

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Физика ядра и элементарных частиц.

1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЧАСТИЯ ННЦ ХФТИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS

*К.А.Клименко, А.А.Куров, Л.Г. Левчук, С.Т.Лукьяненко, В.Ф.Попов,
А.С.Приставка, Д.В.Сорока, Л.С.Ковалева, А.Л.Беспалов.....*22

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА КОРОТКОЖИВУЩИХ ЧАСТИЦ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ ЦЕРН

*А.Ю. Корчин.....*23

3. РОЖДЕНИЕ ЧАРМОНИЕВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРОТОНОВ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ ЦЕРН

*В.В. Котляр.....*24

4. КАЛИБРОВОЧНЫЙ ПРИНЦИП И «ВЫСШАЯ» ФИЗИКА

*В.Ф. Клепиков, А.В. Бабич, А.Р. Шимановский.....*24

5. РАССЕЯНИЕ ЧАСТИЦ ДЕФОРМИРОВАННЫМИ ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ

*А. М. Арсланалиев.....*25

6. О ТЕКУЩИХ КРИЗИСАХ В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ И АСТРОФИЗИКЕ

*А. Ю. Нурмагамбетов.....*26

7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАНДАУ: ЮБИЛЕЙ, ИСТОРИЯ, РАЗВИТИЕ

*Е.В.Буляк, Н.Ф.Шульга.....*26

8. ПРО РАДІАЦІЙНИЙ РОЗПАД ПОЛЯРИЗОВАНОГО τ - ЛЕПТОНА

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

9. ПРОЯВ ТЕМНОГО ФОТОНУ В ТРИПЛЕТОПОДІБНИХ КЕД ПРОЦЕСАХ

$\gamma + l_i \rightarrow l_j^+ l_j^- + l_i, i \neq j, i=e, \mu, j=e, \mu, \tau$

*Г.І. Гах, М.І. Кончатний, М.П. Меренков, Егле Томасі-Густавссон.....*27

10. О РАССЕЯНИИ БЫСТРЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА КОРОТКОМ ПУЧКЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ <i>Шульга Н.Ф., Корюкина В.Д.</i>	28
11. КОРРЕЛЯЦИИ В РОЖДЕНИИ b -КВАРКОВ И W -БОЗОНОВ В РАССЕЯНИИ ПРОТОНОВ <i>В.В. Котляр</i>	28
12. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В ПАРУ ТОП-КВАРКОВ ПРИ ЭНЕРГИИ КОЛЛАЙДЕРА SLIC <i>И.В. Трутень, А.Ю. Корчин</i>	29
13. ДЕФОРМАЦИЯ АТОМНОГО ЯДРА И ТЕОРИЯ ЛАНДАУ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ <i>А.Н. Водин, Л.П. Корда, В.Ю. Корда, А.С. Молев, В.Ф. Клепиков</i>	29
14. ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЭЛЕКТРОСЛАБОГО НАРУШЕНИЯ СИММЕТРИИ ПРИ РАСПАДЕ БОЗОНА ХИГГСА НА ЧЕТЫРЕ ФЕРМИОНА <i>Т. Обиход, Е. Петренко</i>	30
15. УСЕРЕДНЕННЫЙ ОПИС ГАММА-ПЕРЕХОДОВ В АТОМНЫХ ЯДРАХ АНАЛИТИЧНЫМИ ВИРАЗАМИ ДЛЯ ФОТОННИХ СИЛОВИХ ФУНКЦІЙ <i>В.А. Плюйко, О.М. Горбаченко, К.М. Солодовник</i>	31
16. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ <i>С.С. Стародуб</i>	32
17. ОБ УРАВНЕНИЯХ ДЛЯ ЧАСТИЦ СО СПИНОМ $3/2$ И 2 БЕЗ ЛИШНИХ КОМПОНЕНТ <i>Симулик В.М.</i>	32
18. О ФЕРМИОННЫХ И БОЗОННЫХ СИММЕТРИЯХ УРАВНЕНИЯ ДИРАКА ВО ВНЕШНЕМ КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ ЯДРА <i>В.М. Симулик</i>	33
19. АСИМПТОТИКА ФУНКЦІЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРИ $A(p)$ <i>В.І. Жаба</i>	33
20. ПРО СИНГУЛЯРНИЙ РОЗВ'ЯЗОК РІВНЯННЯ ШРЕДІНГЕРА <i>А.І. Гайсак, І.І. Гайсак</i>	34

21. ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ ТА СПАРЮВАННЯ
ТОТОЖНИХ НУКЛОНІВ В АДАБАТИЧНОМУ НАБЛИЖЕННІ
В.В. Гриньов, Р.М. Плекан, В.Ю. Пойда.....34

22. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЯДЕР СВИНЦА И
НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
Ю.А. Аминов.....35

23. ПОИСК ПРЯМОГО РОЖДЕНИЯ ПАР ЧАРДЖИНО НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS
Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко.....35

Секция 2. Фундаментальные исследования при промежуточных и высоких энергиях.

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКЕ В
ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ ЭЛЕКТРОНОВ ДО 90 МЭВ
В.Б.Ганенко, В.И.Касилов, Г.Д.Коваленко, Н.И.Маслов, И.Л.Семисалов.....36

2. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ В ЗВЁЗДАХ, В ЛАБОРАТОРИЯХ, В
КОМПЬЮТЕРАХ
Е. А. Скакун.....37

3. ВЫХОДЫ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ^{181}Ta ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 84,9$ и
90,5 МэВ
*А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан, В.О. Гамов,
Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко,
С.А. Пережогин*.....38

4. ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ДЛЯ ПРОДУКТОВ ФОТОЯДЕРНОЙ
РЕАКЦИИ ($\gamma, 3n$) НА МАРГАНЦЕ
*О.А. Бесшейко, А.Н. Водин, Л.А. Голинка-Бесшейко, А.В. Котенко, В.А. Кушнир,
Т.В.Повар, В.В. Митроченко, С.Н. Олейник, С.А. Пережогин, С.Vallerand
(С. Валеранд)*.....39

5. ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИИ $^{58}\text{Ni}(\gamma, n\alpha)^{52\text{m.g}}\text{Mn}$
*О.А. Бесшейко, А.Н. Водин, Л.А. Голинка-Бесшейко, А.В. Котенко, В.А. Кушнир¹,
Т.В.Повар, В.В. Митроченко, С.Н. Олейник, С.А. Пережогин, С.Vallerand
(С.Валеранд)*.....39

6. ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИИ $^{103}\text{Rh}(\gamma,4n)^{99\text{m.g}}\text{Rh}$ <i>О.А. Бесшейко, А.Н. Водин, Л.А. Голинка-Бесшейко, И.Н. Каденко, А.В. Котенко, В.А. Кушнир, А.А. Палиничак, Т.В.Повар, В.В. Митроченко, С.Н. Олейник, С.А. Пережогин, С. Vallerand (С.Валеранд)</i>	40
7. ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОЧАСТИЧНЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ В НИК «УСКОРИТЕЛЬ» ННЦ ХФТИ <i>Н.И. Айзацкий, О.А. Бесшейко, А.Н. Водин, Л.А. Голинка-Бесшейко, А.С. Деев, И.Н. Каденко, А.С. Качан, В.Ю. Корда, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.Н. Олейник, О.А. Репихов, И.С. Тимченко, Б.И. Шраменко, С. Vallerand (С. Валеранд)</i>	41
8. О ВОЗМОЖНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ <i>В.А. Цымбал, А.Ф. Стоянов, Э.Л. Купленников, А.Н. Водин, А.С. Деев, С.Н. Олейник, С.С. Кандыбей</i>	42
9. СРЕДНИЕ СЕЧЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИЯХ $^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89\text{m.g}}\text{Nb}$ И $^{93}\text{Nb}(\gamma,5n)^{88\text{m.g}}\text{Nb}$ ДО $E_{\gamma\text{max}} = 91$ МэВ <i>А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.А. Пережогин, Н.Н.Пилипенко</i>	42
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ МНОГОЧАСТИЧНОЙ РЕАКЦИИ $^{27}\text{Al}(\gamma,2\text{pn})^{24}\text{Na}$ ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 31,5 \div 100$ МэВ <i>А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, В.О. Гамов, А.С. Качан, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.А. Пережогин</i>	43
11. СЕЧЕНИЯ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ $^{93}\text{Nb}(\gamma,n)^{92\text{m.t}}\text{Nb}$ И $^{93}\text{Nb}(\gamma,3n)^{90\text{t}}\text{Nb}$ ПРИ ГРАНИЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ $E_{\gamma\text{max}} = 36 \div 91$ МэВ <i>А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.А. Пережогин, Н.Н.Пилипенко</i>	44
12. СЕЧЕНИЯ ФОТОЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ $^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$ ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 30 \div 100$ МэВ <i>А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, В.О. Гамов, А.С. Качан, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.А. Пережогин</i>	44

13. НЕПРУЖНЕ РОЗСИЮВАННЯ ФОТОНІВ НА ЯДРІ ^{137}Ba <i>В. М. Мазур, З. М. Біган, П. С. Деречкей, О. М. Турховський</i>	45
14. ПОВНИЙ ПЕРЕРІЗ РЕАКЦІЇ (γ, n) НА ЛЕГКИХ ІЗОТОПАХ ТЕЛУРУ І ЦЕРІЮ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЙ ГАММА-КВАНТІВ 9 – 18 меВ <i>В. М. Мазур, П. С. Деречкей, З. М. Біган, М. В. Гошовський</i>	46
15. ЗМІНА ТОПОЛОГІЇ ВИХОДІВ УЛАМКІВ ПОДІЛУ АКТИНІДНИХ ЯДЕР ПРИ ВРАХУВАННІ ЕМІСІЇ ЯДЕРНИХ ЧАСТИНОК <i>В. Т. Маслюк, О. О. Парлаг, М. І. Романюк, О. І. Лендел, О. М. Поп</i>	46
16. ТОНКА СТРУКТУРА ВИХОДІВ УЛАМКІВ ПОДІЛУ АКТИНІДНИХ ЯДЕР (^{232}Tl , ^{241}Am) <i>В. Т. Маслюк, М. І. Романюк, О. О. Парлаг, А. Д. Скорбун</i>	47
17. ФОРМИРОВАНИЕ ПУЧКОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ФОТОНОВ ДВУХСЛОЙНОЙ МИШЕНЬЮ ($\text{Ta} + \text{V}_4\text{C}$) НА МИКРОТРОНЕ М-30 ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РЕАКЦИЙ ФОТОДЕЛЕНИЯ АКТИНИДОВ <i>О. О. Парлаг, В. Т. Маслюк, И. В. Пилипчинец, Е. В. Олейников, А. И. Лендел, Н. И. Романюк, В. М. Головей</i>	47
18. ВЫХОДЫ ПРОДУКТОВ ФОТОДЕЛЕНИЯ ЯДРА ^{241}Am ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ТОРМОЗНЫХ ФОТОНОВ 14.5 МЭВ <i>О. О. Парлаг, В. Т. Маслюк, Е. В. Олейников, И. В. Пилипчинец, А. И. Лендел, Й. Й. Гайнши</i>	48
19. КОНТРОЛЬ СООТНОШЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ИОНОВ, УПАВШИХ НА ОБРАЗЕЦ И СТАНДАРТ, ПРИ АНАЛИЗЕ МАТЕРИАЛОВ НА НИЗКОИНТЕНСИВНОМ ПУЧКЕ ДВУХЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ГЕЛИЯ <i>В. Н. Бондаренко, В. В. Левенец, В. И. Сухоставец, С. Н. Утенков, К. В. Шебеко</i>	49
20. ФОТОРАСЩЕПЛЕНИЕ ЯДРА ^{12}C ЛИНЕЙНО-ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ ФОТОНАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 40-80 МЭВ <i>В. Б. Ганенко, Д. Д. Бурдейный</i>	49
21. ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ НЕЙТРОННОГО СПІНОВОГО ФІЛЬТРУ НА ОСНОВІ ПОЛЯРИЗОВАНОГО ^3He У МАГНІТНИХ ПОЛЯХ <i>А. А. Беляев, О. О. Луханін, О. О. Луханін, В. П. Попов, Є. О. Споров</i>	50

22. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ $^{16}\text{O}(\gamma, p)^3\text{H}^3\alpha$ И $^{16}\text{O}(\gamma, n)^3\text{He}3\alpha$ ПРИ $E_{\gamma}^{\text{макс}}=150$ МэВ <i>Афанасьев С.Н., Догюст И.В.</i>	51
23. ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ЯДРА ^{12}C ПРИ $q = 1,1 \div 1,5$ фм ⁻¹ <i>А.Ю. Буки, И.С. Тимченко</i>	51
24. ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА ПО ПЕРЕДАННОЙ ЭНЕРГИИ <i>А.Ю. Буки, И.С. Тимченко</i>	52
25. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЧЁТЧИКА ЧАСТИЦ <i>А.Ю. Буки</i>	53
26. ^4He ПОЛЯРИМЕТР <i>Ю.П. Ляхно</i>	53

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

1. ИЗМЕРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДАВЛЕНИЯ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОНОВ 1—3 ГэВ <i>Н.В. Бондаренко, О.О. Иващук, А.С. Кубанкин, Р.М. Нажмудинов, С.В. Трофименко, А.В. Щагин</i>	54
2. ОТКЛОНЕНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ, ДВИЖУЩИХСЯ В ИЗОГНУТОМ КРИСТАЛЛЕ В РЕЖИМЕ ПЛОСКОСТНОГО КАНАЛИРОВАНИЯ <i>И.В. Кириллин, Н.Ф. Шульга</i>	55
3. СПЕКТРЫ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ КАНАЛИРОВАННЫХ ЧАСТИЦ В ТОНКИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МИШЕНЯХ <i>С.В. Трофименко, И.В. Кириллин</i>	55
4. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ ПРИ НАЛИЧИИ КОГЕРЕНТНЫХ ЭФФЕКТОВ <i>С.В. Трофименко</i>	56

5. ВЛИЯНИЕ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКА ПОЗИТРОНОВ НА ПОВЕДЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАССЕЯНИИ НА УЛЬТРАТОНКОМ КРИСТАЛЛЕ. <i>С.Н. Шульга, Н.Ф. Шульга</i>	57
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Секция 4. Физика и техника детекторов излучений.

1. ОПТИМИЗАЦИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕКТОРА МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 5 КЭВ-10 МЭВ <i>В.Н. Дубина, С.К. Киприч, А.А. Каплий, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, И.Н. Шляхов, М.Ю. Шулика, Г.П. Васильев, В.И. Яловенко</i>	57
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

2. АКТИВАЦІЙНІ ДЕТЕКТОРИ НЕЙТРОНІВ <i>Гайсак І.І., Мартишичкін В.О., Окунєв О.Г., Фрадкін О.М</i>	58
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

3. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТИРУЮЩЕГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ ОДНОСТОРОННЕЙ КРЕМНИЕВОЙ ФОТОСЕНСОРНОЙ МАТРИЦЫ СО СЦИНТИЛЛЯТОРАМИ. <i>С.К.Киприч, Н.И.Маслов, И.Н.Шляхов</i>	59
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ. <i>Г.П. Васильев, А.А. Каплий, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, М.Ю. Шулика, В.И. Яловенко</i>	59
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

5. РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРА ДЛІЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУМЕРНЫХ МАТРИЦ И ОДНОКАНАЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ. <i>Г.П. Васильев, А.А. Каплий, С.К. Киприч, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, И.Н. Шляхов, М.Ю. Шулика, В.И. Яловенко</i>	60
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

6. ХАРЬКОВСКАЯ ТЕСТОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛІЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКИ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ Si ДЕТЕКТОРОВ И ДЕТЕКТОРНЫХ МАТРИЦ ДЛІЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ <i>Г.П. Васильев, А.А. Каплий, С.К. Киприч, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, И.Н. Шляхов, М.Ю. Шулика, В.И. Яловенко</i>	60
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

7. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ АЛЬФА-ЧАСТИЦ <i>В.Ф. Попов, А.А. Беляев, Л.С. Ковалёва, Л.Г. Левчук, А.А. Луханин, А.А. Луханин, Е.А. Споров</i>	61
8. ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ YAG:CE <i>В.Ф. Попов, Л.С. Ковалёва, Л.Г. Левчук, Е.А. Споров, А.Ю. Бояринцев, Н.З. Галунов, Н.Л. Караваева, А.В. Креч</i>	62
9. УСЛОВИЯ ОБЛУЧЕНИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСТРЕСКИВАНИЕ РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ <i>Н.З. Галунов, Н.Л. Караваева, А.В. Креч, Л.Г. Левчук, В.Ф. Попов, В.Л. Чергинец</i>	63
10. ЦИФРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ НА ИСТОЧНИКЕ ^{22}Na С ОСОБОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ <i>А.Б. Дудник, С.В. Крикля</i>	63

Секция 5. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц.

1. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАТУХАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ПРИ КОМПТОНОВСКОМ РАССЕЯНИИ В СТРУКТУРЕ НАКОПИТЕЛЯ С ЖЕСТКОЙ ВЧ-ФОКУСИРОВКОЙ. <i>П. Гладких, В. Скоморохов</i>	64
2. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЛУЭ-40 <i>Н.И. Айзацкий, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.А. Пережогин</i>	64
3. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКА В ИСТОЧНИКЕ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ <i>И.Г. Игнатьев, А.А. Дрозденко, М.И.Захарец, Р.А. Шулина</i>	65
4. ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К ПРОБОЯМ ПОВЕРХНОСТИ МЕДНЫХ ОБРАЗЦОВ С ПОКРЫТИЯМИ ИЗ НИТРИДА ТИТАНА. <i>В.А. Батурин, А.Ю. Карпенко, С.А. Ерёмин</i>	66

5. ИСТОЧНИК ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ИОНОВ НА ОСНОВЕ ПЕННИНГОВСКОГО РАЗРЯДА С ПОЛЫМ КАТОДОМ И ГАЗОМАГНЕТРОННЫМ ПОДЖИГОМ <i>П.А. Литвинов, В.А. Батулин, С.А. Пустовойтов, О.Ю. Роевко</i>	66
6. ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ВОДОРОДА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ <i>П.А. Литвинов, В.А. Батулин, С.А. Пустовойтов, О.Ю. Роевко</i>	67
7. ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ, РАБОТАЮЩИЙ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ <i>О.О. Иващук, А.В. Щагин, А.С. Кубанкин, А.В. Чепурнов, В.Ю. Иониди, В.И. Волков, В.С. Мирошник</i>	68
8. ВЫХОД ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ, ГЕНЕРИРУЕМОГО ПУЧКАМИ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 1–5 ГэВ <i>А.В. Щагин, Р.М. Нажмудинов, А.С. Кубанкин, С.В. Трофименко, А.П. Потылицын, А.С. Гоголев, Н.А. Филатов, G. Kube, N.A. Potylitsina-Kube, M. Stanitzki, R. Diener, A. Новокшионов</i>	68
9. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАГИРОВАННОГО ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ <i>А.В. Щагин, А.С. Кубанкин, Р.М. Нажмудинов, С.В. Трофименко, А.П. Потылицын, А.С. Гоголев, Н.А. Филатов, G. Kube, N.A. Potylitsina-Kube, M. Stanitzki, R. Diener, A. Новокшионов</i>	69
10. МЕХАНИЗМ ПОДАВЛЕНИЯ РОСТА ЭМИТТАНСА СГУСТКА ЭЛЕКТРОНОВ, УСКОРЯЕМОГО ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ В ПЛАЗМЕ <i>В.И. Маслов, Д.С. Бондарь, И.Н. Онищенко</i>	70
11. ЭФФЕКТ МАЛОГО ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОЗБУЖДЕНИЕ КИЛЬВАТЕРНОГО ПОЛЯ В ПЛАЗМЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ <i>Р.Овсянников, В.И.Маслов, И.Н.Онищенко</i>	70
12. ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗОНАНСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ КИЛЬВАТЕРНОГО ПОЛЯ В ПЛАЗМЕ НЕРЕЗОНАНСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ ОТ ИХ ДЛИН <i>В.И.Маслов, А.Бойченко, И.Н.Онищенко</i>	71

13. РЕКОНСТРУКЦІЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ІГ-410: ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ <i>С.Г. Карпуть, С.І. Панасенко, І.Д. Федорець, Ю.Ф. Щанов</i>	71
14. АНАЛИЗ РАБОТЫ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛУЭ-300 В 2019 ГОДУ <i>А.Ю. Буки, С.П. Гоков, С.А. Каленик, Ю.Г. Казаринов, С.Г. Карпуть, В.И. Касилов, В.Г. Кириченко, С.С. Кочетов, Г.И. Ледовской, Ю.П. Ляхно, Л.Д. Салий, А.В. Твердохвалов, И.С. Тимченко, В.М. Хвастунов, В.В. Цяцько, Е.В. Цяцько, О.А. Шопен</i>	72
15. РОЗРОБКА, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОПРОБУВАННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ НЕЙТРОНІВ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ <i>С. Гоков, В. Горбач С. Каленик, Ю. Казарінов, С. Карпуть, В. Кантеміров, В. Касілов, С. Кочетов, Е. Люхтан, В. Цяцько, Е. Цяцько, О. Шопен, О. Яресько</i>	73

Секция 6. Компьютерные технологии в физических исследованиях.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНТАКТАХ ДЖОЗЕФСОНА <i>В.Ю. Аксенова., И.Г. Марченко, В.И. Ткаченко</i>	74
2. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА С ПОМОЩЬЮ ЧАСТНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ <i>О.Л. Андреева</i>	74
3. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИМЕНЕНИИ К ГОМОГЕНИЗАЦИИ ЛЕГИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДУО СТАЛЕЙ <i>Л.С. Бозбей, Б.В. Борц, В.И. Ткаченко</i>	75
4. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ПОЛЯ И АКТИВАЦИИ ОБРАЗЦОВ В КАМЕРЕ ОБЛУЧЕНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ВОДНОЙ КОНВЕКЦИОННОЙ ПЕТЛИ ННЦ ХФТИ <i>А.С. Бакай, В.Н. Борискин, М.И. Братченко, С.В. Дюльдя</i>	76

5. ВЛИЯНИЕ КОНВЕРСИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГАРМОНИК В ГОФРИРОВАННОМ РЕЗОНАТОРЕ НА СТАРТОВЫЙ ТОК ГИРОТРОНА <i>Т.И. Ткачева, В.И. Щербинин, В.И. Ткаченко</i>	76
6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕН ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА AVINIT <i>О.И. Денисенко, С.В. Крикля</i>	77
7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ СПЕКТРІВ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ <i>О.В. Тахтасьєв, І.І. Гайсак, К. Катовські, Р.Р. Голомб, Ж. Хушвактов, О.О. Солнишкін</i>	78
8. ОРБИТАЛЬНИЙ РУХ МАГНІТНОГО ДИПОЛЯ В ОКОЛІ ОСІ НАДПРОВІДНОГО КІЛЬЦЯ <i>Зуб С.С., Ляшко С.І., Яловега І.Г., Мельник К.Е</i>	78
9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПОТОЧНОГО РЕЖИМА GEANT4 ДЛЯ ОЦЕНКИ АЛЬБЕДО НЕЙТРОНОВ <i>В. Григоренко, Т. Малыхина, С. Письменецкий</i>	79
10. GEANT4-МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ ФОТОНОВ В ТАНТАЛОВОМ КОНВЕРТЕРЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ ФОТОЯДЕРНЫМ СПОСОБОМ <i>В. Лисовская, Т. Малыхина</i>	79
11. АППРОКСИМАЦИЯ ПИКОВ В γ -СПЕКТРАХ АНАЛИТИЧЕСКИМИ ГАУССИАНОПОДОБНЫМИ ФУНКЦИЯМИ <i>А.Ю. Бережной</i>	80
12. УЧАСТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ННЦ ХФТИ 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>	80
13. ОПТИМИЗАЦИЯ ОБМЕНА ДАННЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ННЦ ХФТИ <i>А.А. Куров, К.А. Клименко, Л.Г. Левчук, А.С. Приставка, Д.В. Сорока, Л.С. Ковалева</i>	81

14. МОДЕЛЮВАННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ВЕЛИКОЇ КІЛЬКОСТІ ДЖЕРЕЛ РАВ З РІЗНИМ ІЗОТОПНИМ СКЛАДОМ ТА АКТИВНІСТЮ. <i>С.В. Рудичев, В.Г. Рудичев</i>	82
15. МОДЕЛЮВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ В ТРАНСПОРТНИХ КОНТЕЙНЕРАХ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВЯП <i>С.В. Рудичев, В.Г. Рудичев</i>	83
16. ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ РАВ МОДУЛЯ А1 ПРЗВ «ПІДЛІСНИЙ» МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ <i>Д.В. Федорченко, Л.І. Павловський, В.М. Рудько, В.М. Антропов, О.Г. Третьак</i>	83
17. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ РЕЗОНАНСНИХ НЕЙТРОНІВ ПРИ ОТРИМАННІ НЕЙТРОНОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ. <i>С.І. Прохорець, Рудичев С.В., М.А. Хажмурадов</i>	84
18. ОПТИМИЗАЦІЯ ПАРАМЕТРОВ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ <i>С.А Мартынов, И.В. Хасамбиев, Л.К. Хаджиева, А.М. Ульбиев</i>	84
19. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ПО СПЕКТРАМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ <i>А.И. Скрыпник, Д.В. Федорченко, М.А. Хажмурадов, В.В. Егоров</i>	85
20. РЕЗУЛЬТАТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ В РЕЖИМІ НОУ-ХАУ ЯК ОБ'ЄКТ ПРАВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ <i>О.К. Куришкін, М.А. Хажмурадов</i>	85
21. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В АКАДЕМИЧЕСКИХ ИНСТИТУТАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>О.К. Куришкін, М.А. Хажмурадов</i>	86
22. ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ <i>В. Саенко</i>	87
23. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛОСТІ СТАНУ СИСТЕМ «ОБ'ЄКТ – НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ» НА ОСНОВІ ГРАФО-АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	

