проведены исследования радиационной стойкости образцов магнитов из этих материалов, позволившие установить условия сохранения параметров магнитного поля при больших уровнях облучения, характерных для выходных каналов технологических ускорителей.

На основе проведенных исследований разработаны и изготовлены два дипольных магнита, предназначенные для использования при энергиях электронов 10 и 23 МэВ.

Обсуждаются проблемы, возникающие при создании для каналов транспортировки квадрупольных линз на основе постоянных магнитов.

10. АДАПТИВНИЙ МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ПУЧКІВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ: МІКРОТРОН М-30

¹В.Т. Маслюк, ¹М.І. Романюк, ²Р.О.Афанасьєв, ¹О.М. Турховський,
¹Г.Ф. Пітченко, ¹О.А. Тарнай

¹Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

²Ужгородський національний університет, Україна

Для ряду задач радіаційних технологій необхідним є знання метрологічних параметрів полів опромінення, зокрема, енергетичного спектру пучків ядерних частинок. Окрім деформації спектру при розсіювання частинок у повітрі, можливі його спотворення при взаємодії із зовнішніми деталями, чи коліматором. Прямі методи, що використовують магнітні сепаратори, чи напівпровідникові детектори не можуть бути застосованими в умовах дії інтенсивних пучків ядерних частинок.

В даній роботі представлено результати відтворення енергетичного спектру пучка електронів мікротрона М-30 (1-18 МеВ), який є магнітним сепаратором та генерує практично моноенергетичні частинки. Використано експериментальні залежності $R = R(d)$ для поглинача Al, отримані: на вузлі виводу мікротрона М-30, різних віддалях та при розсіювання на металевих конструкціях. Останній варіант моделює деформацію спектру при колімування пучка електронів. Використано напівемпіричні формули залежності пробігу електронів від

товщини Al. При умові, що вихідний спектр пучка електронів можна описати розподілом Гауса, методика дозволяє встановити не лише E_p , але і дисперсію, що суттєво покращує дозиметрію радіаційного експерименту. Обговорюються перспективи запропонованої методики для задач медичної дозиметрії.

11. ФОРМУВАННЯ ТА ДОЗИМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ МІКРОТРОНА М-30

М.І. Романюк, О.М. Турховський, М.В. Гошовський, Г.Ф. Пітченко, Й.Й. Гайніш, І.Г. Мегела, О.О. Парлаг., Є.В.Олейніков, В.Т. Маслюк

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Впровадження радіаційних технологій у практику клінічної терапії, радіаційних випробувань матеріалів та приладів космічного та спеціального призначення потребує надійних методик формування та контролю параметрів радіаційних полів. Враховуючи, що наявні прискорювачі електронів мають різні принципи роботи та конструктивні особливості є проблеми у розробці для них універсальних методик та вимог.

В даній роботі представлено результати по формуванню радіаційних полів мікротрона М-30 та дослідженню їх дозиметричних характеристик. Зокрема, розглянуто варіанти: прямий пучок М-30, доза електронного та гамма-випромінювання контролювалася медичним клінічним дозиметром ROBOTRON (камери 70108 та 70110 без ковпачка). Інші варіанти включали формувач без та при наявності фольги Та. Предметом дослідження були однорідність полів опромінювання в діапазоні [0, 4] метри, ослаблення радіаційного поля без та при наявності різних методів покращення його однорідності. Приведено дані моделювання трансформації електронного у гамма полів опромінювання, отримані програмою Geant для різних значень енергії електронів. Обговорюється використання даних для атестації полів опромінювання М-30.

Секция 6. Компьютерные технологии в физических исследованиях

1. ОБНОВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ Т2-ЦЕНТРА ННЦ ХФТИ ГРИД-ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS

*А.А.Куров, К.А.Клименко, Л.Г. Левчук, А.С.Приставка, Д.В.Сорока
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

В 2020 году завершилась поддержка программного обеспечения (ПО) CREAM-CE, отвечавшего за прием и выполнение задач из грид-среды на специализированном вычислительном комплексе (ВК) ННЦ ХФТИ для обработки данных эксперимента CMS на Большом адронном коллайдере. Для замены CREAM-CE на ВК в установленные CMS сроки было сконфигурировано и отлажено аналогичное по функциональности ПО HTCondor-CE. Также была заменена локальная система обработки пакетных задач Torque/PBS на систему HTCondor, которая обеспечивает лучшее взаимодействие с HTCondor-CE. Переход от CREAM-CE на HTCondor-CE осуществлялся в два этапа. На первом этапе были настроены виртуальные машины (ВМ) для главного (управляющего) узла системы HTCondor/HTCondor-CE и для вычислительных узлов. На втором этапе, после подключения ВМ с HTCondor-CE к используемым в CMS системам управления нагрузкой GlideinWMS и отладки их совместной работы, CREAM-CE был выведен из системы, а конфигурация виртуальных машин была перенесена на физические серверы. При этом, в соответствии с требованиями европейской грид-инфраструктуры (EGI), была обеспечена публикация статистики использования вычислительных ресурсов комплекса посредством используемой в EGI для этой цели системы. Организованный таким образом переход позволил не прерывать обработку данных эксперимента CMS на ВК, что положительно сказалось на оценке уровня качества его работы, который определяется уровнем готовности к обработке экспериментальной информации. Работа HTCondor и HTCondor-CE на ВК показала, что эти системы надёжны, предоставляют удобные средства мониторинга пользовательских задач, выполняемых в поступающих от GlideinWMS задачах-пилотах, и менее требовательны к ресурсам управляющего сервера, чем система CREAM-CE.

Работа поддержана грантами, выделенными Национальной академией наук (НАН) Украины в рамках целевых программ «Программа информатизации НАН Украины» и «Фундаментальные исследования по физике высоких энергий и ядерной физике (международное сотрудничество)».

2. ИНТЕГРАЦИЯ УСТРОЙСТВ NETPING В СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА ZABBIX НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS

Клименко К.А., Левчук Л.Г., Куров А.А., Приставка А.С.

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

На специализированном вычислительном комплексе ННЦ ХФТИ для обработки данных с Большого адронного коллайдера круглосуточно в практически непрерывном режиме производится обработка экспериментальной информации, получаемой в эксперименте SMS. Критически важное значение имеет оперативность и надежность системы оповещения о возникающих на комплексе аппаратных поломках и аварийных ситуациях. Устройство UniPing работает в составе комплексной системы мониторинга специализированного комплекса, контролируя параметры микроклимата в помещении для обеспечения безопасного и эффективного функционирования оборудования. При этом предоставляется возможность удаленно получать информацию о состоянии датчиков, фиксировать изменения с записью в системный журнал устройства и рассылать уведомления по электронной почте, с помощью SMS-сообщений и через SNMP-трапы с информацией о сбоях и других критических событиях. Дополнительно устройство UniPing позволяет реализовать дистанционное управление электропитанием с возможностью принудительной перезагрузки узлов, осуществлять контроль доступа к помещению, управлять камерами наблюдения, фиксировать изменения микроклимата внутри помещения, опрашивая датчики температуры, влажности и осуществлять сбор данных с датчиков пожарной сигнализации. Также UniPing имеет встроенный веб-сервер, с которым можно работать по протоколу HTTP по адресу устройства, а полный функционал устройства для программирования доступен по протоколу SNMP. Получение данных по протоколу SNMP сводится к чтению/записи специальных адресов внутри устройства. На комплексе обеспечена интеграция UniPing с системой мониторинга Zabbix при помощи XML-шаблонов, которые автоматически создают элементы данных, триггеры, графики и имеют правила обнаружения для всех датчиков. Результаты работы системы оформлены в виде специального веб-приложения.

Работа поддержана грантами, выделенными Национальной академией наук (НАН) Украины в рамках целевых программ «Фундаментальные исследования по физике высоких энергий и ядерной физике (международное сотрудничество)» и «Программа информатизации НАН Украины».

3. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ННЦ ХФТИ ДЛЯ УЧАСТИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS

*К.А.Клименко, А.А.Куров, Л.Г. Левчук, А.С.Приставка, Д.В.Сорока, Л.С.Ковалева
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Специализированный вычислительный комплекс ННЦ ХФТИ был создан для участия в распределенной обработке данных с Большого адронного коллайдера (БАК) и в настоящее время успешно работает на 2-м ярусе (T2) грид-инфраструктуры эксперимента CMS, являясь одним из наиболее надежных T2-центров CMS. Высокий уровень качества работы комплекса достигнут, благодаря непрерывной поддержке его работоспособности и обеспечению отказоустойчивости всех систем. Согласно требованиям CMS, в установленные экспериментом сроки выполнен широкий спектр работ по модернизации комплекса. В частности, осуществлен переход всех узлов на современную версию операционной системы Linux CentOS7. Настроена система централизованного журналирования согласно принятой в EGI политике безопасности. Выполнена конфигурация Rucio — новой (приходящей на смену используемой в течение 15 предыдущих лет PhEDEx) системы обмена данными CMS. На узлах массовой дисковой памяти установлена новая версия системы DPM с поддержкой новых протоколов передачи информации и дополнительных способов аутентификации. Кроме того, в кратчайшие сроки подготовлен, отлажен и введен в действие головной (отвечающий за прием и выполнение задач из грид-среды) сервер типа HTCondor-CE (взамен работающего ранее головного узла CREAM-CE) с одновременной перестройкой вычислительной платформы комплекса — заменой системы обработки пакетных задач Torque/PBS на HTCondor. Все работы выполнялись оперативно, без длительных остановок комплекса. В результате уровень качества работы центра, определяемый готовностью к участию в обработке данных за 2021 год составил 99.3%, что является наивысшим показателем среди T2-центров CMS. Кроме того, с целью создания на вычислительном комплексе облачного сервиса с интеграцией в европейскую EGI-инфраструктуру 'Federated Cloud' (FedCloud), была сконфигурирована и отлажена платформа OpenStack с набором сервисов, минимально необходимым для интеграции в EGI/FedCloud. Созданный облачный сервис успешно прошел регистрацию и сертификацию в EGI/FedCloud, был подключен к стандартной схеме мониторинга EGI и продемонстрировал высокий уровень стабильности работы.

Работа поддержана грантами, выделенными Национальной академией наук (НАН) Украины в рамках целевых программ «Фундаментальные исследования по физике высоких энергий и ядерной физике (международное сотрудничество)» и «Программа информатизации НАН Украины».

4. MULTISCALE MODELING AND SIMULATION OF SPUTTERING EROSION OF SOLID SURFACES UNDER ION BEAM IRRADIATION

M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldya

NSC “KIPT” of the NAS of Ukraine

Sputtering induced erosion is of vital importance for functionalization of materials and handling with targets and nuclear detectors. Its prediction is a complex non-linear problem for both theory and simulation since the erosion rate is essentially changing in time t (or irradiation fluence) along with the rough surface morphological changes. The up-to-date approach to the self-consistent solution of this problem, the formalism of “*crater functions*”, relies on the resource-intensive molecular dynamics. We develop a pure stochastic multiscale framework which engages to be more efficient at the expense of restriction to calculations of t -dependent statistical means of the erosion rate v , interface width w and fractal dimension D within the scope of low-parametric self-affine representation of the surface 2D topography. The eroded rough surface is considered as a 2D random heightfield $h(r;t)$ governed by the delusively simple Stochastic Differential Equation $\dot{h} = \cdot \hat{f}$ where \cdot is the atomic volume and \hat{f} is the random flux of sputtered atoms. It is statistically tallied at a spatial mesoscale using the radiation transport Monte Carlo code RaT 3.1 which simulates sputtering atomistically. The prompt flux is fitted from the “*hot spot*” function of emerged atoms and transferred into the derived coupled system of macroscopic mean-field ordinary differential equations for the time-dependent ensemble averaged mean $\langle h \rangle$, variance $\langle w^2 \rangle$ and covariance which determines, to the 2nd order moments, the correlation properties of the eroded surface morphology. Its analytical or numerical solution allows prediction of different erosion scenarios with respect to competing kinetic roughening and smoothing subject to the specific material and irradiation parameters.

5. IMPLEMENTATION OF THE FRACTAL MODEL OF COMPLEX MATERIALS INTO THE MONTE CARLO RADIATION TRANSPORT CODE RaT

M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldya

NSC “KIPT” of the NAS of Ukraine

Various materials (polymers, gels, dispersed and porous materials, geological formations of the Earth crust) are of fractal structure. Calculations of radiation transport in fractal media is thus of great importance not only from the fundamental point of view but also having in mind various dosimetry and analytical applications (e.g., in X-Ray densitometry or neutron radiography). Earlier, we have implemented in the geant4 based Monte Carlo (MC) code RaT 3.1 the capability of simulation of radiation transport in randomly heterogeneous media with exponential spatial correlations. This report deals with the further extension of the RaT code toward the ‘double-MC’ simulation of radiation transport in the stochastic fractal materials having power law spatial correlations. The fractal volumes are defined as 3D spatial self-affine random fields of mass density with given mean density, variance, and fractal

parameters — the Hurst exponent H , the correlation length l_c , and the minimum scale l_{\min} of scale invariance. The Fourier synthesis method is used to generate a band-limited fractal mass density fields. Their low memory cost implementation in the code is performed through the parameterized volumes based on *G4PhantomParameterisation* C++ class of the geant4 object model. The code is operating. As an example, the simulation results on a neutron beam attenuation by fractal shielding are presented and discussed in the report. Further development of the proposed approach we envisage in the formulation of the fractal-specific propagation kernel of the Generalized Transport Equation which is known to increase the code performance by an order of magnitude.

6. NEW REGULARITIES OF ION BEAM SPUTTERING OF SELF-AFFINE SOLID SURFACE: AN ADVANCE IN ATOMISTIC SIMULATION

M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldya
NSC “KIPT” of the NAS of Ukraine

Sputtering by heavy ions is widely used for both elemental analysis of materials and surface engineering. Solid surfaces are rough at a broad range of scales and are well characterized, within the self-affine fractal concept, by a triple of parameters: the interface r.m.s. width w , the fractal dimension $D = 3 - H$ ($H \in [0,1]$ is the Hurst exponent), and the correlation length l_c . We report the results of the sputtering yield $Y(w, H | l_c)$, atoms per ion, study by means of the geant4 based Monte Carlo (MC) code RaT 3.1 which now incorporates the Fourier sampler of 2D fractal interfaces, the algorithm of 3D binary collision simulation of sputtering, MC tallies of Y and its spatial pair correlation functions, and the ‘double-MC’ procedure of the ensemble averaging (EA) over the random surface topographies. For the case of 5 keV Ar^+ Si impact, we found that (i) $Y(w \rightarrow 0) > Y(0)$ in agreement with the Sigmund theory based semi-analytical predictions of other authors; (ii) the 1-point EA expectation of Y is a Γ -distributed random variable having an H -dependent mode at Y much smaller than the mean $Y(w, H)$; (iii) for normal incidence, $Y(w)$ has a broad maximum at $w \sim R$, the straggling of ions, while it is decreasing with w at oblique incidence; (iv) the self-affinity relevant scaling $S(r) \sim r^{-H}$ is derived from the 2-point semi-variogram $S(r)$ (and power spectrum $P(q) \sim q^{-2H}$) of the random field of Y at a spatial scale r ; the scaling $Y(w | H) \sim w^{-(3-H)}$ is also observed at $w \ll l_c$ with $-(3-H)$ peculiar to smooth surfaces; (v) $Y(H | w)$ differs for persistent ($H > 1/2$) and anti-persistent ($H < 1/2$) self-affine surfaces of a fixed w . Due to the revealed regularities, the sputtering erosion rate is expected to depend on the surface roughness extent w and fractal dimension D (or H).

7. POST-IRRADIATION INVESTIGATION OF THE AUSTENITIC STEEL STATICALLY STRESSED SAMPLES CORRODED IN THE SUPERCRITICAL WATER COOLANT UNDER ELECTRON BEAM IRRADIATION

Systematic studies of the e^- -irradiation, corrodent coolant flow, and stress cooperative effect on the performance of the GenIV super-critical water-cooled reactor materials are carried out at the NSC KIPT Electron Irradiation Test Facility. In this report, the results of the 12X18H10T steel coupons microstructure examination after 500 h long irradiation (2019) at 23.5 MPa 360...380°C water are first presented. The General Corrosion Test (GCT) and Scanning Electron Microscopy (SEM) data point to the following: (i) large scattering of GCT data is in conformance with the effect of intentionally different tensile stress applied to samples; (ii) the corrosion surface (CS) is extremely rough; the protective oxide film is highly deteriorated under mechanical load; dense agglomerates of metal oxides (hematite, magnetite, spinel) dominate; a comparable CS of the same steel was observed in the VVER-1000 conditions autoclave test after ~30 times higher exposure (14000 h vs. 500 h) w/o irradiation; this is definitely attributed to the effect of Irradiation Assisted Corrosion (IAC); (iii) crack nucleation is traced in the vicinity of scratches where the stress concentration occurs; (iv) a complex interplay of IAC, Flow Accelerated Corrosion (FAC) and sedimentation of corrosion products is the most probable reason of the observed CS structure which can be also promoted by the circulation loop transients (the CRUD phenomenon); this has to be taken into account at further planning of the irradiation scenarios.

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

8. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРЕКІНГУ ДЕТЕКТОРНИХ СИСТЕМ МАЙБУТНІХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

М.В. Пугач

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Розглянуто вимоги до ефективності трекінгу детекторних систем для майбутніх експериментів у галузі фізики високих енергій. Представлено особливості трекінгового алгоритму на основі підходу Cellular Automaton, розробленого для експерименту PANDA (FAIR / GSI, Дармштадт) у порівнянні з іншими наближеннями. Для вивчення надзвичайно рідкісних подій детектор PANDA призначений для роботи при високих частотах взаємодій та великих обсягів потоків даних. Він повинен забезпечувати реконструкцію фізичних подій у реальному часі. Основна увага в цій презентації зроблена на впровадженні фільтрувального апарату Калмана для знаходження треків у форвардному та барельному детекторах на основі мікростріпових, а також мікропиксельних сенсорів. Вперше були написані алгоритми для реконструкції треків, що поширюються через обидві частини детектора. Параметри треку, розраховані як частина розробленої процедури, використовуються для реконструкції треків в алгоритмі стільникового автомата. Розроблений алгоритм реконструкції був

розпаралелений для швидшої обробки даних та реалізований для різних піддетекторів експерименту PANDA. Він забезпечує ефективність реконструкції доріжок понад 95% та низьку продуктивність клонування за прийнятного часу обробки даних. Впроваджений алгоритм реконструкції треків універсальний і може бути адаптований для інших експериментів (таких як CBM, NICA, STAR) з різними типами детекторів та конфігурацією магнітного поля.

9. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАДИУСА МОЛЬЕРА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СЭМПЛИНГ-КАЛОРИМЕТРА ECAL SPD NICA

В.Е. Ковтун¹, Т.В. Малыгина^{1,2}

¹*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина*

²*ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины*

Важные задачи электромагнитной калориметрии установки SPD – реконструкция π^0 -мезонов на фоне большой множественности ливней от одиночных фотонов. Для эффективной регистрации электронов и фотонов в области энергий до 10 ГэВ разрабатывается модуль с продольным размером 18...20 X_0 , поперечным размером 160x160 мм, состоящим из 16 ячеек размером 40x40 мм. Учитывая большое количество ячеек (30176), общий вес (68 т) и 4л-геометрию ECal SPD, актуальной задачей является оптимизации конструкции ячеек с целью улучшения физических параметров, а также уменьшения стоимости калориметра в целом.

Радиус Мольера является одним из ключевых параметров, позволяющий оценить поперечные размеры ливня в сэмплинг-калориметре. В данной работе методом Монте-Карло (Geant4) определен радиус Мольера для трех конфигураций ECal. В работе использовались различные геометрические модели, различные аппроксимации асимметрии пика полного поглощения, проведены сравнения с результатами других авторов.

Полученные результаты будут учтены при разработке детектирующих систем калориметра ECal SPD коллайдера NICA.

[1] Conceptual design of the Spin Physics Detector, 31 Jan 2021 Электронный ресурс, режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2102.00442>

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ ТАНТАЛОВОГО КОНВЕРТЕРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ^{11}C ФОТОЯДЕРНЫМ СПОСОБОМ

В.В. Лисовская¹, Т.В. Малыгина^{1,2}

¹*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина*

²*ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины*

В работе [1] нами были проведены исследования оптимальных размеров целевой мишени в составе экспериментальной установки для наработки медицинских изотопов фотоядерным способом.

На следующем этапе возникла новая задача – определение оптимального количества слоев водоохлаждаемого танталового конвертера для получения максимального потока тормозных гамма-квантов при фиксированном положении целевой мишени в составе сборки, для которой диаметр мишени $D=20$ мм. Энергия первичных электронов $E=36.7$ МэВ, диаметр пучка составляет 8 мм. Нами получены спектры тормозных гамма-квантов с энергией выше порога фотоядерной реакции непосредственно перед целевой мишенью для различного количества слоев конвертера от 4 до 7. Показано, что при использовании пяти слоев конвертера для фиксированного положения мишени диаметром $D=20$ мм поток тормозных гамма-квантов является максимальным, при этом угол рассеяния гамма-квантов изменяется незначительно.

1. V. Lisovska, T. Malykhina. Computer Simulation of the Angular Distribution of Electrons and Bremsstrahlung Photons in Tantalum Converter. *East European Journal of Physics*, N2, 2020. P.89-93. <http://doi.org/10.26565/2312-4334-2020-2-07>

11. ОТРИМАННЯ НЕЙТРОНОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ РЕЗОНАНСНИХ НЕЙТРОНІВ

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

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Ідея резонансної радіографії на швидких нейтронах використовує залежність перерізів від енергій та ізотопного складу речовини. За допомогою моноенергетичного джерела нейтронів можливо одночасно відобразити один елемент, використовуючи область енергій з резонансним піком/долиною для одного елемента, тоді як перерізи для інших елементів є плоскими в одному і тому ж діапазоні енергій. Одне рентгенографічне зображення отримується при енергії резонансу, а інше - поза резонансом. Різниця двох зображень дає інформацію про розподіл відповідного елемента. Проаналізувавши декілька радіографічних зображень для нейтронів різних енергій, можна отримати просторовий розподіл потрібних елементів, або цифровим відніманням зображень, якщо потрібен розподіл поодиноких елементів, або методом розгортання, якщо потрібен розподіл одразу декількох елементів.

Резонансна радіографія на швидких нейтронах з поодинокими піками має низьку чутливість і стикається з деякими практичними труднощами. Для отримання вузького енергетичного розподілу потрібна тонка мішень, що обмежує вихід нейтронів, та, за наявності більшої кількості елементів, важко знайти виразні резонансні піки для всіх елементів, що цікавлять.

12. МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСЛАБЛЕННЯ ПУЧКА ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ ТАНТАЛОМ

О.О. Парлаг, Є.В. Олейніков, І.В. Пилипчинец, О.І. Лендел, О.А. Тарнай

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Завдяки своїм фізико-технічним і радіаційним властивостям тантал (Ta) широко використовується у якості конвертера для генерації гальмівного випромінювання на електронних прискорювачах. Максимум ефективності виходу гальмівного випромінювання при взаємодії моно-енергетичного електронного пучка, перпендикулярного до Ta-радіатора, досягається при чисельному значенні товщини $\sim 0.4 \div 0.5$ від пробігу електронів при фіксованих енергіях [1]. Тому, вирішення задачі по прогнозуванню ослаблення первинного електронного пучка Ta-конвертером та визначення характеристик (спектральний та кількісний склад) вторинних електронів, які можуть взаємодіяти з досліджуваними мішенями при їх активації, є надзвичайно актуальним.