Т.В. Козуля, М.М. Козуля.....87

24 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ ИМИТАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ
ПОРИСТЫХ ОБРАЗЦОВ ЯДЕРНЫХ ГРАФИТОВ
НА УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ ELIAS ННЦ ХФТИ
М.И. Братченко, С.В. Дюльдя, Н.П. Одейчук.....88

25. ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛИСТИРОЛ-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
Е.М. Прохоренко, В.В. Литвиненко, А.А. Захарченко, М.А. Хажмуратов.....89

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. ВОЛЬФРАМОВАЯ НЕЙТРОННО-ОБРАЗУЮЩАЯ МИШЕНЬ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ, ОСНОВАННОГО НА ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКЕ, УПРАВЛЯЕМОЙ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ.
Б.В. Борц, А.В. Быхун, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьев, Л.И. Глуценко, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Ю.А. Марченко, А.О. Мыцыков, А.А. Пархоменко, Ю.И. Поляков, В.И. Сытин.....90

2. ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА, ПРОВЕДЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ, И ВЫПЛАВКИ УРАНОВОЙ МИШЕНИ, ДЛЯ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ
Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьев, Л.И. Глуценко, И.М. Карнаухов, М.П. Домнич, А.А. Лопата, Е.В. Луценко, Ю.А. Марченко, И.В. Паточкин, В.И. Сытин, В.А. Александров, А.А. Вакуленко.....91

3. ЦЕНТР ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКОГО ИЗОТОПА ТЕХНЕЦИЯ Tc^{99m} , НА БАЗЕ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ ННЦ ХФТИ
Б.В. Борц, В.А. Воронко, А.А. Гусарова, И.В. Ушаков, А.Ю. Зелинский, А.П. Масалитина, А.О. Мыцыков, И.М. Карнаухов, И.М. Короткова, А.К. Панасюк, И.В. Паточкин, В.В. Сидоренко, В.В. Сотников, Т.А. Яковлева.....91

4. ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ НЕЙТРОНООБРАЗУЮЩЕЙ МИШЕНИ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ»

<i>Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьёв, В.Т. Быков, А.В. Быхун, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Е.В. Луценко, Ю.А. Марченко, А.О. Мыцыков, А.А. Пархоменко, И.В. Паточкин, В.Н. Ридозуб, В.Л. Стомин, И.В. Ушаков, В.М. Шеринёв.....</i>	<i>92</i>
5. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЧ СИГНАЛОМ НИЗКОГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ ДЛЯ 100МэВ/100кВт ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ – ДРАЙВЕРА ЯДЕРНОЙ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ”ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ”	
<i>В. П. Андросов, А. М. Гвоздь, А. Ю Зелинский, И. М. Карнаухов, В.Н Ляценко, Д. Тарасов, А. В. Черкашин.....</i>	<i>93</i>
6. ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ НЕЙТРОННОГО ИСТОЧНИКА. СОСТОЯНИЕ ДЕЛ.	
<i>Гевчук А.В., Гордиенко А.Н., Гревцев В.Г., Зелинский А.Ю., Карнаухов И.И, Мыцыков А.О.....</i>	<i>92</i>
7. ОТЛАДКА РАБОЧИХ РЕЖИМОВ УСКОРИТЕЛЯ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПУСКА ПОДКРИТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ ННЦ ХФТИ	
<i>А. Бездетко, А. Быхун, А. Гордиенко, В. Гревцев, А. Гвоздь В. Иващенко, Д. Каплий, И.И. Карнаухов, И.М. Карнаухов, В. Ляценко, А. Мыцыков, М. Моисеенко, А. Резаев, М. Сергиец, А. Шевцов, Д. Тарасов, В. Троценко, А. Зелинский.....</i>	<i>94</i>
8. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПОДГОТОВКА К ФИЗИЧЕСКОМУ ПУСКУ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ»	
<i>А. Быхун, Д. Крапива И. Субботенко.....</i>	<i>94</i>
9. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА 100 МЭВ/100 КВТ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» ННЦ ХФТИ	
<i>А.П. Бездетко, А.Ю. Зелинский, Д.А. Каплий, И.М. Карнаухов, В.Н. Ляценко, М. Моисеенко. Д.В. Тарасов.....</i>	<i>95</i>
10. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РЕАКТИВНОСТИ НЕЙТРОННОГО ПОТОКУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННІ ЯПУ ‘ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ’	
<i>С.В.Шейко, А.Ю.Зелінський, І.М.Карнаухов.....</i>	<i>95</i>
11. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ 100 МЭВ/100 КВТ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» ННЦ ХФТИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ	
<i>П.И.Гладких, А.Ю.Зелинский, И.М Карнаухов, А.О.Мыцыков, А.В.Резаев.....</i>	<i>96</i>

12. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ В СОСТАВЕ ЯДЕРНОЙ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ННЦ ХФТИ ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ <i>Д. Тарасов, А. Зелинский, В. Лященко</i>	97
13. РЕЗОНАТОР ФАБРИ-ПЕРО – ОПТИМАЛЬНЫЙ НАКАПЛИВАЮЩИЙ ЛАЗЕРНЫЕ ИМПУЛЬСЫ РЕЗОНАТОР ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКА ГАММА КВАНТОВ «НЕСТОР» <i>В.П. Андросов, А.В. Черкашин</i>	97
14. РАСЧЕТ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЮСТИРОВКИ ЗЕРКАЛ РЕЗОНАТОРА ФАБРИ ПЕРО <i>В.П. Андросов, А.В. Черкашин</i>	98
15. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ ЛАЗЕРА ПО ОПОРНОМУ ВЫСОКОДОБОТНОМУ РЕЗОНАТОРУ <i>В.П. Андросов, А.М. Гвоздь, А.В. Черкашин</i>	98
16. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ 100 МэВ/100 кВт ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» ННЦ ХФТИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ <i>А. Зелинский, В. Иващенко, И. Карнаухов, В. Лященко, В. Троценко</i>	99
17. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ДАТЧИКІВ СИНХРОТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ В ГЕНЕРАТОРІ НЕСТОР <i>П.І. Гладких, В.Г. Гревцев, В.Є. Иващенко, О.С. Мазманішвілі, Н.В. Москалец, М.І. Мочешніков, Ф.А. Пєєв, О.О. Щербаков</i>	100
18. ДИФРАКЦІЙНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД РУХУ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ ПОВЗ ІМПЕДАНСНИЙ КЛИН <i>В. Остроушко</i>	100
19. УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ РЕАКТОРА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАЖАТЕЛЯ НЕЙТРОНОВ <i>М.С. Маловица, А.И. Курдин, В.В. Пилипенко, С.П. Фомин, Н.Ф. Шульга</i>	101
20. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ СТЕНДА КОНТРОЛЯ ЙОДНЫХ ФИЛЬТРОВ СКИФ <i>В.В. Левенец, А.Ю. Лонин, А.П. Омельник, И.В. Шевченко, А.А. Щур</i>	101

21. ПЕРСПЕКТИВА ПОЛУЧЕНИЯ В ННЦ ХФТИ ^{82}Sr Э.Л. Купленников, А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан, Л.П. Корда.....	102
22. ОБРАТНЫЕ ВОЛНЫ ЯДЕРНОГО ГОРЕНИЯ. Ю.Я. Лелеко, В.В. Ганн.....	103
23. ТЕПЛОВОЙ ПРОБОЙ СИСТЕМЫ «НАНОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ПОЛИКОРА/ПОЛИКОР», ИНДУЦИРОВАННЫЙ СТАЦИОНАРНЫМ МЭВ- НЫМ МИКРОПУЧКОМ ИОНОВ $^4\text{He}^+$ С.М. Дуванов.....	103
24. ФАБРИКАЦИЯ МИКРОКОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТОННО-ЛУЧЕВОЙ ЛИТОГРАФИИ <u>А.Г. Пономарев</u> , С.В. Коляшко, В.А. Ребров, В.Ф. Саливон.....	104
25. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СУПЕРРАЗРЕШЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФАЗОКОНТРАСТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ А.И. Кульментьев, <u>А.В. Полищук</u>	105
26. КОМПОЗИЦІЙНИЙ СКЛАД І КОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СИСТЕМИ Fe- Cr-Al ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ О.І. Кульментьев, <u>А.Ю. Полищук</u>	105
27. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАСС – СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭС С.В. Барбашев.....	106
28. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДА С ПАЛЛАДИЕМ Е.Н. Любименко.....	106
29. ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 10 МеВ НА ОПТИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ МАГНИЙ-АЛЮМИНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ И.Г. Мегела, В.Т. Маслюк, И.Ю. Роман, О.М. Поп, Т.О. Виеру-Василица.....	107
30. ВІДТВОРЕННЯ СПЕКТРУ ЕНЕРГІЇ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ МІКРОТРОНА M-30 ЗА ХАРАКТЕРИСТИКОЮ ЇХ ПОГЛИНАННЯ В РЕЧОВИНІ: Al В.Т. Маслюк, М.І. Романюк, Й.Й. Гайніш, М.О. Турховський, І.Г. Мегела, Г.Ф. Пітченко, С.О. Найда, Ю.В. Голодняк.....	108

31. РАДІАЦІЙНА ПОГОДА, ЇЇ ПАРАМЕТРИ ТА ВАЖЛИВІСТЬ ДЛЯ ЗАДАЧ РАДІОЕКОЛОГІЇ <i>Н.І. Святюк, В.Т. Маслюк, О.І. Симканич, С.М Сухарев.....</i>	108
32. СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК СТИМУЛИРОВАННЫХ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ <i>Ж.Е. Ержигитов, С.К. Махмудов, Р.Ф. Руми, Р.И. Халиков, И. Холбаев, О.И. Холбоев.....</i>	109
33. О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА УГЛЕРОДА МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА ПРОТОНОВ <i>С.К. Махмудов, Т.М. Муминов, Р.Ф. Руми, Р.И. Халиков, И. Холбаев, О.И. Холбоев.....</i>	110
34. РАДИАЦИОННОЕ ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСКОРИТЕЛЕЙ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА УЗБЕКИСТАНА И САМАРКАНДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА <i>С.К. Махмудов, Т.М. Муминов, Р.Ф. Руми, Р.И. Халиков, И. Холбаев, О.И. Холбоев, А.А. Сафаров, А.Н.Сафаров, Р.Д. Сулейманов.....</i>	110
35. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕТЕКТОРНИХ МОДУЛІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ ДЛЯ ПРОТОННОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ <i>В.М. Борцов, І.Т. Тимчук, М.А. Проценко, О.М. Лістратенко.....</i>	111
36. ОСОБЕННОСТИ РАЗДЕЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ УДЕЛЬНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПОТЕРЯМИ ГЕТЕРОГЕННЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СЦИНТИЛЛЯТОРАМИ <i>И.Ф. Хромюк, Н.З. Галунов, О.А. Тарасенко.....</i>	112
37. ОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ БЕТА РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИАЦИИ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ <i>Н.З. Галунов, И.В. Лазарев, Я.И. Полупан, О.А. Тарасенко, А.Ю. Андрющенко.....</i>	112
38. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ СТАЛИ (ХГС)	

- Е.М. Прохоренко, В.В. Литвиненко, Ю.Ф. Лонин, А.Г. Пономарёв, В.Т. Уваров, Н.А. Шульгин, Т.Г. Прохоренко, Р.И. Старовойтов.....*113
39. СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ЦИФРОВЫМ МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ИЗЛУЧЕНИЯ
*И.А. Афанасьева, С.Н. Афанасьев, В.В. Бобков, В.В. Грицына, И.И. Оксенюк, А.А. Скрипник, Д.И. Шевченко.....*114
40. ВИМС ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СПЛАВА TiFe С КИСЛОРОДОМ
*В.А. Литвинов, И.И. Оксенюк, Д.И. Шевченко, В.В. Бобков.....*114
41. РАДІОЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ ВИДОБУВАННІ УРАНОВИХ РУД
*Т.В. Дудар, Г.Д. Коваленко, О.В. Фаррахов.....*115
42. ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА ПЛАЗМЫ КРОВИ БОЛЬНЫХ С КОСТНЫМИ МЕТАСТАЗАМИ В ДИНАМИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ТЕРАПИИ ¹⁵³Sm-ОКСАБИФОРМ
*Н.П. Дикий, Н.В. Красносельский, Е.П. Березняк, А.В. Грушка, Е.П. Медведева.....*116
43. МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ ¹³²Cs И ⁹⁰Sr НАНОЧАСТИЦАМИ АЛЮМОСИЛИКАТА И ДЕГИДРОФОСФАТА К-Mg ПО ДАННЫМ СТРУКТУРНОГО И ФАЗОВОГО АНАЛИЗА
*Н.П. Дикий, Е.П. Березняк, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, Ю.Г. Пархоменко, И.Д. Федорец.....*117
44. МИНЕРАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ В ЗУБАХ ПРИ ОДОНТОГЕННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ В СОЧЕТАНИИ С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ
*Н.П. Дикий, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, С.Н. Григоров, Л.П. Рекова, И.Д. Федорец.....*117
45. ЭЛЕМЕНТНЫЙ, ФАЗОВЫЙ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КАМНЕЙ ЖЕЛЧНОГО ПУЗЫРЯ С ХИАТАЛЬНЫМИ ГРЫЖАМИ У ПАЦИЕНТОВ ХАРЬКОВСКОГО РЕГИОНА
*Н.П. Дикий, Е.П. Березняк, В.В. Бойко, Е.П. Медведева, К.Ю. Пархоменко, Т.А. Пархоменко, Ю.С. Ходырева.....*118
46. МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОТОПА Mo-99
*Н.П. Дикий, Н.В. Красносельский, В.Е. Сторижко, Ю.В. Ляшко, Е.П. Медведева, Д.В. Медведев, В.Л. Уваров, И.Д. Федорец.....*119

47. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАНАРНЫХ ДЕТЕКТОРОВ. <i>В.Г.Батий, Н.А.Кочнев, Д.В.Федорченко.....</i>	119
48. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ X18H10T, ИНДУЦИРОВАННЫЕ ИМПЛАНТАЦИЕЙ ДЕЙТЕРИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОБЛУЧЕНИЯ <i>А.Н. Морозов, В.И. Журба, А.В. Мац, С.Н. Утенков, Н.А. Кочнев, В.В. Селюкова.....</i>	120
49. ПРИМЕНЕНИЕ КВАЗИНЬЮТОНОВСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УРАНОВЫХ МАТРИЦ (U ₃ O ₈) В ЯДЕРНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ <i>Д.Д. Бурдейный, Д.В. Кутний, А.А. Туркин, С.А. Ванжа.....</i>	121
50. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАФИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР NVIDIA VOLTA И NVIDIA TURING ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАТРИЦ И ОПТИМИЗАЦИИ ГРАФИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ. <i>В.А. Дудник, В.И. Кудрявцев, С.А. Ус, М.В. Шестаков.....</i>	121
51. АКТИВАЦІЯ ВОДИ ЯК ОСНОВИ РОЗЧИНІВ ПРИ ОПРОМІНЕННІ ПУЧКАМИ ЕЛЕКТРОНІВ З ЕНЕРГІЄЮ ДО 20 МЕВ <i>І.Л. Семісалов, О.О. Шопен, С.Г. Карпуть, В.Й. Касілов.....</i>	122
52. ВИКОРИСТАННЯ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ СТИЧНИХ ВОД ТА ЇХ ОСАДІВ <i>О.О. Шопен, Г.Д. Коваленко, В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, В.В. Братішко, С.О. Каленик, С.Г. Карпуть.....</i>	122
53. ВПЛИВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ БАКТЕРІЙ ESCHERICHIA COLI ТА STAPHYLOCOCCUS AUREUS <i>О.О. Шопен, Д.В. Вінніков, С.Г. Карпуть, В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, С.О. Каленик, І.П. Висеканцев, І.А. Буряк, Л.В. Степанюк.....</i>	123
54. ВЫХОД ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ ИЗ КОМПАКТНОЙ МИШЕНИ ДЕЛЯЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА, АКТИВИРУЕМОЙ НА ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ <i>С.А. Каленик, С.Г Карпуть, В.И Касилов, С.С. Кочетов, О.А. Шопен.....</i>	124

55. МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ СОПРОВОЖДАЮЩЕГО ФОНА ГАММА-КВАНТОВ И БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПУЧКОВ ДЛЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ <i>С.А. Каленик, С.Г Карпусь, В.И. Касилов, С.С. Кочетов, О.А. Шопен.....</i>	124
56. КОМПАКТНЕ ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОВОЛЬТНОГО РОЗРЯДУ В ДЕЙТЕРІЇ (ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ) <i>С.Г. Карпусь, В.Й. Касілов, С.О. Каленик, С.С. Кочетов, Р.Т. Муртазин, Л.Д. Салій, С.О. Шопен.....</i>	125
57. СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПОТОКУ ШВИДКИХ ТА ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ НА КАНАЛІ ВИХОДУ ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ЛПЕ-300 <i>В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, С.О. Каленик, С.О. Шопен, С.Г. Карпусь.....</i>	125
58. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ БЫСТРЫХ И ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ С РАСТВОРАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ <i>А.Ю. Буки, С.П. Гоков, Ю.Г. Казаринов, С.Г. Карпусь, С.А. Каленик, В.В. Кантемиров, В.И. Касилов, С.С. Кочетов, Е.В. Рудычев, М.А. Хажмурадов, В.В. Цяцько, Е.В. Цяцько, О.А. Шопен, О.И. Ярьсько.....</i>	125
59. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОНІВ І ГАММА-КВАНТІВ В ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ (8-25 МеВ) З ОСАДЖЕНИМИ НА САПФІРОВИХ ПІДКЛАДЦЯХ РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ <i>О. Буки, С. Гоков, С. Каленик, Ю. Казаринов, В. Кантемиров, С. Карпусь, В. Касілов, С. Кочетов, В. Цяцько, Е. Цяцько, О. Шопен, О. Ярьсько.....</i>	126
60. КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ, СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ННЦ ХФТИ В 2019 ГОДУ <i>А.А. Мазилов, Н.А. Богонос, В.Я. Никулина, М.В. Сосипатров, В.Н. Ткаченко, О.И. Яремко.....</i>	127
61. МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ БЕРИЛЛИЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ННЦ ХФТИ <i>В.Н. Ткаченко, Ю.А. Гордиенко, А.А. Мазилов, В.Я. Никулина, М.В. Сосипатров.....</i>	128
62. FUTURE OF ACCELERATOR AND LASER DRIVEN SUBCRITICAL SYSTEMS FOR SPENT FUEL TRANSMUTATION <i>Karel Katovsky.....</i>	128

63. ИЗМЕРЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ОТКЛИКА ЯПУ ИИ
ННЦ ХФТИ

*П. Гладких, А. Зелинский, В. Иващенко, И. Карнаухов,
А. Тертичный, Г. Туллер.....*129

64. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА ЮЛЫ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ
ИСХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ НЕКОТОРЫХ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ
СИСТЕМ

*В.А. Буц.....*129

65. ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРА-32 НА НЕЙТРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ И
ОСАДОЧНОЕ ЕГО ВЫДЕЛЕНИЕ

*А.И.Азаров, В.А.Бочаров, М.А.Должек, А.Ф.Стоянов, В.А.Цымбал.....*129

66. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ АСПЕКТИ РЕЗУЛЬТАТІВ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ
МАСИВНИХ ДАНИХ ДЕФЕКТОУТВОРІВ У ТЕПЛОБМІННІЙ ТРУБЧАТЦІ
АЕСУ

*Г.Ф. Гладенька, О.В. Єгипко, В.В. Петухов, І.М. Шаповал.....*130

Секция 1. Физика ядра и элементарных частиц

1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЧАСТИЯ ННЦ ХФТИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS

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

Во втором сеансе работы Большого адронного коллайдера (БАК), который продолжался с 2015 по 2018 г., для протон-протонных соударений обеспечивалась энергия 13 ТэВ при светимости, достигающей $2 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Удовлетворительная работа подсистем детектора CMS, также как и всего комплекса БАК, стала основой для накопления в этом эксперименте большого массива информации – выборки событий, отвечающей интегральной светимости 150 фбн^{-1} . Объем этих данных и их обработка позволили получить важные для понимания фундаментальных свойств материи результаты. В частности, за последний год получена новая информация о свойствах недавно открытого бозона Хиггса, и установлены более жесткие ограничения на ряд расширений Стандартной модели. Помимо обработки данных, еще одной важной задачей, стоящей перед CMS во время 2-го длительного перерыва в работе БАК, является модернизация детектора и подготовка всей инфраструктуры эксперимента к существенному увеличению светимости БАК, которое произойдет через несколько лет. В ННЦ ХФТИ ведутся работы по трем направлениям в рамках исследовательской программы CMS. Прежде всего, институт участвует в распределенной обработке данных эксперимента, успешно поддерживая и развивая единственный на Украине центр 2-го яруса (T2) его грид-инфраструктуры, зарегистрированный в CMS как T2_UA_KIPT. По степени надежности и стабильности комплекс T2_UA_KIPT является одним из лучших T2-центров эксперимента. За последний год на него был передан для обработки максимальный за все время годовой объем информации – более 9.5 Петабайт, что на порядок превышает вместимость системы массовой дисковой памяти комплекса. Другим важным направлением работ является изучение оптических и радиационных свойств сцинтилляторов с целью определения перспектив их использования в передних адронных калориметрах детектора CMS. За последний год были, в частности, получены новые данные о радиационной стойкости сцинтиллятора EJ-260 (Eljen Technology, США), который рассматривается как перспективный материал для использования в тыльной («семплинговой») части нового переднего калориметра детектора CMS –

HGCAL. Выполнен сравнительный анализ деградации световыхода от этого скintиллятора при его облучении тормозными фотонами и непосредственно электронным пучком. (Сеансы облучения проводились на линейном ускорителе электронов ННЦ ХФТИ ЛУ-10 с энергией пучка на выходе ~ 9 МэВ.) Наконец, сотрудники ННЦ ХФТИ выполняют физический анализ данных, накапливаемых в эксперименте CMS. В течение последнего года на основе разработанных ранее алгоритмов был продолжен поиск сигналов суперсимметрии (SUSY) – процессов прямого образования пар слептонов и чарджино, предсказываемых в SUSY-моделях с сохранением R-четности. Акцент в этих исследованиях был сделан на анализе полной выборки событий – протон-протонных соударений при энергии 13 ТэВ, отобранных триггером CMS за весь 2-й сеанс работы БАК. При этом отбирались события с зарегистрированной парой противоположно-заряженных лептонов (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $e\mu$) с большими поперечными импульсами и большим дисбалансом поперечного импульса в событии.

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. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА КОРОТКОЖИВУЩИХ ЧАСТИЦ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ ЦЕРН

А.Ю. Корчин

ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, г. Харьков

Исследуются возможности измерения магнитных дипольных моментов короткоживущих барионов, содержащих очарованный с-кварк, на Большом адронном коллайдере (БАК) ЦЕРН. Предложена схема эксперимента, в которой очарованный барион Λ_c , с характерным временем жизни $\sim 10^{-13}$ с, образующийся при столкновениях протонов с фиксированной газовой мишенью, попадает в изогнутый кристалл в режим каналирования. Измерение угла поворота поляризации барионов при движении в кристалле позволяет получить информацию об их магнитном и электрическом дипольных моментах. Поляризация барионов на выходе из кристалла может быть найдена в результате измерения угловых распределений конечных частиц в распадах барионов. Рассчитаны оптимальные параметры кристаллов и другие необходимые факторы для предлагаемого эксперимента.

Кроме того, исследуется метод измерения магнитного момента короткоживущего тау-лептона с помощью установки с двумя кристаллами. Поляризованные τ -лептоны образуются в распадах очарованных мезонов D_s , которые рождаются на БАК с энергией несколько ТэВ. Эти исследования

открывают возможность постановки специализированных экспериментов на БАК ЦЕРН для измерения магнитных дипольных моментов короткоживущих частиц, таких как очарованные барионы и тау-лептон.

3. РОЖДЕНИЕ ЧАРМОНИЕВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРОТОНОВ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ ЦЕРН

В.В. Котляр

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Проведено моделирование рождения 3S_1 , 3P_J , где $J=0, 1$ и 2 , и 3D_0 чармониев совместно со струями в рассеянии протонов при энергии 13 ТэВ. Процессы $p + p \rightarrow M + X$ с мезонами $M = J/\psi$, $\psi(2S)$, χ_{c1} , $\psi(3770)$ были исследованы с использованием генератора событий (ГС) Pythia 8. Жесткие партонные процессы, в которых образуются очарованные кварки, учитывались в лидирующем порядке (ЛП) теории возмущений (ТВ) квантовой хромодинамики (КХД). Вычисленные интегральные $\sigma(M)$ и дифференциальные сечения для мгновенных чармониев и чармониев, источниками которых являются распады боттом адронов, сравниваются с результатами измерений ALICE и LHCb на LHC в области быстрой $2,5 < y < 4$ и $2 < y < 4,5$, соответственно. Изменения рассчитанных сечений δ_{ren} и δ_{fact} при вариациях шкал перенормировки и факторизации значительно превосходят неопределенности экспериментальных данных. Показано, что δ_{ren} и δ_{fact} существенно уменьшаются для отношений сечений $\sigma(\psi(2S))/\sigma(J/\psi)$, $\sigma(\chi_{c1})/\sigma(\chi_{c0})$ и $\sigma(\chi_{c2})/\sigma(\chi_{c0})$. Для бьёркеновской переменной x , от которой зависят распределения глюонов и кварков в протонах, выделены области, которые дают основной вклад в сечения рождения чармониев, и рассмотрены модификации этих областей в зависимости от быстрой мезонов M . В рождении J/ψ -мезонов в древесном приближении изучались также вклады процессов с двумя и тремя струями, которые соответствуют следующим за ЛП двум порядкам ТВ КХД. Такие процессы моделировались с ГС HELAC-Onia.

4. КАЛИБРОВОЧНЫЙ ПРИНЦИП И «ВЫСШАЯ» ФИЗИКА

В.Ф. Клепиков^{1,2}, А.В. Бабич¹, А.Р. Шимановский²

¹Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины,

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

Калибровочный принцип, ставший одним из главных открытий в физике последних десятилетий, порождает все взаимодействия в природе. Поэтому исследования калибровочных (компенсирующих) полей стали основной задачей теории поля и физики частиц.

Лагранжианы (гамильтонианы), содержащие только первые производные полей и координат, в основном исчерпали свои описательные возможности во многих разделах полевых физических теорий. В частности, полевое описание близкодействия, требующее учёта конкуренции, компромисса и компенсации, возможно только при включении в энергию системы высших (старших) производных, что особенно важно в физике критических явлений, определяемых спонтанным нарушением симметрии (СНС) (рассеяние частиц при высоких энергиях, кварковая структура ядра, эффекты Хиггса, Голдстоуна и т.д.).

Соответствующие лагранжианы, содержащие «высшие» градиенты, – это примеры так называемой «высшей» физики, а значения полей в каждой точке пространства-времени представляют собой отдельные степени свободы физических систем, реализующие принцип близкодействия и компенсаторную роль СНС.

5. РАССЕЯНИЕ ЧАСТИЦ ДЕФОРМИРОВАННЫМИ ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ

А. М. Арсланашиев^{1,2}

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

²*ИНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Одной из характеристик любой черной дыры является временная зависимость энтропии запутанных состояний в процессе ее испарения – т.н. кривая Пейджа [1]. Важным этапом при построении таких кривых является вычисление коэффициента поглощения внешних потоков частиц черной дырой, или коэффициента серого тела. Нами рассматривается рассеяние и поглощение частиц для решений уравнений Эйнштейна, соответствующих т.н. искаженным или деформированным черным дырам в пространствах Минковского и анти-де Ситтера, метрический потенциал которой удовлетворяет уравнению Лиувилля [2]. Получены уравнения для скалярных, векторных и тензорных возмущений над фоновой метрикой и проведена процедура разделения переменных. Найдены численные значения для нетривиальных констант разделения, а также аналитические выражения сечений поглощения безмассовых частиц в длинноволновом приближении и для случая малых черных дыр. Установлено естественное ограничение на максимальный угловой момент рассеянной/поглощенной волны и найден спектр поглощаемых частот в пространстве анти-де Ситтера. Тривиализация метрического потенциала сводится к ранее полученным результатам [3].

1. Page D. N. Phys. Rev. Lett., 1993, 71, 3743.

2. Moskalets T. and Nurmagambetov A. Eur. Phys. J., 2015, C55, 551.

3. Старобинский А.А., Чурилов С.М. ЖЭТФ, 1974, Т.65, 3.

6. О ТЕКУЩИХ КРИЗИСАХ В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ И АСТРОФИЗИКЕ

А. Ю. Нурмагамбетов^{1,2}

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

²*ИНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Развитие экспериментальной базы физики высоких энергий напрямую связано с прогрессом в создании все более мощных коллайдеров частиц. В фундаментальном аспекте, диапазон энергий Большого Адронного Коллайдера идеально подходит для анализа тонкостей Стандартной Модели, однако явно недостаточен для поиска т.н. «новой физики». Такое несоответствие реальности ожиданиям уже породило вялотекущий кризис в физике высоких энергий.

Альтернативой строительству все более мощных ускорителей является изучение астрофизических процессов с участием частиц ультравысоких энергий, что стало очевидным после открытия ультрарелятивистских потоков космических лучей из активных галактических ядер с энергией порядка 10^{19} эВ. Однако, бурное развитие экспериментальной техники астрофизических наблюдений, результатом которого стало вхождение в эпоху многоканальной астрономии, привело к неожиданному, но уже более серьезному кризису в фундаментальной физике. В частности, в настоящий момент ставится под сомнение правильность выводов о наличии ускоренной фазы расширения Вселенной и, как следствие, правильность Стандартной Космологической Модели. Нами проводится анализ причин, спровоцировавших нынешний кризис в фундаментальной астрофизике, а также его скрытое влияние на общий кризис в физике элементарных частиц.

7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАНДАУ: ЮБИЛЕЙ, ИСТОРИЯ, РАЗВИТИЕ

Е.В.Буляк^{1,2}, Н.Ф.Шульга^{1,2}

¹*ИНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

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

В прошлом году исполнилось 75 лет работе Л.Д. Ландау [1] по распределению флуктуаций ионизационных потерь быстрых заряженных частиц – одной из наиболее долго и часто цитируемых работ. В докладе приводится предыстория теории ионизационных потерь, фундаментальный подход Л.Д.Ландау к построению математической модели процесса, а также дальнейшее развитие теории и применение метода для исследования кинетики излучающих электронов в периодических полях. Обсуждается связь распределения Ландау с процессами аномальной диффузии.

1. Lev Landau "On the energy loss of fast particles by ionization," *J. Phys. USSR* **8** pp. 201-205 (1944)

8. ПРО РАДІАЦІЙНИЙ РОЗПАД ПОЛЯРИЗОВАНОГО τ - ЛЕПТОНА

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

¹ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН України

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

Досліджувалися поляризаційні ефекти в радіаційному одно мезонному розпаді поляризованого τ - лептона, $\tau \rightarrow \pi^- \gamma \nu_\tau$, $\tau^- \rightarrow K^- \gamma \nu_\tau$.

Отримані аналітичні результати для t -розподілу парційних диференціальних ширин для різних поляризаційних явищ при існуванні обмежень на енергію фотона $\omega > X$. Ці величини залежать від квадрату інваріантної маси t псевдоскалярного мезона і фотона і величини обмеження на енергію фотона X . Аналітичні формули в термінах аксиального та векторного форм факторів описують структурно залежну частину амплітуди розпаду та справедливі і для розпаду $\tau^\pm \rightarrow K^\pm \gamma \nu_\tau$ якщо виконати заміни відповідних констант. Було показано значне зменшення вкладу гальмівного випромінення в порівнянні з структурно залежним вкладом при збільшенні величини обмеження на енергію фотона. В чисельних розрахунках аксиальний та векторний форм фактори були визначені в рамках ефективної хіральної теорії з резонансами ($R\chi T$).

9. ПРОЯВ ТЕМНОГО ФОТОНУ В ТРИПЛЕТОПОДІБНИХ КЕД ПРОЦЕСАХ

$$\gamma + l_i \rightarrow l_j^+ l_j^- + l_i, \quad i \neq j, \quad i=e, \mu, j=e, \mu, \tau$$

Г.І. Гах^{1,2}, М.І. Кончатний¹, М.П. Меренков^{1,2}, Егле Томасі-Густавссон³

¹ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН України

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

³IRFU, CEA, Университет Париж-Сакле, 91191 Жиф-сюр-Иветт, Франция

Триплетоподібні КЕД процеси $\gamma + l_i \rightarrow l_j^+ l_j^- + l_i$, де $i \neq j$, та $i=e, \mu, j=e, \mu, \tau$ е вивчалися як реакції де темний фотон A' може проявити себе як проміжна частинка з наступним розпадом в $l_j^+ l_j^-$ пару. Такий ефект може виникати завдяки так званому кінетичному змішуванню і характеризується малим параметром ϵ , що описує силу взаємодії з електричним зарядом e . Основною перевагою для пошуку A' в таких процесах є те, що фон до A' сигналу є чисто електродинамічним. В такому випадку для оцінки вкладу процесів з A' ми повинні розглянути тільки Комптонівські діаграми, при цьому віртуальний фотон має часово-подібну природу і його пропагатор має форму резонансу Брейта-Вігнера. Таким чином A' може проявити себе поблизу резонансу. Внесок A' в процеси, яким відповідають діаграми Борселіно, є нехтовно малі, так як в цьому випадку віртуальний фотон є просторово подібний та пропагатор не має

піку, а ефект пропорційний принаймні ϵ^2 . Були обчислені розподіли по інваріантній масі народженої $l_j^+ l_j^-$ пари та визначена кінематична область, де внесок Комптонівських діаграм не подавлений в порівнянні з внеском діаграм Борселіно. Була дана оцінка величини параметру ϵ , як функції маси темного фотону для визначеного числа подій.

10. О РАССЕЙЯНИИ БЫСТРЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА КОРОТКОМ ПУЧКЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Шульга Н.Ф., Корюкина В.Д.

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Развит метод для нахождения сечения рассеяния быстрых заряженных частиц на коротком пучке релятивистских частиц в эйкональном и борновском приближениях квантовой теории рассеяния. Демонстрируется, что данная задача во многих отношениях сходна с задачей рассеяния частицы на цепочках атомов тонкого кристалла. Показано, что при малом числе частиц в сгустке справедливо борновское приближение для описания рассеяния частиц. Сечение рассеяния в этом случае расщепляется на сечения когерентного и некогерентного рассеяния. Борновское приближение, однако, быстро разрушается с увеличением числа частиц в сгустке. Анализ процесса рассеяния частиц для этого случая осуществлен на основе эйконального приближения.

11. КОРРЕЛЯЦИИ В РОЖДЕНИИ b-КВАРКОВ И W-БОЗОНОВ В РАССЕЙЯНИИ ПРОТОНОВ

В.В. Котляр

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Рождение единичных b-кварков, b-кварков и W-бозонов, пар b-анти-b кварков вместе со струями моделируется в pp-столкновениях при энергиях экспериментов на LHC. Жесткие партонные процессы рассчитываются с MadGraph 5. В моделировании в древесном приближении (ДП) конечные состояния содержат 2-5 частиц. Петлевые вклады учитываются в следующем за лидирующим порядке теории возмущений КХД для процессов с двух, трёх и четырёх частичными конечными состояниями. События, которые получены с MadGraph, модифицируются в Pythia 8 путем включения ливней в начальном и конечном состояниях, а также многопартонных взаимодействий. Исследуются неопределенности $\delta\sigma$ вычисленных сечений σ , которые возникают при вариации шкал перенормировки μ_{ren} и факторизации μ_{fact} . Показано, что имеющиеся экспериментальные данные ALICE и LHCb находятся у края полосы неопределенности сечений $\sigma + \delta\sigma$, который соответствует увеличению μ_{ren} и μ_{fact} в два раза. Неопределенности $\delta\sigma$ существенно уменьшаются для электрослабых (ЭС) процессов. Для таких процессов в ДП были рассчитаны спиральные асимметрии A . В области поперечных импульсов $p_T < 10$ ГэВ/c, где проводят

исследования ALICE и LHCb, асимметрии A существенно отклоняются от $A = -1$ и принимают значения, которые доступны для экспериментальных исследований. Выделение событий, обусловленных ЭС взаимодействием, на большом фоне КХД процессов, в которых рождаются пары b -анти- b кварков, требует проведения корреляционных измерений.

12. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В ПАРУ ТОП-КВАРКОВ ПРИ ЭНЕРГИИ КОЛЛАЙДЕРА CLIC

И.В. Трутень, А.Ю. Корчин

ИНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Данная работа ориентирована на будущий электрон-позитронный коллайдер CLIC с ожидаемой энергией в системе центра масс 380 ГэВ в первом цикле экспериментов. Топ-кварк является самой тяжелой элементарной частицей, которая не образует связанные состояния, поскольку является короткоживущей. Изучение свойств топ-кварка представляет большой интерес в физике частиц, в частности, одним из важных свойств является поляризация, позволяющая получать более детальную информацию о топ-кварке и возможных эффектах так называемой новой физики.

Рассматривается электрон-позитронная аннигиляция в пару поляризованных топ-кварков в рамках Стандартной модели (СМ), а также за пределами СМ¹. Эффекты новой физики исследуются путем добавления в лагранжиан взаимодействия фотона и Z -бозона с парой топ-кварков членов, похожих по структуре на радиационные поправки в СМ, но с расширенными ограничениями на них. Рассчитана поляризация топ-кварка при некоторых значениях констант связи, отвечающих вкладу новой физики, а также проведены усреднения компонент поляризаций по углу вылета топ-кварка.

На следующем этапе учитывается распад топ-кварка на боттом-кварк и W -бозон, который является доминирующим распадом с вероятностью 99,8%. Получены распределения по энергии образованного боттом-кварка и по углу его вылета. Исследованы эффекты наличия поляризации топ-кварка, а также ее отсутствия (деполяризованный процесс). Рассчитаны и проанализированы сечения в рамках СМ и за пределами СМ.