В роботі представлені результати наступні результати: моделювання пробігу (R_{extr} , R_{csda}) електронів з енергією 12.5 MeV в Ta-радіаторі з використанням параметричних рівнянь T. Tabata і програми “ESTAR” (NIST); спектральних та кількісних характеристик вторинних електронів, утворених при взаємодії електронного (“pencil”, “parallel”) пучка з Ta-радіатором (товщина – $0.1 \div 1.0$ мм), які можуть взаємодіяти з досліджуваними мішенями з використанням коду Geant4 10.7 ; проаналізовано вплив геометричних факторів (для фіксованих відстаней: джерело електронів – конвертер – досліджувана мішень (детектор) та їх розміри) на кінцевий спектр вторинних електронів.

1. І.В. Пилипчинець та ін. // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. – 2019. – Т. 45. – С. 50-60.

13. ОЦІНКА КОЕФІЦІЄНТА НАКОПИЧЕННЯ ПРИ ДЕТЕКТУВАННІ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ЕКРАНОВАНИХ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.І. Лендел, В.М. Головей

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Один із важливих методів аналізу ізотопного та кількісного складу екранованих подільних ядерних матеріалів базується на спектрометричних вимірах їх характеристичного, або стимульованого гамма-випромінювання. Коли гамма-випромінювання проникає крізь захисний матеріал, воно генерує дві компоненти випромінювання всередині, або поза екраном, а саме, фотони які зазнали і фотони, які не зазнали зіткнень. Тому оцінка значень коефіцієнта накопичення (build up) є важливим параметром, який впливає на точність результатів вимірів гамма-квантів від екранованих ядерних матеріалів.

В роботі представлені результати моделювання значень параметрів (лінійних, масових коефіцієнтів поглинання, ефективних атомних номерів, середніх довжин вільного пробігу), від яких залежать поглинаючі властивості нержавіючої сталі марки “12X18H10T”, що широко використовується у якості конструкційного матеріалу для упаковки ядерних матеріалів, та значень коефіцієнтів накопичення. Для розрахунків (область енергії фотонів – $0.05 \div 4$ МеВ) використовувалися програмні коди “XCom” [1], “EPICS2017” [3], “Phy-X/PSD”[3] та “Py-MLBUF” [4].

1. <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>
2. <https://data.mendeley.com/datasets/5p3grx7pgg/1>
3. <https://phy-x.net/module/physics/shielding/>
4. <https://pymlbuf.pythonanywhere.com/login>

14. АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НАЧАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

О.Л. Андреева^{1,2}, А.П. Кулик², О.В. Подшивалова³, В.И. Ткаченко^{1,2}

¹«Харьковский физико-технический институт» НАН Украины,

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

³Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского, Украина

Эталонным уравнением, описывающим нелинейные волны в диссипативной недиспергирующей среде, является уравнение Бюргерса (УБ). Известно, что УБ можно свести к уравнению теплопроводности, используя преобразование Хопфа – Коула. В работе в аналитическом виде получены частные решения уравнений Бюргерса с периодическими граничными условиями. При малых значениях параметра формы решения описывают формирование ударных волн из начальных периодических возмущений. Показано, что с течением времени пространственная производная профиля волны возрастает и стремится к бесконечности. Определено время формирования ударной волны. Показано, что это время зависит от вязкости среды и начальной амплитуды периодического возмущения.

Для параметра формы больше единицы амплитуда начального периодического возмущения немонотонно зависит от пространственной координаты. С течением времени ударная волна не образуется, а амплитуда возмущения уменьшается экспоненциально со временем и стремится к нулю.

Полученные решения использованы для контроля компьютерных расчетов, связанных с описанием на основе УБ ударных волн, формирующихся на вициальной поверхности NaCl вблизи (100) для эшелонов элементарных ступеней с ориентацией [10] в процессе роста (испарения) из паровой фазы.

15. ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ТА ЩІЛЬНОСТІ МАТЕРІАЛІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

Є.В Рудичев^{1,2}, В.Г Рудичев²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

В даний час існує значна кількість конструкцій транспортних контейнерів (ТК) для перевезення ВЯП. Все ТК, в яких розміщують більше ніж 10 ВТВЗ реакторів типу ВВЕР мають масу понад 100 тон. Матеріалом захистів від у квантів використовуються сталь або чавун з товщиною $\sim 200 \div 300$ мм, а також комбіновані захисти зі сталі і свинцю. Досліджено ефективності захистів з різних матеріалів при однаковій масовій товщині. Показано, що захисні властивості таких матеріалів як Fe, Pb, збіднений уран (U) і діоксид збідненого урану (UO₂) практично однакові при масовій товщині більшою ніж ~ 165 г/см² для у квантів ВЯП. В роботі [1] запропоновано використання захистів зі свинцю, збідненого урану і діоксиду збідненого урану у вигляді диспергіруємих матеріалів. На підставі чисельних розрахунків в пакеті MCNP-5 показано, що захисти зі збідненого урану, щільності яких знаходяться в діапазоні $4 < \rho < 8$ г/см³, є більш ефективними в порівнянні з захистом із заліза. Причому захист з диспергірованого U з густиною $\rho = 6$ і 7 г/см³ більш ефективний у всьому діапазоні товщини. Захист з U із густиною $\rho = 4.5$ і 5 г/см³ більш ефективні в порівнянні залізом при товщині захистів великих, ніж еквівалентні захисту з Fe товщиною 34 і 29 см, відповідно. Таким чином, використання диспергіруємих матеріалів з важких елементів підвищить ефективність і зменшити вагу радіаційного захисту.

1. В.Г. Рудичев, М.О. Азаренков, І.О. Гірка, Є.В. Рудичев. "Контейнер для транспортування та/або зберігання відпрацьованого ядерного палива", Патент України №145814 від 06.01.2021, Бюл.№1.

16. ЗМІНА НЕОДНОРІДНОСТІ ДОЗИ ПРИ ВІДХИЛЕННІ ПАРАМЕТРІВ ОПРОМІНЕННЯ ВІД ОПТИМАЛЬНИХ

Є.В Рудичев^{1,2}, В.Г Рудичев²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

В роботі [1] запропоновано метод зменшення неоднорідності дози в об'єктах при двосторонньому опроміненні двома пучками електронів: основним пучком,

що падає перпендикулярно поверхні ($\Theta = 0^\circ$) і додатковим пучком, що падає під кутом до поверхні ($\Theta > 0^\circ$). Розроблено методику та визначено оптимальні параметри умов опромінення, при яких неоднорідність дози в поліетилені, при опроміненні електронами з енергіями $E_0 = 2, 6$ і 10 MeV не перевищує 5-6%. У даній роботі виконані дослідження відхилення параметрів опромінення від оптимальних та визначені допустимі відхилення частки додаткового пучка електронів та товщини об'єкта що опромінюється. Визначено вплив відхилень енергії електронів від E_0 (енергетичних спектрів прискорювачів) не тільки на дозові розподіли в шарі що опромінюється, а й значний вплив на кут відхилення додаткового пучка електронів (при великих значеннях $\Theta \sim 60^\circ-75^\circ$). Існуючі енергетичні спектри прискорювачів, наприклад ЛПЕ, збільшують неоднорідності дози в 2-3 рази в порівнянні з оптимальним значенням. Показано, що коригування параметрів опромінення з урахуванням спектрів електронів дозволяє досягати мінімальних неоднорідностей, відповідних оптимальним.

1. V.G. Rudychev, V.T. Lazurik, D.V. Rudychev, Y.V. Rudychev, Depth equalization of the dose when irradiated by electrons at different angles, Problems of Atomic Science and Technology, Series: Nuclear Physics Investigations, 2020, N5(129). p.120-124.

17. МОДЕЛЮВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНИХ ПОЛІВ У СЕРЕДИНІ КОНСТРУКЦІЇ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНОГО КОНТЕЙНЕРА УЗЗК З ВРАХУВАННЯМ ГЕТЕРОГЕННОСТІ МАТЕРІАЛІВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕОМЕТРІЇ

С.В Рудичев^{1,2}, С.І. Прохорець¹

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

За допомогою розробленого нами моделювального комплексу було проведено достовірне моделювання радіаційного випромінювання та поглиненої енергії контейнера УЗЗК. Отримані чотирьох вимірні матриці, до складу яких входять три просторові координати та значення питомих фізичних характеристик радіаційних полів; на базі отриманих даних шляхом розбиття на питомі шари, побудовані і представлені тривимірні розподіли питомих фізичних величин для визначення критичних місць всередині контейнера УЗЗК. Визначено найбільш вразливі до радіаційних навантажень області та визначено відмінність радіаційних розподілів цих областей для різних джерел випромінювання. Визначено додатковий вплив до радіаційного навантаження за рахунок гетерогенної структури в зонах контейнера. Це дозволить істотно підвищити роздільну здатність методу та істотно зменшити елементи об'єму при отриманні тривимірних розподілів фізичних величин. Це дозволить перейти від моделювання розподілу радіаційних потоків та поглиненої енергії до

модельовання тривимірного просторового розподілу первинно вибитих атомів (ПВА) матеріалів УЗЗК, та виявленню місць з максимальним рівням ПВА і, як наслідок, з імовірністю корозійних процесів.

18. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НУКЛИДОВ

А.И. Скрыпник, М.А. Хажмурадов

ННЦ “Харьківський фізико-технічний інститут” НАН України

Рассмотрена задача определения изотопного состава радиоактивных источников по спектрам гамма-излучения. Создана программа для идентификации нуклидов с применением методов машинного обучения. Данная программа реализована на языке программирования Python с использованием библиотек scikit-learn и scikit-multilearn. В качестве входных данных использованы модельные спектры гамма-излучения, полученные с помощью набора библиотек для моделирования прохождения элементарных частиц через вещество Geant4.

19. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССОРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ AMD ZEN 3 ДЛЯ ПРОГРАММ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ.

В.А. Дудник, В.И. Кудрявцев, С.А. Ус, М.А. Хажмурадов, М.В. Шестаков

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Приведен обзор основных возможностей новой процессорной архитектуры AMD Zen, позволивших резко нарастить производительность процессоров серии Ryzen, а также упростить и удешевить производство мощных многоядерных процессоров для настольных компьютеров. Описаны существующие в одной из последних реализаций архитектуре Zen (Zen 3) особенности и ограничения по реализации многопоточной обработки данных. Приведены рекомендации по выбору возможных типов алгоритмов, оптимальных для реализации на базе процессорной архитектуры AMD Zen 3 по сравнению с реализацией таких алгоритмов средствами графических процессоров (GPU) NVIDIA.

20. АППРОКСИМАЦИЯ ПИКОВ В γ -СПЕКТРАХ АНАЛИТИЧЕСКИМИ ГАУССИАНОПОДОБНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

А.Ю. Бережной

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Для обработки γ -спектров с целью определения сечений реакций, РСФ и других важных физических параметров ядерных реакций, разрабатывается программа обработки спектров «ГАММАРЕАКС». В последней версии этой программы модифицирован алгоритм аппроксимации пиков в γ -спектрах

аналитическими гауссианоподобными функциями. Также добавлена возможность аппроксимации суммарного пика, образованного суперпозицией нескольких близкорасположенных одиночных. При этом используются не более трех гауссианоподобных функций с применением метода сопряженных градиентов. Исследования проводились как на модельных спектрах, содержащих изолированные и частично перекрывающиеся гауссианы, так и на реальных спектрах. Точность аппроксимации определялась критерием «хи-квадрат» по отсчетам в каналах, принадлежащих пику. Анализ показал, что в большинстве случаев на модельных спектрах лучше описывает пики гауссиан с переменной дисперсией. Для реальных спектров все исследуемые функции дают сходную точность описания.

21. МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРОИДАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ

С.А. Мартынов, В.П. Лукьянова, М.А. Хажмурадов

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

Стелларатор по результатам многочисленных экспериментальных и теоретических исследований продемонстрировал, что является эффективной системой для удержания высокотемпературной плазмы. Практически весь период термоядерных исследований, начиная с первых экспериментов с плазмой в начале 50-х годов прошлого столетия и кончая сегодняшним днем, в плазменных лабораториях мира ведутся работы по выбору параметров и проектированию термоядерных реакторов на основе стеллараторных систем. Развитие этих работ идет, в том числе, по пути совершенствования конструкции стелларатора. Элементы конструкции обладают сложной пространственной формой, имеют большие габаритные размеры и характеризуются высокой точностью изготовления.

Представленные в работе модели, методы и технологии являются составной частью системы автоматизированного проектирования тороидальных систем и направлены на существенное сокращение сроков проектирования и повышение точности расчетов по направлениям: геометрическое моделирование, характеристики магнитной конфигурации, напряженно-деформированное состояние подсистем и теплообмена.

Секция 7. Ядерно-физические методы в смежных науках. (В области атомной энергетики, промышленности и медицины. Физические и экологические вопросы эксплуатации и модернизация ядерно физических установок.)

1. ПЕРСПЕКТИВА ОТРИМАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО РАДІОНУКЛІДА ^{82}Sr НА ЛПЕ-40 НДК «ПРИСКОРЮВАЧ» ННЦ ХФТІ

*Е.Л. Куленніков, М.І. Айзацький, О.М. Водін, О.С. Деев,
І.С. Тімченко, С.М. Олійник*

Науково-дослідний комплекс «Прискорювач» ННЦ ХФТІ, м. Харків

Останнім часом, головним чином у США, отримала розвиток ПЕТ-технологія, заснована на застосуванні ^{82}Sr - ^{82}Rb ізотопних генераторів. Фізичні та фізіологічні властивості зазначеної радіоізотопної пари роблять її дуже зручним ПЕТ-агентом у візуалізації перфузії міокарда. Крім того, використання такого генератора, який можна змінювати в установці ПЕТ один раз у місяць, дозволить виключити необхідність у наявності циклотрона і радіохімічної лабораторії в клініці, що істотно здешевить діагностику кардіологічних захворювань.

У даній роботі розглянута можливість отримання на пучку гальмівних γ -квантів прискорювача ЛПЕ-40 НДК "Прискорювач" ННЦ ХФТІ радіоізопопа (PI) ^{82}Sr ($T_{1/2} = 25,5$ днів), який є батьківським ізотопом у генераторі ^{82}Rb ($T_{1/2} = 1,26$ хв.). Проведено аналіз оптимальних умов, необхідних для напрацювання даного PI у фотоядерних реакціях на природному стронцію ^{84}Sr і на чистому ізотопі ^{84}Sr . Основна увага приділена підвищенню виходу цільового радіонукліда ^{82}Sr і можливості мінімізувати величини активностей основних супутніх заважаючих домішок.

2. МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ УСКОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ИЗОТОПОВ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

И.С. Гук

ННЦ "Харьковский физико-технический институт" Украина

В международную базу данных по ядерной медицине для использования в диагностике и лечении болезней внесено более 53 изотопов. Однако главное место во всём многообразии используемых принадлежит производству двух изотопов - ^{99}Mo и ^{18}F .

Методы диагностической визуализации занимают примерно 90% всех процедур ядерной медицины и 85% диагностических сканирований проходят с использованием ^{99}Mo ($^{99\text{m}}\text{Tc}$), что составляет около 40 миллионов процедур по всему миру каждый год. Поэтому производству этого изотопа в мире уделяется особое внимание. Наблюдается тенденция постепенного перехода от облучения

мишеней из оружейного урана на ядерных реакторах к использованию для этих целей электронных ускорителей со сверхпроводящими ускоряющими структурами и ускорителей дейтронов с переходом на жидкие мишени из низкообогащенного ^{235}U .

Основное использование изотопа ^{18}F - в ПЭТ диагностике, поскольку она оказалась наиболее точным методом обнаружения и оценки большинства видов рака. Он также широко используется при визуализации сосудов сердца и головного мозга. Ведущую роль в этой диагностике играют малогабаритные циклотроны со сверхпроводящими магнитами, работающими при азотных температурах.

Создание специальных ускорителей для производства других изотопов, которые могут использоваться в современной ядерной медицине, в настоящее время экономически не оправдано, учитывая их малую долю в стоимости по отношению к рассмотренным выше изотопам.

3. ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ КРОВИ БОЛЬНЫХ ДО И ПОСЛЕ ОДНОГО ИЛИ СОЧЕТАННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

*Н.П. Дикий¹, Е.П. Березняк¹, Ю.В. Ляшко¹, Е.П. Медведева¹,
Д.В. Медведев¹, Т.А. Пархоменко¹, К.Ю. Пархоменко², Ю.С. Ходырева¹*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²КНП ХОР «Областная клиническая больница», Харьков, Украина

В данной работе представлены два теста контроля до и после операционного состояния больных, которые перенесли одиночное и комбинированное хирургическое вмешательство по поводу одного или нескольких заболеваний. Проведение одномоментной хирургической коррекции различных заболеваний имеет ряд преимуществ (один, а не несколько анестезиологических пособий (наркоз), однократное медикаментозное лечение в послеоперационном периоде, включая антибиотикотерапию, психоэмоциональные нагрузки, кратность пребывания в стационаре и др.). К сожалению, сравнительный анализ результатов лечения больных после подобных хирургических вмешательств недостаточно отражен в отечественной литературе.

В качестве двух дополнительных тестов к клиническим тестам были использованы γ -активационный анализ содержания макро и микроэлементов и метод инфракрасной спектроскопии для анализа фазового состава и структурных особенностей крови пациентов до и после хирургических вмешательств.

В работе впервые проанализированы изменения характера поглощения ИК-излучения и содержания макро- и микроэлементов в крови пациентов при различных заболеваниях до и после одного или сочетанного хирургического вмешательства. Обнаружены специфические изменения и особенности, которые зависят в основном от вида заболевания. Продолжительность полной

реабилитации больных, которые перенесли сочетанные операции, согласно полученным тестам такая же, как и после одного вмешательства по поводу основного заболевания.

4. АНАЛИЗ МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УРАНА В ОБЪЕКТАХ ОКУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОЧЕЧНЫХ КАМНЯХ ПАЦИЕНТОВ В ХАРЬКОВСКОМ РЕГИОНЕ

*Н.П. Дикий¹, Е.П. Березняк¹, С.М. Колупаев² В.Н. Лисовой², Ю.В. Ляшко¹,
Е.П. Медведева¹, Д.В. Медведев¹, Ю.С. Ходырева¹*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский государственный медицинский университет, Украина

Гамма активационный анализ на ЛУЭ ННЦ ХФТИ был использован для определения содержания природного урана и удельной активности ²³⁵U в объектах окружающей среды (вода, почва, водном растении (гидрофите), а также в почечных камнях пациентов (V.I.Shapoval Regional Medical Clinical Centre of Urology and Nephrology, Kharkiv, Ukraine).

Регистрация содержания урана в образцах осуществлялась Ge(Li)-детектором, оснащенный тремя слоями протектора Pb-Cu-Al, по линии 186 кэВ, которая соответствует сумме линий от ²²⁶Ra + ²³⁵U. Ошибка измерений составляла от 7 до 25%.

Во всех исследуемых образцах был обнаружен альфа-излучатель ²³⁵U, который представляет серьезную опасность, как для экосистемы, так и для здоровья человека. С помощью метода ИК-спектроскопии были проанализированы фазовый состав и структурные особенности почечных камней. В результате анализа был идентифицирован широкий спектр химических соединений, в котором представлен вевеллит (моногидрат оксалата кальция), гидроксипатит, мочевиная кислота, а также арагонит, фторапатит и др.

Показано, что для жителей Харьковского региона характерно наличие почечных камней смешанного минерального состава, доминирующим компонентом которого является моногидрат оксалата кальция.

5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ АКТИНОИДОВ В ЗУБАХ УКРАИНСКИХ И ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ПРИ ОДОНТОГЕННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ С УЧЕТОМ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС

*Н.П. Дикий¹, Ю.В. Ляшко¹, Е.П. Медведева¹
Д.В. Медведев¹, С.Н. Григоров², Л.П. Рекова²*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Харьковский государственный медицинский университет, Украина

Проведено измерение содержания актиноидов по интенсивности γ -спектров на Ge(Li)-детекторе с энергетическим разрешением 3.2 кэВ по линии 1333 кэВ в удаленных зубах пациентов при одонтогенных воспалительных заболеваниях (ОВЗ).

Обнаружено наличие γ -эмиттеров - ^{40}K , ^{132}Cs , β -эмиттеров – ^{90}Sr , а также природных радионуклидов ^{214}Pb в семействе ^{238}U , ^{212}Pb в семействе ^{232}Th . В среднем значения активности указанных актиноидов варьировали в пределах $< 1.37 - 2.01 \text{ mBq/g}$ по Са.

Следует отметить, что, несмотря на то, что после инцидента на ЧАЭС в 1986 году прошло почти 35 лет, но в удаленных зубах украинских студентов при ОВЗ обнаружено наличие актиноидов. Во второй группе пациентов с ОВЗ (иностранцы студенты, 1 курс) актиноиды обнаружены не были, что подтверждает влияние техногенного загрязнения экосистемы, высокой геохимической подвижности и биогенной миграции актиноидов.

6. ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРИРОДНЫХ КВАРЦИТАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ

*Е.П. Березняк, Н.П. Дикий, И.В. Колодий, Ю.В. Ляшко,
Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, Ю.С. Ходырева*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Наиболее надежную и длительную изоляцию РАО может обеспечить захоронение их в стабильные глубинные геологические формации, к которым относятся горные породы Украинского кристаллического щита, находящиеся в зоне отчуждения Чернобыльской атомной электростанции. Одним из основных факторов, обеспечивающих стабильность геологической среды при глубинном захоронении РАО, является ее радиационная стойкость γ -излучению, поскольку α - и β -излучения поглощаются защитным контейнером.

В работе изучены элементный и структурно-фазовый состав природных кварцитов (Овручского месторождения), которые облучались конвертированными γ -квантами в течение 12 лет на ЛУЭ с $E = 12 \text{ МэВ}$, $I = 450 \text{ мкА}$, максимальная поглощенная доза $D = 3,5 \cdot 10^7 \text{ Гр}$. В спектре γ -излучений, зарегистрированном Ge(Li)-детектором, показано наличие таких элементов, как Si (90%), Al, Fe, Mn, Ca, Ti, Mg, Na (от 0,7 до 0,05%).

После облучения зерна кварца, из которых состоит кварцит, приобретают дымчатую окраску и местами теряют прозрачность из-за образования скоплений примесей и включений, которые формируются в результате радиационно-стимулированной диффузии. Видимого трещинообразования либо аморфизации структуры кварца не происходит. При этом отмечается, что облучение

у\квантами кварцитов в течение столь длительного периода способствует формированию более совершенной кристаллической структуры данного минерала.

7. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ, ДОКЛИНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

*Н.П. Дикий¹, Н.В. Красносельский², Ю.В. Ляшко¹,
Е.П. Медведева¹, Д.В. Медведев¹*

*¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
²ГУ Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева, Харьков, Украина*

Создание генераторов для производства медицинских изотопов имеет одно очень важное преимущество – необходимый изотоп может производиться постоянно и непосредственно в радиологической лаборатории клиники длительный период.

Одним из наиболее востребованных изотопов, который используется почти в 80% диагностических процедур (особенно у детей) в ядерной медицине является ^{99m}Tc. Для этих целей создан генератор ^{99m}Mo/^{99m}Tc по реакции ¹⁰⁰Mo(γ,n)^{99m}Tc, с последующим выделением ^{99m}Tc в виде пертехнетата либо посредством электролитического осаждения, либо с помощью ядер отдачи по реакции Сциларда-Чалмерса. Удельная активность наработанного на данном генераторе ^{99m}Tc составила ~1 Ci. Проведены доклинические испытания на животных.