1. I.V. Truten, A.Yu. Korchin. Int. J. Mod. Phys. A34 (2019), 1950067;
arXiv: 1902.09911 [hep-ph].

13. ДЕФОРМАЦИЯ АТОМНОГО ЯДРА И ТЕОРИЯ ЛАНДАУ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

А.Н. Водин¹, Л.П. Корда¹, В.Ю. Корда², А.С. Молев², В.Ф. Клепиков²

¹ИНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Нуклонная конфигурация в структуре ядра в некотором состоянии определяет форму ядра в этом состоянии. Для понимания физики возникновения и динамики ядерной деформации необходимо выяснить, как квантовые характеристики отдельных нуклонов ядра влияют на его форму. Обычно теория Ландау применяется для вычисления энергии ядра как капли ядерной жидкости. Для изучения роли квантовых характеристик отдельных нуклонов ядра в формировании его формы теорию Ландау следует применять для вычисления энергии каждого отдельного нуклона в ядре в конкретном состоянии. Тогда одночастичный гамильтониан ядра будет содержать различные степени параметра порядка и его угловых производных. В такой формулировке теория позволяет изучать роль квантовых характеристик каждого занятого одночастичного состояния в формировании формы ядра. При этом возникновение ядерной деформации описывается как квантовый фазовый переход.

14. ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЭЛЕКТРОСЛАБОГО НАРУШЕНИЯ СИММЕТРИИ ПРИ РАСПАДЕ БОЗОНА ХИГГСА НА ЧЕТЫРЕ ФЕРМИОНА

Т. Обиход, Е. Петренко

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

Открытие в 2012 году бозона Хиггса и последующие исследования его свойств показали его совместимость со стандартной моделью (СМ). Однако, поскольку СМ бозон Хиггса является скалярной частицей, он характеризуется чувствительностью к возможным новым физическим масштабам. Таким образом, появляются возможности для ожидания новой физики, называемой суперсимметрией (SUSY).

Модели с расширенными бозонными секторами Хиггса имеют первостепенное значение для исследования механизма нарушения электрослабой (EW) симметрии при распадах Хиггса на четыре фермиона и при образовании Хиггса с векторными бозонами (VBF). В рамках модели с двумя хиггсовскими дублетами (THDM) [1] с использованием двух сценариев, полученных в результате экспериментальных измерений, мы представили NLO результаты по четырем фермионным распадам легкого CP-четного бозона Хиггса, $h \rightarrow 4f$. С помощью программы Монте-Карло Prophecy 4f 3.0 [2] мы вычислили значения $\Gamma = \Gamma_{EW} / (\Gamma_{EW} + \Gamma_{SM})$ и $\Gamma = \Gamma_{EW + QCD} / (\Gamma_{EW + QCD} + \Gamma_{SM})$ для каналов распада бозона Хиггса $H \rightarrow \nu_{\text{anti-}} \mu_{\text{anti-ve}}, \mu_{\text{anti-}} e \text{ anti-}e, eeee, \mu\mu ee$. Мы не обнаружили существенной разницы при учете поправок КХД в EW-процессы при распадах бозона Хиггса.

Используя компьютерные программы Pythia 8.2 и Softsusy [3], мы рассчитали следующие значения: $\sigma(\text{ff} \rightarrow \text{H}) \text{BR}(\text{H} \rightarrow \text{ZZ})$ и $\sigma(\text{ff} \rightarrow \text{H}) \text{BR}(\text{H} \rightarrow \text{WW})$ для процессов VBF и $\sigma(\text{ggH}) \text{BR}(\text{H} \rightarrow \text{WW})$ через процесс $t\bar{t}$ слияния при 13 и 14 ТэВ для понимания природы отклонения от СМ экспериментальных данных [4,5] и для дальнейших исследований процессов SUSY на LHC. Мы пришли к выводу, что существенный вклад в вычисления вносит величина BR по сравнению с сечением образования бозона Хиггса.

1. Ansgar Denner, Stefan Dittmaier, Jean-Nicolas Lang, *Renormalization of mixing angles*, arXiv:1808.03466 [hep-ph].
2. Ansgar Denner, Stefan Dittmaier, Alexander Mück, *PROPHECY4F 3.0: A Monte Carlo program for Higgs-boson decays into four-fermion final states in and beyond the Standard Model*, arXiv:1912.02010 [hep-ph].
3. Torbjörn Sjöstrand et al., *An Introduction to PYTHIA 8.2*, Comput. Phys. Commun. 191 (2015) 159;
4. B. C. Allanach et al., *The Inclusion of Two-Loop SUSYQCD Corrections to Gluino and Squark Pole Masses in the Minimal and Next-to-Minimal Supersymmetric Standard Model: SOFTSUSY3.7*, Comput. Phys. Commun. 219 (2017) 339, arXiv:1601.06657.
5. The ATLAS Collaboration, *Measurements of the Higgs boson production fiducial and differential cross sections in the 4l decay channel at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector*, ATLAS-CONF-2018-018.
6. The ATLAS Collaboration, *Measurements of gluon–gluon fusion and vector-boson fusion Higgs boson production cross-sections in the $\text{H} \rightarrow \text{WW}^* \rightarrow e\nu\mu\nu$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector*, Phys. Lett. B 789 (2019) 508.

15. УСЕРЕДНЕНИЙ ОПИС ГАММА-ПЕРЕХОДІВ В АТОМНИХ ЯДРАХ АНАЛІТИЧНИМИ ВИРАЗАМИ ДЛЯ ФОТОННИХ СИЛОВИХ ФУНКЦІЙ

В.А. Плюйко^{1,2}, О.М. Горбаченко¹, К.М. Солодовник¹

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

²Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Фотонні силові функції (ФСФ) широко використовуються, як для дослідження фундаментальних властивостей атомних ядер та ядерних процесів (параметрів деформації, характеристик гігантського дипольного резонансу, внеску сил, що залежать від швидкості, механізмів перебігу ядерних реакцій тощо), так і для прикладних досліджень таких, як медична фізика, атомна енергетика [1-3].

В дослідженні порівнюється опис даних ФСФ гамма-розпаду та перерізів фотопоглинання широковживаними аналітичними виразами для Е1 ФСФ [1,4,5]. Продемонстровано, що моделі на основі підходу модифікованого Лоренціану [5] є найточнішими для опису експериментальних даних як фотопоглинання, так і

гамма-ропаду та можуть бути рекомендовані для використання в комп'ютерних кодах для моделювання гамма-переходів, а також для надійного передбачення ФСФ.

1. R. Capote et al., *Nuclear Data Sheets*, **110**, 3107 (2009).
2. V.A.Plujko et al., *At. Data Nucl. Data Tables*, **123-124**, 1 (2018).
3. S. Goriely et al., *Eur. Phys. J. A*, **55**, 172 (2019).
4. V. Plujko et al., *Eur. Phys. J. A*, **55**, 210 (2019).
5. S. Goriely, V. Plujko, *Physical Review C*, **99**, 014303 (2019).

16. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

С.С. Стародуб

Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы

В продолжение исследования взаимодействия одноименно заряженных нерелятивистских частиц [1–3] рассмотрено взаимодействие двух релятивистских электронов вне рамок дипольного приближения (с учетом первого порядка поправок v/c в силе Лоренца) в импульсном поле линейно поляризованной лазерной волны в лабораторной системе отсчета. Рассматривается возможность компенсации кулоновского отталкивания между электронами при условии, что относительная скорость частиц будет выше или сравнима со скоростью осцилляций электронов в поле волны. При этом, скорости будут релятивистскими.

Построена система решений уравнений движения с учетом напряженностей Лиенара-Вихерта, создаваемых релятивистским движением зарядов в различные моменты времени.

1. S.S. Starodub and S.P. Roshchupkin // *Laser Phys.* 2015, 25 076001.
2. S.S. Starodub, S.P. Roshchupkin and V.V Dubov // *Laser and Particle Beams* 2018, 36(1), 55-59, doi:10.1017/S0263034617000921.
3. S.S. Starodub, S.P. Roshchupkin and V.V Dubov // *Laser Physics Letters* 2019, 17 016002.

17. ОБ УРАВНЕНИЯХ ДЛЯ ЧАСТИЦ СО СПИНОМ 3/2 И 2 БЕЗ ЛИШНИХ КОМПОНЕНТ

Симулик В.М.

Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород

Представлен вывод новых релятивистских уравнений для частиц со спином $3/2$ и 2 без лишних компонент. Найдены их решения и доказана Пуанкаре симметрия. Продемонстрирована процедура синтеза подобных уравнений для высших спинов. Уравнения конструируются на основе принципов симметрии и принципов релятивистской канонической квантовой механики,

сформулированной на уровне строгости нерелятивистского рассмотрения фон Неймана [1], затем специальным операторным преобразованием переводятся в каноническое представление типа Фолди–Ваутхайсена и, окончательно, переводятся в ковариантные уравнения локальной теории поля на основе обобщенного преобразования Фолди–Ваутхайсена. Предложенные уравнения сравниваются с известными уравнениями Баба и Баргмана–Вигнера для произвольного спина, а также с уравнениями Паули–Фирца и Рариты–Швингера для спина 3/2. Обсуждены преимущества новых уравнений, которые не содержат лишних компонент и дополнительных условий. Предварительная информация содержится в публикациях [2–5].

1. И фон Нейман. Математические основы квантовой механики. М.: Наука, 1964, 367 с.
2. V.M. Simulik // Ukr. J. Phys. 2015, **60**, №10, p.985–1006.
3. V.M. Simulik // Journ. Phys: Conf. Ser. 2016, **670**, p.012047(1–16).
4. V.M. Simulik // Journ. Phys: Conf. Ser. 2017, **804**, p.012040(1–10).
5. V.M. Simulik // Ukr. J. Phys. 2019, **64**, №11, p.1064–1068.

18. О ФЕРМИОННЫХ И БОЗОННЫХ СИММЕТРИЯХ УРАВНЕНИЯ ДИРАКА ВО ВНЕШНЕМ КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ ЯДРА

В.М. Симулик

Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород

Доказано, что уравнение Дирака во внешнем кулоновском поле обладает симметрией, которая определяется 31 операторами, образующими алгебру размерности 31. Найдены две различные фермионные реализации алгебры $SO(1,3)$ группы Лоренца. Получены также две различные бозонные реализации этой алгебры. Генераторы упомянутых алгебр коммутируют с оператором уравнения Дирака во внешнем кулоновском поле и, следовательно, определяют алгебры инвариантности такого уравнения Дирака. Новые операторы симметрии найдены на основе новых гамма-матричных представлений алгебр Клиффорда и $SO(8)$ [1]. Найденные операторы симметрии, которые являются чисто матричными в представлении Фолди–Ваутхайсена, превращаются в нелокальные в модели Дирака. Предварительные результаты известны из публикаций [2, 3].

1. V.M. Simulik // Adv. Appl. Cliff. Alg. 2018, **28**, №5, p.93(1–15).
2. V.M. Simulik, I.O. Gordievich // Journ. Phys: Conf. Ser. 2019, **1416**, p.012034(1–7).
3. V.M. Simulik, I.O. Gordievich // Ukr. J. Phys. 2019, **64**, №12, p.1148–1153

19. АСИМПТОТИКА ФУНКЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРИ $A(p)$

В.І. Жаба

Для функції електричної структури $A(p)$ досліджено основні теоретичні форми асимптотичної поведінки та апроксимації по експериментальним даним і порівняно їх з експериментом провідних колаборацій. Порівнюються асимптотики $A(p)$ в нерелятивістському імпульсному наближенні [1, 2], в наближенні для пертурбативної квантової хромодинаміки (КХД) [3, 4] і для аналітичного результату $A(p)$ згідно формфакторів дейтрона [5] (при використанні оригінального дипольного наближення для нуклонних формфакторів). Крім підходу в КХД, для розглянутих випадків асимптотика структурної функції $A(p)$ представлена у формі степеневі функції p^{-n} .

1. А.Ф. Крутов и др., Теоретическая физика **6**, 71 (2005).
2. А.Ф. Крутов и др., Вестник СамГУ, Естественнонаучная серия **3** (№ 43), 100 (2006).
3. J.W. van Orden, *Electron Scattering* (Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2005), p. 279-289.
4. M. Garcon, J. W. Van Orden, Adv. Nucl. Phys. **26**, 293 (2001).
5. В. І. Жаба, Вісник Львівського університету. Серія фізична **56**, 43 (2019).

20. ПРО СИНГУЛЯРНИЙ РОЗВ'ЯЗОК РІВНЯННЯ ШРЕДІНГЕРА

А.І. Гайсак, І.І. Гайсак

Ужгородський національний університет, Україна

У відомих нам підручниках по квантовій механіці наводиться тільки вираз для першого регулярного розв'язку рівняння Шредінгера для атома водню. Для усунення другого лінійно незалежного розв'язку в різних підручниках наводяться аргументи про не задоволення даного розв'язку крайовій умові в початку координат $u(0)=0$ (див., наприклад, [1-3]).

Методом розкладу в степеневий ряд, нами отримано точний аналітичний вираз для другого незалежного розв'язку рівняння Шредінгера для основного стану атома водню [4]. Розв'язок складається з двох доданків, один з яких необмежено зростає на великих відстанях, а другий містить логарифмічний член і на нескінченості прямує до нуля. Логарифмічний член обумовлює нескінченно велике значення кінетичної енергії в початку координат.

1. Ферми Э. Квантовая механика (конспект лекций). М.:Мир, 1968. -367с.
2. Basdevant J.-L., Quantum mechanics. Springer-Verlag, Berlin, 2002. -511p.
3. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Том 1. М.:Мир, 1974. -341с.
4. Haysak A.I., Haysak I.I. Uzhhorod Univ. Sci. Herald. Series Physics. Is. 45. -2019. p.85-91. DOI: 10.24144/2415-8038.2019.45.85-91.

21. ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ ТА СПАРЮВАННЯ ТОТОЖНИХ НУКЛОНІВ В АДАБАТИЧНОМУ НАБЛИЖЕННІ

В.В. Гриньов, Р.М. Плекан, В.Ю. Пойда
Ужгородський національний університет, Україна

Відомо, що найбільш послідовно кутові і радіальні кореляції нуклонів і відповідно ефекти спарювання нуклонів одного сорту, які проявляється, зокрема, у наявності щілини у спектрах збуджених станів парно-парних ядер, враховуються в надплинній моделі [1, 2] на основі формалізму вторинного квантування. У даній роботі парні кореляції між нуклонами пропонується враховувати в потенціальному підході в рамках адіабатичної тричастинкової моделі [3], в якій парно-парне ядро розглядається як система, що складається із відповідного остова і двох валентних нуклонів, які рухаються в його статичному полі. В основі запропонованої моделі лежить припущення про корельований рух валентних нуклонів, а саме відокремлення руху на швидкий рух по кутових змінних, і адіабатичний (повільний) вздовж гіперрадіусу R .

Ефективність адіабатичного наближення ілюструється на прикладі чисельного розрахунку енергетичних спектрів збуджених станів парно-парних ядер цинку і селену та відповідних енергій спарювання, які обумовлені впливом парних кореляцій тотожних нуклонів. Результати розрахунків узгоджуються в цілому з існуючими експериментальними даними, однак вказують на необхідність врахування поляризації ядерного остова та проведенні змішування конфігурацій у незаповненій оболонці із-за кореляцій тотожних нуклонів.

1. S.T. Belyaev // Dan. Mat. Fys. Medd. 1959, v. 31, p. 1.
2. V.G. Soloviev // Nucl. Phys. 1958, v. 9, p. 655.
3. Р.М. Плекан, В.Ю. Пойда, І.В. Хіміч // УФЖ. 2004, т. 49, с. 743.

22. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЯДЕР СВИНЦА И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.А. Аминов

*Физико-технический институт низких температур
им. Б.И. Веркина НАН Украины, г. Харьков*

Так как изотопы свинца Pb^{208} , Pb^{207} , Pb^{206} являются конечными продуктами распада в трех радиоактивных рядах, то интересным является вопрос о геометрическом строении их ядер. Автором предложено строение в виде последовательности вложенных друг в друга оболочек в виде многогранников. Отличительной особенностью этих оболочек является их полнота (замкнутость), т.е. невозможность их дополнения α -частицами. Проведен анализ состава при делении урана-235 с помощью нейтрона и отмечено интересное свойство сохранения оболочек. Аналогичный подход использован и для некоторых других химических элементов. Проведено сравнение с графиками распространенности элементов в Солнечной системе. Установлено, что в большинстве случаев эти элементы соответствуют пикам графика, т.е. имеют

большую распространенность по сравнению с близкими элементами по атомному весу или изотопами.

23. ПОИСК ПРЯМОГО РОЖДЕНИЯ ПАР ЧАРДЖИНО НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS

Л.Г. Левчук, С.Т. Лукьяненко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Представлены предварительные результаты поиска сигналов суперсимметрии (SUSY) в данных эксперимента CMS на Большом адронном коллайдере (БАК), накопленных в 2016-2017 гг. Обработанная выборка событий – протон-протонных соударений при энергии $\sqrt{s}=13$ ТэВ – отвечает интегральной светимости 77.4 фбн⁻¹. Для данных 2016 г. использовалась их последняя версия, полученная в 2018 г. с усовершенствованием процедуры реконструкции мюонов. Данные 2017 г. были скорректированы, следуя разработанным в эксперименте рекомендациям, учитывающим некоторые особенности работы БАК и детектора CMS в период их набора. Это, в частности, позволило значительно улучшить согласие между данными и моделированием методом Монте-Карло для распределений по дисбалансу поперечного импульса в событии E_T^{miss} . Отбирались события с $E_T^{\text{miss}} > 150$ ГэВ, отсутствием b-струй и двумя высокоэнергетическими (с поперечными импульсами $p_T > 25/20$ ГэВ) противоположно-заряженными изолированными лептонами (мюонами и/или электронами) с инвариантной массой вне области Z-пика. Такая сигнатура соответствует поиску чарджино по распадам $\widetilde{\chi}_1^\pm \rightarrow \widetilde{l}^\pm \nu_l (l^\pm \widetilde{\nu}_l) \rightarrow l^\pm \nu_l \widetilde{\chi}_1^0$, где $\widetilde{\chi}_1^0$ – легчайшее нейтралино. Анализ основан на построении распределений событий по величине M_{T2} , часто используемой в поисках частиц, предсказываемых SUSY-расширениями Стандартной модели (СМ). Показано, что использование переменной M_{T2} заметно увеличивает значимость сигнала, по сравнению с выполненным нами ранее анализом, основанном на распределениях по величине $M_{\text{ст.1}}$. Кроме того, усовершенствован алгоритм отбора событий для лучшей дискриминации фона от процессов СМ. Построены области исключения масс чарджино и нейтралино для данных 2016 и 2017 гг. как по-отдельности, так и после их объединения. В последнем случае за счёт увеличения статистической обеспеченности результатов удалось несколько расширить эту область.

Секция 2. Фундаментальные исследования при промежуточных и высоких энергиях

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКЕ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ ЭЛЕКТРОНОВ ДО 90 МЭВ

*В.Б.Ганенко, В.И.Касилов, Г.Д.Коваленко, Н.И.Маслов, И.Л.Семисалов
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

В ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ проводятся исследования по ядерной физике и физике элементарных частиц как в области сверхвысоких, промежуточных и низких энергий, ядерной астрофизике, взаимодействию излучения с кристаллическими структурами, а также по прикладной физике.

Эти направления исследований являются традиционными для института, и в течение многих лет проводились на линейных ускорителях ЛУЭ-2000 и ЛУЭ-300. Но в данное время в институте уже нет необходимой экспериментальной базы для выполнения исследований на современном уровне, еще существующие установки устарели и имеют ограниченные возможности, как с точки зрения параметров пучка, так и существующей инфраструктуры.

Поэтому для развития исследований необходимо создание установки, которая бы обеспечивала фундаментальные и прикладные исследования, а также подготовку специалистов для исследовательской работы, и работы в наукоемких отраслях экономики.

Для решения этих задач предполагается на первом этапе создать экспериментальную установку на базе ускорителя электронов $E_0 \sim 60$ МэВ в здании №3. Это позволит начать экспериментальные исследования, а также подготовку специалистов в процессе их практической работы на установке. На втором этапе планируется расширить исследования модернизировать установку и увеличить энергию пучка электронов до $E_0 \sim 90-100$ МэВ.

Планируемая научная программа на данном комплексе включает в себя исследования в следующих областях:

- ядерная физика и ядерная астрофизика;
- взаимодействия излучения с веществом и кристаллическими структурами;
- методические исследования, связанные с развитием систем детектирования, тестирование сцинтилляционных материалов и т.д.;
- прикладные исследования в области ядерной медицины и ядерной энергетики.

2. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ В ЗВЁЗДАХ, В ЛАБОРАТОРИЯХ, В КОМПЬЮТЕРАХ

Е. А. Скакун

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

Звёздный нуклеосинтез – это образование в звёздах наблюдаемых в природе изотопов химических элементов. Единственным источником энергии для рождения стабильных изотопов во Вселенной могут быть только ядерные реакции. Изотопы до области железа-никеля синтезировались в реакциях слияния атомных ядер с меньшими Z . Подавляющая часть транс-железных ядер образовалась в реакциях медленного и быстрого радиационного захвата нейтронов – s (*slow*)- и r (*rapid*)-процессы. 35 наблюдаемых в природе стабильных протон-обогащённых ядер в области масс от 74 до 196, названных p -ядрами, не могли образоваться в этих сценариях из-за особенностей изобарных цепочек определённых масс. Этот процесс называют p - или (последнее время) γ -процессом.

Для понимания распространённости изотопов в природе требуется большой массив ядерных данных, важнейшими из которых являются поперечные сечения ядерных реакций с различными частицами не только на стабильных, но и на радиоактивных и возбуждённых ядрах, большая часть которых не может быть измерена экспериментально, в связи с чем большую важность приобретают теоретические вычисления.

В докладе представлены экспериментальные данные по сечениям ядерных реакций, вызываемых протонами и γ -квантами в астрофизической области энергий, и их сравнение с предсказаниями статистической теории ядерных реакций.

3. ВЫХОДЫ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ^{181}Ta ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 84,9$ и $90,5$ МэВ

А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан,
В.О. Гамов, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушнир,
В.В. Митроченко, С.А. Пережогин

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

К настоящему времени подтверждено существование короткодействующих корреляций между протонами и нейтронами в ядрах тяжелых изотопов с избыточным числом нейтронов. Такие взаимодействия приводят к образованию в ядре связанных нейтрон-протонных пар [1], которые очень усложняют расчет энергетической структуры ядра. В связи с этим законы, по которым происходит их образование, до сих пор до конца не изучены.

Для выяснения роли нуклонного спаривания и структуры ядра, при изучении механизмов протекания многочастичных фотоядерных реакций на нейтронно-избыточных ядрах, нами были измерены усредненные сечения $\langle\sigma\rangle$ реакций $^{181}\text{Ta}(\gamma, xn\text{p})$; $x = 1 \div 8$, $y = 1, 2$). Эксперименты проведены на выведенном пучке

электронов ускорителя ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ при граничных энергиях тормозных γ -квантов $E_{\gamma, \max} = 84,9$ и $90,50$ МэВ с применением метода наведенной γ -активности конечного ядра реакции. Для измерения наведенной активности образцов использовался спектрометр на базе полупроводникового HPGe-детектора с эффективностью 20 % и энергетическим разрешением 1.8 кэВ для γ -линии 1332 кэВ ^{60}Co . Проведено сравнение полученных экспериментальных величин $\langle \sigma \rangle$ с теоретическими значениями, рассчитанными в программном коде TALYS 1.9 [2] с учетом как статистических, так и предравновесных механизмов протекания фотоядерных реакций. Выявлено удовлетворительное согласие теории с экспериментом.

1. LB Weinstein, S Bültmann, D Bulumulla et al. // Nature 2018, V. 560, P. 617.
2. A.J. Koning, S. Hilaire, M.C. Duijvestijn. TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling // AIP Conf. Proc. V. 769. P. 1154. <http://www.talys.eu>.

4. ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ДЛЯ ПРОДУКТОВ ФОТОЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ ($\gamma, 3n$) НА МАРГАНЦЕ

О.А. Бесшейко², А.Н. Водин¹, Л.А. Голинка-Бесшейко², А.В. Котенко², В.А. Кушнир¹, Т.В.Повар², В.В. Митроченко¹, С.Н. Олейник¹, С.А. Пережогин¹, C.Vallerand³ (С. Валеранд)

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина

³Лаборатория Линейного Ускорителя, Орсе, Франция (ЛАЛ)

Получение новых экспериментальных данных по взаимодействию гамма-квантов с ядрами в диапазоне энергий (30÷100) МэВ дает возможность проверки теоретических и модельных подходов при исследовании фотоядерных реакций в области энергий выше гигантского дипольного резонанса и более глубокого понимания процессов взаимодействия гамма-квантов с ядрами в этом диапазоне.

Экспериментально определено изомерное отношение для ядра $^{52m.g}\text{Mn}$, которое образуется в реакции $^{55}\text{Mn}(\gamma, 3n)^{52m.g}\text{Mn}$ при облучении гамма-квантами тормозного спектра с граничной энергией 41,7 МэВ. Облучение проводилось на линейном ускорителе электронов ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ с танталовой мишенью толщиной 1,05 мм. Для измерения наведенной активности образцов использовался спектрометр на базе полупроводникового HPGe-детектора с относительной эффективностью 20 % и разрешением по энергии 1,9 кэВ для линии 1332 кэВ ^{60}Co . Было проведено сравнение значений изомерного отношения выходов измеренного экспериментально и рассчитанного теоретически с использованием кода TALYS.