Медицинский изотоп ¹⁸⁸Re особенно необходим для проведения радиоэмболии. Изотоп ¹⁸⁸Re (¹⁸⁹Os(γ,p)¹⁸⁸Re) T_{1/2} = 17 час с энергией электронов 763 кэВ может производить деструкцию опухоли до 3 мм при трудно операбельной ее локализации. Выход изотопа ¹⁸⁸Re без модератора из генератора ¹⁸⁸W/¹⁸⁸Re составляет ~0.2 μКи/час.

Применение данных генераторов на основе фотоядерных технологий в клинике не требует иммобилизации радиоактивных отходов.

8. РАДИАЦИОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛЕНИЯ ПРОПАНА

*Н.П. Дикий¹, Ю.В. Ляшко¹, Е.П. Медведева¹,
Д.В. Медведев¹, Ю.Г. Пархоменко¹*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Изучение основных принципов действия катализаторов и их подбор для реакций окисления, например, пропана является важной задачей, которая остается все еще нерешенной в общей проблеме прямого окисления углеводов. Существенный прогресс в получении эффективных

катализаторов, в последнее время, достигнут в связи с возможностью использования наночастиц оксидов металлов. Перспективным направлением в решении проблемы модификации каталитических свойств наночастиц оксидов металлов является использование современных ядерных технологий. Эти положения были положены в основу создания каталитических радиационно-модифицированных наносистем для конверсии пропана.

Образцы наночастиц ZrO_2 (40-80 нм) в алюминиевой фольге были активированы тормозными гамма-квантами с $E=22$ МэВ, $I=200$ мкА. В γ -спектре ZrO_2 из реакции $^{90}Zr(\gamma, n)^{89}Zr$ не обнаружено присутствия каких-либо примесных элементов. После облучения образец представляет собой поликристаллический монофазный ZrO_2 с моноклинной сингонией.

В данной работе измерена интенсивность образования свободных радикалов (СР, имп/с) при окислении пропана (C_3H_8) в зависимости от различной навески исходного и активированного катализатора ZrO_2 .

Обнаруженные закономерности протекания процессов окисления пропана путем последовательного образования СР дают возможность по-новому подойти к созданию каталитических систем для получения необходимых продуктов из углеводородного сырья.

9. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА РАДИАЛЬНОГО ОТРАЖАТЕЛЯ НЕЙТРОНОВ НА РАБОТУ РЕАКТОРА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

М.С. Маловица, А.И. Курдин, В.В. Пилипенко, С.П. Фомин, Н.Ф. Шульга

НИЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Для разработки новых типов безопасных ядерных реакторов представляет интерес развитие перспективной концепции быстрого реактора-бридера (БР) с волной ядерного горения (ВЯГ) [1, 2]. Режим ВЯГ объединяет наработку и выгорание топливных нуклидов и благодаря особому механизму отрицательной обратной связи [3] обеспечивает внутреннюю безопасность реактора без внешнего контроля цепной реакции с помощью регулирующих стержней.

Данная работа посвящена анализу характеристик режима ВЯГ, движущейся вдоль оси цилиндрического БР с металлическим топливом U-Pu цикла, в зависимости от материала и параметров радиального отражателя нейтронов путем численного решения нестационарных многогрупповых уравнений диффузии нейтронов совместно с уравнениями выгорания топлива и уравнениями ядерной кинетики для предшественников запаздывающих нейтронов в двумерной модели реактора [4, 5]. Расчеты с помощью оригинального компьютерного кода FANTENS-2D показали существенную зависимость пространственных распределений нейтронов и топливных нуклидов, спектров нейтронов, плотности энерговыделения и мощности реактора от материала и структуры радиального отражателя нейтронов. Полученные результаты доказывают принципиальную возможность управления мощностью и другими параметрами перспективного БР бегущей волны путем выбора состава радиального отражателя нейтронов, в

частности, при использовании отражателя из двух слоев: из легкого материала (графит или бериллий, внутренний слой) и тяжелого (Pb-Bi эвтектика, внешний слой).

1. Feoktistov L.P., Sov. Phys. Doklady, 34 (1989) 1071.
2. Fomin S.P. et al., Prog. Nucl. Energy, 50 (2008) 163; 53 (2011) 800.
3. Fomin S.P. et al., Int. conf. "FR-13", paper CN-199-457.
4. Fomin S.P. et al., Int. conf. "Global 2009", paper 9456.
5. Fomin S.P. et al., Ann. Nucl. Energy, 148 (2020) 107699

10. THERMAL HYDRAULICS OF THE NEXT IRRADIATION EXPERIMENT ON A STRUCTURAL MATERIAL CORROSION IN A SUPERCRITICAL WATER UNDER THE CYCLIC LOAD

*O.S. Bakai, V.M. Boriskin, M.I. Bratchenko,
R.M. Dronov, S.V. Dyuldy, Yu.V. Gorenko
NSC "KIPT" of the NAS of Ukraine*

The NSC KIPT LEA-10 linac based Electron Irradiation Test Facility (E.I.T.F.) offers the unique capability of *in situ* e^- -irradiation of samples in a supercritical water (SCW) circulation loop. Right now, the next E.I.T.F. experiment is planned to reveal the coherent impact of irradiation, SCW and time-varying cyclic load on a structural steel corrosion. The properly modernized design of the Irradiation Cell (IC) is more complex than the previous one [1]. Thus, the re-evaluation of the loop natural convection scenario is mandatory. This was done, assuming coolant pressure 23.5 MPa and temperature 360...380°C, for regimes both with and w/o irradiation. The IC hydraulic resistance coefficient κ_{IC} was measured experimentally using the previously developed technique [1]. The obtained value $\kappa_{IC} \approx 184 \pm 2$ is $\sim 25\%$ greater than that of the previous IC [1] due to the appearance of extra internals. Applying this κ_{IC} value, the circulation loop System Thermal Hydraulics parameters were calculated. The expected mass flow rate is $\kappa_{IC} \dots 10\%$ lower wrt. that [1] reached in the previous experiment. Such a loss we rate as acceptable since it still grants the requested circulation mass flow rate of ~ 50 g/s under irradiation at a reasonable power of installed heaters.

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

1. Bakai A.S., Boriskin V.N., Bratchenko M.I. et al. // PAST. Ser.: "Nuclear Physics Investigations". 2019. Iss. 6(124). P. 172–180.

11. POST-IRRADIATION INVESTIGATION OF THE AUSTENITIC STEEL STATICALLY STRESSED SAMPLES CORRODED IN THE SUPERCRITICAL WATER COOLANT UNDER ELECTRON BEAM IRRADIATION

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

Systematic studies of the e^- irradiation, corrosive coolant flow, and stress cooperative effect on the performance of the GenIV super-critical water-cooled reactor materials are carried out at the NSC KIPT Electron Irradiation Test Facility. In this report, the results of the 12X18H10T steel coupons microstructure examination after 500 h long irradiation (2019) at 23.5 MPa 360...380°C water are first presented. The General Corrosion Test (GCT) and Scanning Electron Microscopy (SEM) data point to the following: (i) large scattering of GCT data is in conformance with the effect of intentionally different tensile stress applied to samples; (ii) the corrosion surface (CS) is extremely rough; the protective oxide film is highly deteriorated under mechanical load; dense agglomerates of metal oxides (hematite, magnetite, spinel) dominate; a comparable CS of the same steel was observed in the VVER-1000 conditions autoclave test after ~30 times higher exposure (14000 h vs. 500 h) w/o irradiation; this is definitely attributed to the effect of Irradiation Assisted Corrosion (IAC); (iii) crack nucleation is traced in the vicinity of scratches where the stress concentration occurs; (iv) a complex interplay of IAC, Flow Accelerated Corrosion (FAC) and sedimentation of corrosion products is the most probable reason of the observed CS structure which can be also promoted by the circulation loop transients (the CRUD phenomenon); this has to be taken into account at further planning of the irradiation scenarios.

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

12. КОМБІНОВАНИЙ ПІДХІД КЛАСТЕРНОЇ ДИНАМІКИ ТА РІВНЯННЯ ФОККЕРА-ПЛАНКА У ЗАДАЧАХ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ПРЕЦИПІТАТІВ

Ю.С. Бистрик, В.Л. Денисенко

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Для реалізації програми з продовження строків експлуатації реакторів на період понад 60 років необхідно всебічно вивчати процеси окрихнення, що виникають у результаті зміни механічних властивостей корпусів реакторів під дією опромінення. Дослідження таких процесів потребує узгодженого моделювання структурних та фізико-хімічних властивостей конструкційних матеріалів реакторів на атомістичному, нано-, мезо- та макроскопічному рівнях. Причиною є те, що радіаційне окрихнення – складний багаторівневий процес, що є результатом впливу низки послідовних механізмів: каскадного

опромінення, дифузійної еволюції преципітатів, взаємодії дислокацій та преципітатів.

У роботі увагу зосереджено на проблемі моделювання еволюції преципітатів вакансійного та міжвузельного типу в конструкційних матеріалах реакторів під впливом нейтронного опромінення з використанням методів кластерної динаміки та рівняння Фоккера-Планка. Такий підхід полягає в отриманні “гібридної” системи рівнянь кластерної динаміки [1], для якої, починаючи з кластеру певного розміру, система апроксимується рівнянням Фоккера-Планка. Це дозволяє суттєво спростити числові розрахунки при детальному вивченні дифузійної стадії еволюції преципітатів, що є важливим кроком для аналізу радіаційної стійкості конструкційних матеріалів реакторів при понаднормовому періоді експлуатації.

1. A.A. Turkin, A.S. Bakai. J. Nucl. Mater. 358, 10-25 (2006).

13. COMPARISON OF RADIATION PROTECTION CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS

*E.M. Prokhorenko¹, V.V. Lytvynenko¹, V.F. Klepikov¹, A.A. Zakharchenko²,
M.A. Khazhmuradov²*

¹Institute of Electrophysics and Radiation Technologies, Kharkov, Ukraine

²NSC “Kharkov Institute of Physics and Technology”, Kharkov, Ukraine

The methods of manufacturing polystyrene metal composite materials have been improved. Using this technique, composite samples were prepared. The samples had a high uniformity of the distribution of the components over the volume of the composite material. The basis of the composite material was polystyrene. Since aluminum is well wetted by polystyrene, it was used to create a composite matrix (particle size 10-20 μm). The radiation-protective additive is powder tungsten (particle size 50–60 μm) or powder steel (particle size 230 μm , 380 μm). Samples with an insignificant content of a tungsten component or a small content of a steel component were studied. The Geant4 v 4.9.6p02 package was used to simulate the absorption of ionizing radiation. Experimental measurements were carried out using ^{152}Eu and ^{241}Am ionizing radiation sources. A high agreement between experimental measurements and calculated results was obtained. Distinction of results made no more than 6 %.

14. ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОБЛУЧЕННОГО НЕЛЕГИРОВАННОГО ТЕТРАБОРАТА ЛИТИЯ

*В.Т. Маслюк, И.Г. Мегела, О.М. Поп, М.М. Биров,
В.М. Головей, Т.О. Виеру-Василица*

Институт электронной физики НАН У, г. Ужгород, Украина

Изучение термолюминесценции нелегированного тетрабората лития, не смотря на значительно меньшую их чувствительность к облучению по

сравнению с легированными Cu и Mn образцами, привлекательно использование их для модельного представления процессов взаимодействия облучения с тетраборатом лития.

Исследовались образцы толщиной 0,5 мм, размерами 5 мм × 10 мм монокристаллического нелегированного тетрабората лития выращенного в ИЭФ НАН Украины методом Чохральского. Облучение образцов одинаковыми дозами осуществлялось электронами с энергией 7 МэВ и 14,5 МэВ. Поле облучения формировалось из ускоренных на Микротроне М-30 электронов, рассеянием их на тонкой танталовой фольге. В облученных образцах измерялся выход термолюминесценции при линейном нагреве со скоростью 0,5°С/сек до 300°С. В кривых термолюминесценции нелегированного тетрабората лития облученного при обеих энергиях наблюдаются два пика: основной пик в интервале 150-160°С и значительно меньший при 250-260°С, пропорциональные дозе облучения. Однако, при равных дозах высота пиков образцов облученных при энергии 7 МэВ примерно на 20% больше чем в образцах облученных такой же дозой при энергии 14,5 МэВ. Этот факт можно объяснить образованием большого числа радиационных дефектов типа смещенных атомов при энергии 14,5 МэВ. Эти дефекты, по видимому, являются центрами безизлучательной рекомбинации, приводящих к уменьшению выхода термолюминесценции.

15. MODIFICATION OF THE SURFACE STRUCTURE OF STEEL BY IRRADIATION WITH A HIGH-CURRENT ELECTRON BEAM

E.M. Prokhorenko¹, V.V. Lytvynenko¹, V.F. Klepikov¹, Yu.F. Lonin², A.G. Ponomarev², V.T. Uvarov², N.A. Shul'gin²

¹Institute of Electrophysics and Radiation Technologies, Kharkov, Ukraine;

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

As a result of the action of a high-current electron beam, the surface of the steel is modified. The beam was produced at the TEMP-A accelerator (beam current ~ 2 kA, electron energy ~ 350 keV, pulse duration $\tau_p \sim 5 \mu\text{s}$). The processes were studied, as a result of which the characteristics of the steel surface changed. To study changes in the surface structure of the steel, metallographic and fractographic measurements were performed. The values of the surface hardness of the irradiated samples were measured. An increase in the hardness of the surface layer was found. The change in surface characteristics takes place due to phase transformations. The hardness is changed by converting the austenitic steel to martensite. In addition, the process of the appearance of carbides affects the increase in hardness. Carbides have also been found in the surface layer of the steel. When a beam of accelerated electrons acts on the samples, the surface is cleaned. Evaporation of low temperature impurities occurs. Together, these processes make it possible to increase the hardness of the surface layer to a value of 9000 MPa.

16. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЕВОЛЮЦІЙНІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ТА РОЗЧИНІВ ГЛЮКОЗИ/САХАРОЗИ, ОПРОМІНЕНОЇ НА МІКРОТРОНІ М-30 З ЕНЕРГІЄЮ 12,5 МЕВ

*Н.І. Святюк¹, В.Т. Маслюк¹, О.І. Симканич², О.О. Грабар², О.М. Поп¹,
О.А. Тарнай¹, М.В. Гошовський¹, О.М. Турховський¹, Г.Ф. Пітченко¹*

¹Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

²Ужгородський національний університет, Україна

Відомою є перманентна актуальність вивчення характеристик води і водних розчинів без та в умовах дії зовнішніх факторів, враховуючи їх фундаментальну роль у житті біоти, формуванні навколишнього середовища й важливості для численних прикладних застосувань, де вона служить робочою субстанцією, чи медіатором технологічних процесів. Враховуючи, що наземна радіація є постійним чинником існування біоти вивчення кінетики й особливості хіміко-структурних перетворень для води, водних розчинів та їх вплив на метаболізми живих організмів є також важливим.

Дана робота ґрунтується на результатах комплексних хімічних і фізичних досліджень часової еволюції параметрів води та розчинів глюкози/сахарози, опроміненої на мікротроні М-30 (12,5 МеВ, 1 МРад). Продукти радіолізу води мають непрямий вплив на структуру ДНК у живих організмах, співставними із їх радіаційною деструкцією. Вибір вказаних речовин глюкози/сахарози, які є важливими представниками складних вуглеводів, обумовлений їх широким використанням у медицині та харчовій промисловості.

17. ОЦІНКА ПОГЛИНАННЯ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ЯДЕРНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ПРИ ЇХ ІЗОТОПНОМУ АНАЛІЗІ

О.О. Парлаг, І.В. Пилипчинец, Є.В. Олейніков, О.І. Лендел, М.В. Гошовський

Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Метод напівпровідникової гамма-спектрометрії широко застосовується у практиці аналізу ізотопних та кількісних характеристик подільних ядерних матеріалів (Th, U, Np, Pu та Am). Точність таких досліджень буде залежати від правильного врахування всіх факторів, які впливають на точність кінцевого результату аналізу. Одним із основних факторів, який необхідно враховувати при гамма-спектрометричних дослідженнях, є самопоглинання гамма-випромінювання в досліджуваних зразках.

В роботі представлені результати моделювання характеристик від яких залежать поглинальні властивості гамма-випромінювання подільними ядерними

матеріалами (Th, U, Np, Pu та Am), а саме, лінійних і масових коефіцієнтів поглинання, ефективних атомних номерів, середніх довжин вільного пробігу та ін. для діапазону енергій фотонів 0,05- 3 МеВ. При проведенні розрахунків використовувалися програмні коди “XCom” (NIST), “EPICS2017” [1], “Phy-X/PSD”[2] та “Py-MLBUF” [3]. На основі отриманих даних проведені оцінки самопоглинання гамма-випромінювання в шарах вказаних ядерних матеріалів в діапазоні товщини 0.001 ÷ 1 см.

1. <https://data.mendeley.com/datasets/5p3grx7pgg/1>
2. <https://phy-x.net/module/physics/shielding/>
3. <https://pymlbuf.pythonanywhere.com/login>

18. КРИТЕРИЙ ПОДОБИЯ ДЛЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ СФЕР В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАНАЛАХ С ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТЬЮ

О.Л. Андреева, В.И.Ткаченко

*ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина*

В настоящее время ведутся активные исследования по переходу атомной энергетики к более эффективным высокотемпературным газоохлаждаемым реакторам (ВТГР). ВТГР может иметь активную зону на основе (сферических) шаровых твэлов (ШТ). ШТ движутся в цилиндрических каналах графитовой кладки реактора под действием газа-охлаждителя гелия, который находится при высокой температуре (~ 950° - 1000°С). При внештатных ситуациях ШТ будут свободно падать в канале, заполненном вязкой, несжимаемой жидкостью. Поэтому для предсказания возникновения критических ситуаций необходимо уметь определять скорость свободного падения ШТ в заполненных газом цилиндрических каналах. Для моделирования поставленной задачи вместо газа можно рассматривать жидкость. Такая замена возможна, т.к. обе среды описываются уравнениями Навье-Стокса и критериями подобия.

В данной работе в качестве модельной жидкости выбрана вода. Получен критерий подобия, заключающийся в постоянстве числа Фруда для чисел Рейнольдса $10^2 < Re < 10^{4.5}$. Построена аналитическая зависимость скорости движения сферы в воде для всего диапазона изменения отношения диаметра сферы к диаметру канала. Полученный результата может быть использована для оценки скорости свободного падения ШТ в цилиндрических каналах ВТГР.

19. УСТОЙЧИВОСТЬ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

О.Л. Андреева^{1,2}, Б.В. Борц¹, В.И. Ткаченко^{1,2}, А.Ф. Ванжа¹, И.М. Короткова¹

¹ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

Теоретически исследован конвективный массоперенос подогреваемого снизу слоя вязкой несжимаемой проводящей жидкости цилиндрической формы во внешнем магнитном поле протекающего по ней тока вакуумной дуги. Показано возникновение конвективного движения расплавленного металла, которое модифицировано действием создаваемого электрическим током вакуумной дуги магнитным полем. В отличие от известных работ по учету влияния прямолинейных магнитных полей на конвекцию проводящих жидкостей, в настоящей работе исследована иная модельная конфигурация магнитного поля - аксиально-симметричное магнитное поле, соответствующее магнитному полю внутри проводника.

Найдено условие существования стационарных возмущений, которое определяется зависимостью числа Рэлея от числа Гартмана, радиального и вертикального волновых чисел. Описана зависимость равновесной скорости расплава от координат. Определено критическое число Рэлея, и соответствующее ему радиальное волновое число. Полученные решения использованы для описания эксперимента по вакуумно-дуговой плавке стали. Для наблюдаемой в эксперименте первой радиальной и вертикальной мод получены графики зависимости равновесной азимутальной скорости расплава от времени. Сравнение экспериментальных данных с теоретическими расчетами работы позволило определить скорость вращения расплава стали.

20. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТВЕРДОФАЗНОГО СОЕДИНЕНИЯ ВОЛЬФРАМА И ТАНТАЛА ДЛЯ МИШЕНИ НЕЙТРОННОГО ИСТОЧНИКА

*О.Л. Андреева^{1,2}, Б.В. Борц¹, И.А. Воробьев¹,
И.М. Карнаухов¹, А.А. Лопата¹, В.И. Ткаченко^{1,2}*

¹ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

Экспериментально и теоретически исследован процесс прокатки W и Ta прослойкой Ti в вакууме при высокой температуре. Эксперимент по прокатке осуществлялся на вакуумном прокатном стане ДУО – 170. Процесс соединения W и Ta происходит в результате проникновения Ti в неровности границы W. При температурах и давлениях прокатки Ti находится в квазижидком состоянии, а W - в твердом. Поскольку неровности вольфрама заполнены разреженным воздухом, то процесс соединения будет сопряжен с проникновением более тяжелой субстанции (квазижидкий Ti) в более легкую субстанцию (разреженный воздух). Это приводит к рассмотрению задачи о неустойчивости Рэлея - Тейлор (НРТ) о движении границы раздела жидких сред (Ti -

разреженный воздух), находящейся в сдавливающем силовом поле валков. Модель НРТ использована для описания проникновения Ti в неровности W . В работе также предложена модель, описывающая температурное расхождение валков при соединении W и Ti в вакууме. Эта модель описывает динамическую стадию, когда валки незначительно нагреты, а сборка за время прокатки разогревается в результате пластической деформации и раздвигает валки на 20 мкм. Затем, по сценарию прокатки, наступает статическая стадия, когда происходит теплообмен между валками и сборкой. Предложенные модели количественно подтверждаются в экспериментах.

21. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗБУДЖЕНИХ ЧАСТИНОК, РОЗПИЛЕНИХ З ПОВЕРХНІ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ W_x-Cu_y МАГНЕТРОННОМУ РОЗРЯДІ

Афанасьєва І.А.¹, Афанасьєв С.М.², Бобков В.В.¹, Грицина В.В.¹, Чижкала В.О.¹, Скрипник А.О.¹, Шевченко Д.І.¹

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

При дослідженні плазми замагніченої зони магнетронного розряду досить успішно застосовується метод оптичної емісійної спектроскопії. Серед параметрів, що можна визначити за допомогою вказаного методу є якісний та кількісний склад елементів матеріалу катоду. Встановлення кількісного складу елементів, що входять до складу катоду ускладнено впливом багатьох факторів, таких як коефіцієнт розпилення компонентів катоду, спектроскопічні особливості розпилених збуджених частинок, параметри розряду та інше. Всі вказані фактори суттєво впливають на кількість та просторовий розподіл збуджених частинок в розряді і, таким чином, на інтенсивність спектральних ліній, на підставі якої визначається кількісний склад компонентів катоду. В роботі на діагностичному спектроскопічному комплексі [1] досліджено залежність інтенсивності спектральних ліній W та Cu від концентраційного складу компонентів мішеней W_xCu_y ($x = 0 \div 100$, $y = 100 - x$), виготовлених шляхом пресування суміші дрібнодисперсних порошків цих металів. Виявлено вплив параметрів розряду на інтенсивність спектральних ліній, що відповідають випромінюванню, випущеному збудженими розпиленими частинками мішені. Запропоновано механізм корекції впливу параметрів розряду на концентраційні залежності.

1. I.A. Afanasieva, V.V. Bobkov, V.V. Gritsyna, et al., Vacuum 149 (2018) 124-128.

22. ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

В.П.Тимофеев¹, D.G.Park²

¹ФТИНТ им. Б.И.Веркина НАН Украины, Харьков

²KAERI, Yuseong P.O. Box 105, Daejeon, 305-600, Republic of Korea (South)

Магнитные бесконтактные методы неразрушающего контроля (NDT) используются для обнаружения деградации в материалах трубопроводов АЭС. СКВИД - самый чувствительный датчик локального магнитного поля. Наш магнитометр на основе ВТСП (высокотемпературного сверхпроводящего) СКВИДа имеет отношение регистрируемого магнитного момента m к максимальному выходному напряжению $k \approx 8 \times 10^{-8}$ А·м²/В и для охлаждения датчика необходим только жидкий азот. Магнитометр применяли для измерения усталостных характеристик нержавеющей стали (НС) типа 316L(N) с содержанием азота от 0,04% до 0,15%. Испытания на малоцикловую усталость с контролем деформации (LCF) проводились при температуре до 600 °С. Усталостная долговечность уменьшалась с увеличением температуры испытания до 500 °С, но увеличивалась при 600 °С из-за структурных преобразований. Изменение m при испытании LCF связано с микродефектами, вызванными напряжением. Сталь тип 304SS, широко используемая на АЭС, немагнитна при нормальных условиях, но переходит в ферромагнитное состояние в результате мартенситного превращения при усталостных повреждениях. Для образцов НС 304SS m был проанализирован при различных скоростях холодной обработки (CWR). Он растет с увеличением CWR, и у образцов 1,5% деформации он был больше в 10 раз, чем у исходных. Характеристики LCF образцов стали SA508 корпуса реактора высокого давления были исследованы с помощью сканирующего 3D магнитометра.

23. ХОЛОДНЫЕ НЕЙТРОНЫ В БОРЬБЕ С КРОНАВИРУСОМ COVID-19

Б.В. Борц¹, В.И. Ткаченко^{1,2}

¹ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

Коронавирус Covid-19 погибает при 37 °С на второй день, при 56 °С - через полчаса, а при увеличении температуры до 70 °С - время его инактивации составляет около 5 минут. Температура инактивации вируса соответствует энергии $2,96 \cdot 10^{-2}$ эВ.

В докладе описаны основные параметры коронавируса и предложены возможные физические способы его идентификации и инактивации.

Известно, что радиус оболочки коронавируса R находятся в диапазоне 50 нм - 60 нм. В упрощенном виде наружное тело коронавируса представляет собой белковую мембрану с липосодержащей внешней сферической оболочкой, заполненной RNA и N протеином в виде спирали. Внутреннее наполнение вируса условно можно рассматривать как эквивалентная тяжелая жидкость

(ЭЖ), плотность которой ρ_{ef} значительно выше плотности воды. В жизненном

цикле вируса существует интервалы времени, когда он находится вне клетки в тканевой жидкости (ТЖ). Когда вирус проникает внутрь клетки, то он некоторое время находится в цитоплазме (ЦП) клетки. ТЖ и ЦП состоят в основном из воды.

В пренебрежении вязкостью ЭЖ, ТЖ и ЦП, для исчезающе малой плотности ТЖ и ЦП можно записать полученную Рэлеем незатухающую наименьшую собственную частоту колебаний сферической капли в ТЖ или ЦП, которая заключена в белковую мембрану с липосодержащей внешней сферической

оболочкой с поверхностным натяжением σ_1 ; $\omega = \sqrt{8\sigma_1 / \rho_{\text{ж}} R^3}$.
Определяя поверхностное натяжение липидной оболочки соотношением Толмена, для плотности ЭЖ, превышающей плотность воды, оценим энергию наименьшей частоты собственных колебаний сферической капли величиной порядка 10^{-5} эВ.

Если энергия нейтрона сравнима с энергией атома водорода, входящего в состав колеблющейся оболочки вируса, то взаимодействие отдельного нейтрона с такой колебательной системой будет сопровождаться его резонансным рассеянием на атомах водорода. Поэтому рассеяние нейтронов малых энергий (холодных нейтронов с энергией порядка 10^{-5} эВ) будет свидетельствовать о присутствии в организме вируса.

Если учесть резонансный характер взаимодействия нейтрона с колеблющейся оболочкой вируса, то амплитуда колебаний последней будет нарастать линейно со временем с передачей в каждом акте рассеяния порядка половины энергии налетающего нейтрона, что при продолжительных во времени воздействиях может привести к достижению энергии инактивации вируса.

24. ПРОБОПОДГОТОВКА ОСМИЯ ДЛЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Б.В. Борц¹, С.Ф. Скоромная¹, В.И. Ткаченко^{1,2}

¹ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина;

Для сверхкритической флюидной экстракции диоксидом углерода (СФЭ - CO₂) осмия из матрицы, содержащей мелкие частички осмия, необходимо провести предварительную пробоподготовку с целью создания химических соединений, растворимых в сверхкритическом флюиде (СК - CO₂).

Известно, что азотная кислота действует на осмий только в том случае, если он тонко измельчен. Исходя из перечисленных выше свойств осмия, первым шагом пробоподготовки является взаимодействие концентрированной азотной кислоты с его порошкообразными частицами.

В результате такой химической реакции вода принимает вид микрокапель (нанореакторов), а неполярный оксид осмия (VIII) (OsO₄) образует циклические эфиры осмиевой кислоты H₂OsO₄ по двойным углеродным связям (C=C)

неполярного растворителя СК - CO₂. Если учесть тот факт, что оксид осмия (VIII) умеренно растворим в воде, с которой он обратимо реагирует с образованием Os(H₂O)₂O₄, то практически весь оксид осмия будет переведен в СК-CO₂ и микрокапли воды.

Медленный сброс флюида в герметичную камеру при стандартных условиях обеспечивает перевод оксид осмия (VIII) в твердую фазу, из которой известными способами можно выделить осмий.

25. ЭМИССИЯ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ С ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВОВ ПРИ НАЛИЧИИ ХЕМОСОРБИРОВАННОГО ВОДОРОДА

И.И. Оксенюк, В.А. Литвинов, Д.И. Шевченко, В.В. Бобков

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

В данной работе представлены результаты исследований эмиссии вторичных ионов с поверхности сплава TiFe и ряда сплавов на основе циркония, полученные при изучении взаимодействия сплавов с водородом методом ВИМС. Установлено, что наличие на поверхности сплавов хемосорбированного водорода приводит к эмиссии ионов H⁺ и ионов гидридов типа MenHk[±]. Установлено, что выходы водородосодержащих ионов в общем случае нелинейно зависят от концентрации водорода на поверхности. Обнаружено, что наличие на поверхности сплавов хемосорбированного водорода также влияет на выходы некоторых атомарных и кластерных вторичных ионов металлов.

Сравнение результатов, полученных для Zr-, Fe- и Ti-содержащих вторичных ионов, распыленных с поверхности сплавов, содержащих эти металлы, показало, что характер влияния концентрации водорода на выходы атомарных и кластерных ионов, не изменяется при эмиссии таких ионов из различных сплавов. Для водородосодержащих вторичных ионов с цирконием, железом и титаном масс-спектры, относительные величины выходов и зависимости выходов от концентрации водорода также существенно не отличаются при эмиссии таких ионов из различных сплавов. Для ряда вторичных ионов, полученные результаты дают основания полагать, что при ионной бомбардировке исследуемых материалов механизм приобретения заряда распыленными с их поверхности ионами Me_n⁺ и Me_nH_m⁺ одинаков.

26. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА РЕГЛАМЕНТАЦІЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ОСНОВНИХ ТИПІВ ДЕФЕКТОУТВОРІВ У ТЕПЛОБІМІННІЙ ТРУБЧАТЦІ АЕСУ

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

¹ІНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Фактологічною основою розробки планів майбутніх контролів теплообмінних трубок (ТОТ) парогенераторів ПГВ 1000М АЕС України є щорічний моніторинг дефектоутворів у ТОТ парогенераторів з використанням

вихрострумове контролю і концентрація в ННЦ ХФТІ даних багатолітніх вимірів у вигляді репрезентативної (понад 10^6 вимірів) Бази Даних, що дає можливість забезпечити ефективний вибір зон відповідного неповного контролю. Для опису еволюції дефектоутворів з використанням накопичених даних та урахування особливостей процедур вимірювання створені математична модель та алгоритми просторового та часового опису дефектоутворів ТОТ і проведена відповідна математична обробка Бази Даних вимірів. Статистичний аналіз просторових та часових особливостей дефектоутворів у ТОТ виявив системні зміни кількісних характеристик дефектоутворів по необхідній для них періодичності контролю за роки експлуатації. Такі зміни розглянуті з урахуванням норм та правил регламентуючої документації. Проведені дослідження можуть бути використані для оптимізації планування періодичних контролів труб парогенераторів ПГВ-1000М, модифікації процедур та обсягів контролю.

27. ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

С.В.Барбаишев

Одесский национальный политехнический университет, Украина

Для защиты здоровья людей и охраны окружающей среды в районах расположения ядерно-физических установок (ЯФУ) устанавливаются специальные защитные территории – санитарно-защитные зоны (СЗЗ), которые по своему функциональному назначению являются защитным барьером, обеспечивающим безопасность населения при различных режимах работы ЯФУ.

Размеры СЗЗ для ЯФУ I и II классов опасности устанавливаются на основании специальных нормативных документов с учетом только радиационного фактора воздействия на окружающую среду и человека, уровень которого определяется на основании дозового критерия. При этом факторы нерадиационной природы не рассматриваются. А они, в совокупности с ионизирующей радиацией (сочетанное воздействие), могут увеличить вероятность наступления негативных последствий от воздействия вредных факторов на человека, т.е. увеличить величину риска. При определении размеров СЗЗ ЯФУ это потребует введения дополнительных к дозовому критерию также критериев и по нерадиационным факторам.

В этом случае, определение границ СЗЗ возможно только в результате анализа, сопоставления и расчета многих параметров, характеризующих окружающую среду и АЭС. Размеры СЗЗ при этом разумно оценивать с помощью экспертных систем (ЭС).

На кафедре АЭС ОНПУ была создана ЭС, предназначенная для определения границ СЗЗ АЭС. При создании ЭС взята фреймовая модель представления знаний, а в качестве базового инструментального средства – объектно-

ориентированный язык C^{++} . Для установления размеров СЗЗ были взяты дозовый критерий и критерии по химическим (ПДК) и нерадиационным физическим факторам (ПДУ).

28. ВПЛИВ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ В ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ ННЦ ХФТІ

Богонос Н.О.

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

Розглядається ймовірність впливу пожежі на території Чорнобильської зони відчуження, яка трапилась у квітні 2020 року, на об'єкти довкілля Харкова за умови переміщення повітряних мас, забруднених радіоактивними речовинами, над територією міста. Описана хронологія події із визначенням об'ємної активності ^{137}Cs у приземному шарі атмосфери в Чорнобильській зоні. Використовуючи архівні дані Харківського регіонального центру з гідрометеорології, зроблена детальна вибірка інформації щодо напрямків та швидкості вітру, які спостерігалися у м. Харкові, з урахуванням наявності планшетів, установлених до початку пожежі з 27 лютого до 03 квітня, і за час пожежі з 04 до 16 квітня 2020 р. Наведено інформацію щодо результатів моніторингу стану повітря в приземному шарі атмосфери на території промайданчика ННЦ ХФТІ за період 2015–2019 рр. та у 2020 р. під час пожежі.

На підставі отриманих даних можна зробити висновок, що за певних метеорологічних умов надзвичайні ситуації в Чорнобильській зоні відчуження безперечно впливають на радіоекологічний стан довкілля у Харкові.

29. РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ЗАЩИТЫ ИЗ СТАЛИ И СПЛАВА W И Со

Мазилев А.А., Верещака В.Н., Деев А.С., Помацалюк Р.И., Яремко О.И.

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

Проведены расчеты толщины радиационной защиты многослойной сборкой, состоящей из слоев стали, сплава кобальта и карбида вольфрама, эквивалентной 35 см стали от источника β -излучения энергией 9 МэВ.

С помощью программного пакета Geant построена компьютерная модель эксперимента. Показано, что эффективность защиты возрастает, в случае расположения легким материалом к источнику излучения. Для слоистой структуры эффективность защиты падает с уменьшением толщины слоев и приближается к гомогенной. Согласно компьютерной модели эквивалент радиационной защиты стали толщиной 35 см будет сборка толщиной ~ 26 см.

Для полноты исследований проведен эксперимент на ускорителе ЛУЭ-10 ННЦ ХФТИ. Энергия электронов на выходе ускорителя – 9,2 МэВ. Мощность поглощенной дозы на выходе пучка определялась с помощью детекторов Harwell Red 4034 и составляла 17,5 кГр/с. Длительность облучения – 5 минут.

Дозу за мишенью измеряли с помощью термолюминесцентных детекторов (ТЛД дозиметры).

Показано, что экспериментальные данные хорошо коррелируют с расчетом – согласно эксперименту толщина сборки должна составлять ~25 см.

30. DROSOPHILA MELANOGASTER КАК БИОИНДИКАТОР ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Скоробагатько Д.А., Ткаченко В.Н.

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

Экологический мониторинг как правило представляет собой замеры содержания вредных веществ в окружающей среде, а затем сравнение полученных данных с нормативами. Однако этот подход не очень хорошо предсказывает конкретные биологические эффекты в силу сочетания действия на организм множества факторов и сложных путей реализации этих эффектов на разных уровнях экосистемы. Поэтому более информативным для оценки воздействий окружающей среды является биомониторинг – анализ показателей у организмов, подвергшихся этим воздействиям.

Есть два подхода для биомониторинга. Первый подразумевает воздействие факторов на модельный объект в лаборатории (проращивание семян в водных вытяжках из анализируемой почвы, добавление различных экстрактов в корм животным и т.д.). Второй подход – отлов животных или сбор растений в конкретной местности и анализ их параметров.

Одним из повсеместно распространенных видов является плодовая мушка дрозофила, которая в силу своей изученности, быстрого размножения и легкости содержания представляет собой отличный объект для анализа. Показателей, которые можно учитывать у дрозофил, множество. Это плодовитость мух, эмбриональная смертность, хромосомные перестройки, количество видимых мутаций, изменение геометрии крыла и т.д. Исходя из этого можно утверждать, что *Drosophila melanogaster* безусловно является ценным инструментом для биотестирования, что подтверждается ростом количества исследований состояния окружающей среды с использованием дрозофилы.

31. О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛАБОРАТОРИИ РИиООС В ПРОВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕСТНОСТИ

Мазилев А.А., Скоробагатько Д.А., Сосипатров М.В., Ткаченко В.Н.

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

В окружающей среде на организм воздействует множество стрессовых факторов. При комплексном действии нескольких факторов эффекты от них накладываются один на другой и могут отличаться от простой суммы слагаемых.

Поэтому исследования комбинированного воздействия таких нагрузок, т.е. комплексного воздействия среды, принципиально важны для определения общего состояния экосистемы.

Полная оценка степени радиозекологической опасности в настоящее время должна проводиться двумя группами методов, дополняющих друг друга: физико-химических и биологических. Биомониторинг позволяет оценить степень влияния суммы факторов на уровне живого организма и обладает более точной предсказательной способностью относительно вреда для человека, а методы биотестирования зачастую значительно чувствительнее химических методов анализа.

Одним из основных направлений деятельности Лаборатории РИиООС является радиозекологический мониторинг влияния технологических процессов ННЦ ХФТИ на состояние окружающей среды (атмосферный воздух, воздух рабочей зоны, сточные воды).

В докладе рассматриваются технические возможности Лаборатории РИиООС для проведения комплексных исследований радиозекологического состояния местности с использованием физико-химических методов и методов биоиндикации системы почва-растения-животные.

32. ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ РАДОНОНЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Титаренко О.В.¹, Дудар Т.В.², Фаррахов О.В.³

¹ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАНУ, Київ

²Національний авіаційний університет, Київ

³ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища» НАНУ, Київ

В контексті Основних норм безпеки ЄС (Директива ЄС 59/2013, Стаття 103 § 3), де вимагається ідентифікувати потенційно радононебезпечні території, автори пропонують використовувати геопросторовий аналіз для моделювання радононебезпечних зон. Базовими параметрами для початкової стадії картування потенційно радононебезпечних зон розглядаються просторова щільність розломів та просторова щільність лінементів різних порядків. Інші параметри підключаються для більш детального аналізу в залежності від конкретної локації, що розглядається. Така методика була апробована авторами для території Кропивницького району, де виявлено численні родовища та рудопрояви уранової мінералізації. Аналіз отриманих карт показує кореляцію найбільш радононебезпечних ділянок із зонами високої просторової щільності розломів та лінементів та підтверджуються даними безпосередніх замірів радону в приміщеннях в місті Кропивницький.

Геологічний аналіз території Київської області показує наявність зон розривних порушень різного порядку, перспективність пошуку радонових вод у Дніпровській зоні розривних порушень та північно-східній частині області тощо.

Вважаємо, що алгоритм оцінки ступеня радонобезпеки території повинен обов'язково передбачати геопросторовий аналіз території дослідження. Аналіз структури житлового фонду, визначення найбільш типових інженерно-планувальних рішень будівель, безпосереднє вимірювання радону в будівлях, розрахунок радіаційних ризиків для населення від радону повинні проводитись з урахуванням виділення радононебезпечних зон за геолого-геофізичними даними з використанням геоінформаційних технологій.

33. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ПОТОКІВ ШВИДКИХ І ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ З ВОДНИМИ РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ

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

ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

У роботі проводилося дослідження процесів взаємодії швидких, теплових і епітеплових нейтронів з водним і спиртовим розчинами органічних барвників: метиленовий синій (МС) - $C_{16}H_{18}N_3Cl$ і метиловий оранжевий (МО) - $C_{14}H_{14}N_3O_3SNa$. Опромінення проводилося на прискорювачі електронів ЛПЕ-300. Вольфрамова мішень опромінювалася пучком електронів з енергією 15 MeV і потужністю 300 Вт. Пробірки з розчинами органічних барвників встановлювалися перпендикулярно осі проходження електронного пучка на відстані 10 см від мішені, яка виробляє нейтрони. При цьому, в місці розташування опромінюваних об'єктів було отримано потік нейтронів щільністю 10^7 н / (см² с), Повний потік нейтронів в експерименті становив 10^{11} н / см². У роботі було проведено кілька експериментів: опромінювані об'єкти були встановлені з 5-ти сантиметровим свинцевим захистом без отоплювача і з 5-ти сантиметровим свинцевим захистом з 4 см поліетиленового отоплювача. Наведено аналіз оптичних спектрів поглинання всіх досліджених зразків. При встановленні свинцевого захисту без отоплювача спостерігався 10 - відсотковий розвал молекул барвника за рахунок їх взаємодії з потоками швидких нейтронів. Після встановлення за свинцевим захистом 4 см поліетиленового отоплювача, розвалу молекул барвника на теплових нейтронах, практично, не спостерігалось. При додаванні в розчині 4% борної кислоти, при взаємодії з потоками теплових і епітеплових нейтронів спостерігався додатковий 30% розвал молекул барвника за рахунок захоплення теплових нейтронів ядрами бору з подальшим розвалом на ядро літію і високоенергетичну α - частинку, взаємодія яких з розчином, в свою чергу, призводило до додаткового руйнування молекул органічних барвників.

34. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОНІВ І ГАММА-КВАНТІВ В ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ (8-25 MeV)

З ОСАДЖЕНИМИ НА САПФІРОВИХ ПІДКЛАДЦЯХ РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ

*О.Ю. Буки, С.П. Гоков, С.О. Каленик, Ю.Г. Казарінов, В.В. Кантеміров,
В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, О.О. Мазілов, В.В. Цяцько, Є.В. Цяцько*

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

У даній роботі досліджувалася радіаційна стійкість осажденного на підкладку з сапфіру спиртового розчину органічного барвника: діамантового зеленого - $C_{27}H_{34}N_2O_4S$ при його опроміненні високоенергетичними електронами та гамма-квантами.

Опромінення проводилося на електронному прискорювачі ЛПЕ – 300, енергія електронів становила 8, 15, та 25 МеВ, доза опромінення 10-1200 МРад в залежності від зразка. Для виключення впливу на зразок умов навколишнього середовища він покривався лаком. Контроль поглиненої дози здійснювався за допомогою плівкових дозиметрів. Температура зразків при опроміненні не перевищувала 30 °С, контроль температури проводився з використанням термопарного датчика.

При аналізі спектрів поглинання було встановлено, що осаджений розчин барвника має на порядок більшу радіаційну стійкість порівняно з рідкими розчинами.

У діапазоні доз 10-1200 Мрад (при електронному опромінуванні) зразки показали зміну оптичної густини поглинання від дози за експоненційним законом. При опроміненні гамма-квантами (поглинена доза 6 Мрад) спектри поглинання також змінюють оптичну густину на 10 %.

Проведені дослідження довели що дані зразки можуть застосовуватися в якості детекторів іонізуючого випромінювання (електронне опромінення), причому діапазон вимірюваних доз в де кілька разів перевершує наявні світові аналоги.

35. НЕЛИНЕЙНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРОТОСОЛНЕЧНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ЗАРОЖДЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Г.А. Ткаченко¹, В.И. Ткаченко^{1,2}

¹Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

²ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

Из анализа современного процентного содержания водорода и гелия в Солнечной системе можно сделать вывод, что на начальном этапе ее зарождения на первоначально однородном фоне их распределения существовали колебания плотности. При этом, следуя гипотезе Ларина, все химические элементы Солнечной системы в момент зарождения находились в ионизированном состоянии. Из наблюдаемых данных видно, что пространственные колебания содержания водорода и гелия имеют большую амплитуду, и происходят

практически в противофазе. Колебания же содержания остальных элементы Солнечной системы не могут быть прослежены из-за отсутствия наблюдательных данных.

В работе сделано предположение, что нелинейные колебания плотности легких газов происходили под действием электромагнитных волн, которые присущи ионизированным средам, в рассматриваемом случае многокомпонентную плазму, состоящую из водорода и гелия [1]. Именно нелинейные волновые процессы в многокомпонентной плазме могут приводить к возникновению колебаний плотности ионизированного вещества большой амплитуды.

1. Электродинамика плазмы, «Наука». – М.: 1974. 720 с.

УДК 539.1; 621.38

Тези доповідей XVIII Конференції з фізики високих енергій, ядерної фізики та прискорювачів, що видаються, становлять інтерес для фахівців у галузі фундаментальних досліджень при проміжних і високих енергіях; досліджень структури ядра в реакціях на заряджених частинках; застосування ядерно-фізичних методів у суміжних науках; досліджень та розробки прискорювачів і накопичувачів заряджених частинок; фундаментальних досліджень з метою розвитку ядерно-фізичних методик для потреб атомної енергетики, медицини і промисловості; застосування комп'ютерних технологій в фізичних дослідженнях; фундаментальних досліджень процесів взаємодії ультрарелятивістських частинок з монокристалами і речовиною; фізики детекторів.

Редакційна колегія:

Доктор фіз.-мат. наук Г.Д. Коваленко – редактор

Кандидат фіз.-мат. наук В.Б. Ганенко – зам. редактора

Доктор техн. наук, проф. М.А. Хажмурадов

Доктор фіз.-мат. наук М.П. Дикий

Кандидат фіз.-мат. наук М.І. Маслов

Кандидат фіз.-мат. наук В.Й. Касілов

І.Л. Семісалов – відповідальний секретар

Друкуються за рішенням Редакційної колегії Тез доповідей XIX Конференції з фізики високих енергій та ядерної фізики відповідно до рекомендації Вченої ради ІФВЕЯФ ННЦ ХФТІ від 12 березня 2021 року.

© Національний науковий центр
«Харківський фізико-технічний інститут»
(ННЦ ХФТІ), 2021