Научная работа авторов из Киевского национального университета имени Тараса Шевченко и ЛАЛ проводилась в рамках работы международной ассоциированной лаборатории LIA IDEATE.

5. ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИИ $^{58}\text{Ni}(\gamma, \text{np}\alpha)^{52\text{m},\text{g}}\text{Mn}$

*О.А. Бесшейко², А.Н. Водин¹, Л.А. Голинка-Бесшейко², А.В. Котенко²,
В.А. Кушнир¹, Т.В. Повар², В.В. Митроченко¹, С.Н. Олейник¹, С.А. Пережогин¹,
С. Vallerand³ (С. Валеранд)*

*¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина
³Лаборатория Линейного Ускорителя, Орсе, Франция (ЛАЛ)*

Проведены измерения изомерных отношений продуктов реакции $^{58}\text{Ni}(\gamma, \text{np}\alpha)^{52\text{m},\text{g}}\text{Mn}$. Облучение проводилось γ -квантами тормозного спектра линейного ускорителя электронов ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ при граничной энергии гамма-квантов 69 МэВ. В качестве тормозной мишени использовался тантал толщиной 1,05 мм. Проводилось облучение образца никеля, обогащенного по изотопу ^{58}Ni . Для измерения наведенной активности образцов использовался спектрометр на базе полупроводникового HPGe-детектора с эффективностью 20 % и энергетическим разрешением 1,9 кэВ для линии 1332 кэВ ^{60}Co . Калибровка детектора по эффективности была выполнена для всех расстояний «образец» - «детектор», на которых набирались аппаратурные гамма-спектры облученных образцов. Для калибровки использовались стандартные источники из набора ОСГИ. Отклонение калибровочных значений от линейной зависимости в дважды логарифмическом масштабе не 2 %.

Научная работа авторов из Киевского национального университета имени Тараса Шевченко и ЛАЛ проводилась в рамках работы международной ассоциированной лаборатории LIA IDEATE.

6. ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИИ $^{103}\text{Rh}(\gamma, 4\text{n})^{99\text{m},\text{g}}\text{Rh}$

*О.А. Бесшейко², А.Н. Водин¹, Л.А. Голинка-Бесшейко², И.Н. Каденко²,
А.В. Котенко², В.А. Кушнир¹, А.А. Палиничак², Т.В. Повар², В.В. Митроченко¹,
С.Н. Олейник¹, С.А. Пережогин¹, С. Vallerand³ (С. Валеранд)*

*¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина
³Лаборатория Линейного Ускорителя, Орсе, Франция (ЛАЛ)*

Проведено исследование процессов возбуждения изомерных состояний дочерних ядер, полученных в результате реакции $^{103}\text{Rh}(\gamma, 4\text{n})^{99\text{m},\text{g}}\text{Rh}$. Измерение изомерных отношений выходов исследуемых образцов ядер проводилось на выведенном пучке линейного ускорителя электронов ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ в диапазоне энергий электронов $E_e = 65 \div 90$ МэВ. Изменение энергии ускоренных электронов осуществлялось путем изменения амплитуды и

фазы СВЧ-сигнала, подаваемого в 1 и 2-ю секцию ускорителя с шагом 2 - 3 МэВ и неопределенностью $\Delta E_c = 200$ кэВ. Тормозная мишень представляла собой танталовую пластину толщиной 1,05 мм.

Целью данной работы являлось исследование зависимости изомерных отношений в реакциях типа $A(\gamma, xn)^{m,g}(A-xn)$ от энергии гамма-квантов в области энергии за гигантским дипольным резонансом, начиная от порога соответствующей реакции (γ, xn) . Полученные экспериментальные данные позволяют судить о различных механизмах фотонейтронных реакций на конкретно взятом ядре, об изменении их относительного вклада по мере изменения энергии фотонов, о заселение изомерного состояния.

Научная работа авторов из Киевского национального университета имени Тараса Шевченко и ЛАЛ проводилась в рамках работы международной ассоциированной лаборатории LIA IDEATE.

7. ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОЧАСТИЧНЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ В НИК «УСКОРИТЕЛЬ» ННЦ ХФТИ

*Н.И. Айзацкий¹, О.А. Бесшейко², А.Н. Водин¹, Л.А. Голинка-Бесшейко²,
А.С. Деев¹, И.Н. Каденко², А.С. Качан¹, В.Ю. Корда³, Л.П. Корда¹,
Э.Л. Купленников¹, В.А. Кушниц¹, В.В. Митроченко¹, С.Н. Олейник¹,
О.А. Репихов¹, И.С. Тимченко¹, Б.И. Шраменко¹, С. Vallerand⁴ (С. Валеранд)*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина

³Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины,
г. Харьков

⁴Лаборатория Линейного Ускорителя, Орсе, Франция (ЛАЛ)

В докладе обсуждаются основные результаты, полученные при исследовании многочастичных фотоядерных реакций (ФЯР) на ядрах с $25 < A < 190$ при граничных энергиях тормозных γ -квантов $E_{\gamma\max}$ от максимума ГДР до 100 МэВ. Эксперименты выполнены в центре фотоядерных исследований «ГАММА» на выведенном пучке электронов ускорителя ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ с применением метода наведенной γ -активности конечного ядра реакции. Приведены экспериментальные данные по усредненным сечениям $\langle\sigma\rangle$ многочастичных реакций на ядрах ^{27}Al , ^{93}Nb , $^{\text{ест}}\text{Mo}$ и ^{181}Ta и по изомерным отношениям d выходов продуктов фотоядерных реакций на ^{52}Mn , ^{58}Ni , ^{93}Nb и ^{103}Rb в диапазоне $E_{\gamma\max} = 35 \div 91$ МэВ с шагом $\Delta E_{\gamma\max} \cong 4 \div 5$ МэВ. Проведено сравнение полученных экспериментальных величин $\langle\sigma\rangle$ и d с теоретическими значениями, рассчитанных в рамках программного кода TALYS 1.9 [1] с учетом как статистических, так и предравновесных механизмов протекания ФЯР. Выявлено удовлетворительное согласие расчетов с экспериментами. Рассмотрены вопросы дальнейшего развития исследований множественных ФЯР

на ядрах в диапазоне $E_{\gamma\max} = 15 \div 100$ МэВ, которые, в ближайшей перспективе, будут проводиться в центре «ГАММА».

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

8. О ВОЗМОЖНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ

*В.А. Цымбал, А.Ф. Стоянов, Э.Л. Купленников, А.Н. Водин, А.С. Деев,
С.Н. Олейник, С.С. Кандыбей*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Рассмотрена возможность создания многоцелевого комплекса для генерации опорного поля тепловых нейтронов на базе портативного источника нейтронов. Показано, что разработка может быть использована для обнаружения делящихся материалов без определения их изотопного состава при инспекции ручной кладки пассажиров аэропортов, почтовых отправлений и т. д. [1]. Кроме того, анализ данных позволит косвенно указать на возможное присутствие в исследуемом объеме химического взрывчатого вещества [2], а также кадмия или бора, которые возможно скрывают делящиеся элементы от обнаружения. В работе даны рекомендации по применению наиболее эффективных приборов и оборудования.

1. В.Л. Ромоданов, В.В. Афанасьев, А.Г. Белевитин и др. Обнаружение делящихся материалов в установках с импульсными нейтронными источниками // Атомная Энергия. Т. 101. Вып. 2. 2006, С. 125-130.

2. Г.В. Яковлев, Г.А. Котельников, В.П. Захарова. Методы обнаружения химических взрывчатых веществ // Атомная техника за рубежом. 1997. № 3, С. 11-19.

9. СРЕДНИЕ СЕЧЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ПАР В РЕАКЦИЯХ

$^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89\text{m.g}}\text{Nb}$ И $^{93}\text{Nb}(\gamma,5n)^{88\text{m.g}}\text{Nb}$ ДО $E_{\gamma\max} = 91$ МэВ

*А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан,
Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушир, В.В. Митроченко,
С.А. Пережогин, Н.Н.Пилипенко*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Определены значения средних по тормозному потоку γ -квантов сечений $\langle\sigma\rangle$ и изомерных отношений d для высокопороговых фотонейтронных реакций

$^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89\text{m,g}}\text{Nb}$ и $^{93}\text{Nb}(\gamma,5n)^{88\text{m,g}}\text{Nb}$. Эксперимент проведен на линейном ускорителе электронов ЛУ-40 НИК «Ускоритель» ННЦ ХФТИ. Мишени ^{93}Nb облучались тормозным пучком γ -квантов с граничными энергиями $E_{\gamma\text{max}}$ в диапазоне (36 ÷ 91) МэВ, наведенная активность образцов измерялась с помощью полупроводникового HPGe-детектора Canberra GC-2018 с энергетическим разрешением 1,8 кэВ по линии 1332 кэВ ^{60}Co .

Найденные экспериментальные значения $\langle\sigma\rangle$ для реакции $^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89\text{m,g}}\text{Nb}$ сравнивались с данными работы [1] при $E_{\gamma\text{max}} = (45 \div 70)$ МэВ и показано их хорошее согласие для случая образования ядра $^{89\text{g}}\text{Nb}$ в основном состоянии. В случае сечения образования ядра $^{89\text{m}}\text{Nb}$ в метастабильном состоянии, полученные результаты оказались несколько выше данных, приведенных в [1].

Сравнение полученных значений $\langle\sigma\rangle$ и d для реакций $^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89\text{m,g}}\text{Nb}$ и $^{93}\text{Nb}(\gamma,5n)^{88\text{m,g}}\text{Nb}$ с расчетами, выполненными в TALYS 1.9 [2], показывает удовлетворительное согласие. Экспериментальные данные по $\langle\sigma\rangle$ и d для реакций $^{93}\text{Nb}(\gamma,4n)^{89\text{m,g}}\text{Nb}$ в области энергий $E_{\gamma\text{max}} = (70 \div 91)$ МэВ и для $^{93}\text{Nb}(\gamma,5n)^{88\text{m,g}}\text{Nb}$ в области энергий $E_{\gamma\text{max}} = (65 \div 91)$ МэВ получены впервые.

1. H. Naik, G.N. Kim, R. Schwengner, et al. // Nucl. Phys. A916 (2013) 168–182.
2. A.J. Koning, S. Hilaire, M.C. Duijvestijn. TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling // AIP Conf. Proc. Vol. 769. - P. 1154-1159. <http://www.talys.eu>.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ МНОГОЧАСТИЧНОЙ РЕАКЦИИ

$^{27}\text{Al}(\gamma,2\text{pn})^{24}\text{Na}$ ПРИ $E_{\gamma\text{max}} = 31,5 \div 100$ МэВ

*А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, В.О. Гамов, А.С. Качан,
Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушниц,
В.В. Митроченко, С.А. Пережогин*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Изучена фотоядерная многочастичная реакция $^{27}\text{Al}(\gamma,2\text{pn})^{24}\text{Na}$ в качестве возможного монитора потока тормозных квантов с энергией порога 31,4 МэВ. Алюминиевая мишень с незначительными ($\approx 2\%$) добавками активировалась потоком тормозных квантов на ЛУЭ-40 НИК «Ускоритель». Спектры γ -излучения облученных мишеней регистрировались детектором Canberra GC-2018. Измерения средних сечений $\langle\sigma\rangle$ реакции $^{27}\text{Al}(\gamma,2\text{pn})^{24}\text{Na}$ проведены с использованием γ -линии при $E_{\gamma} = 1368,6$ кэВ. Экспериментальные значения $\langle\sigma\rangle$ находятся вблизи 0,2 мб.

Для сравнения экспериментального сечения реакции с теорией, был проведен расчет в TALYS 1.9. Найденное расчетное значение $\langle\sigma\rangle \approx 0,12$ мб. Экспериментальные результаты других авторов по измерению $\langle\sigma\rangle$ и оценкам сечений σ методом «разности фотонов» показали значительный разброс данных вблизи 0,2 мб.

Поскольку в спектрах γ -излучения обнаружены линии магния, то с помощью TALYS 1.9 проведена оценка вклада в выход реакции $^{27}\text{Al}(\gamma, 2\text{pn})^{24}\text{Na}$ дополнительных реакций $^{25}\text{Mg}(\gamma, \text{p})^{24}\text{Na}$ и $^{26}\text{Mg}(\gamma, \text{pn})^{24}\text{Na}$. С учетом предполагаемой максимальной концентрации (2%) магния в используемых нами мишенях, и 10% содержанием изотопов ^{25}Mg , ^{26}Mg в натуральном магнии вклад дополнительных реакций в общий выход не превышает 10% при $E_{\gamma\text{max}} > 70$ МэВ.

11. СЕЧЕНИЯ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ $^{93}\text{Nb}(\gamma, \text{n})^{92\text{m,t}}\text{Nb}$ И $^{93}\text{Nb}(\gamma, 3\text{n})^{90\text{t}}\text{Nb}$ ПРИ ГРАНИЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

$$E_{\gamma\text{max}} = 36 \div 91 \text{ МэВ}$$

*А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, А.С. Качан,
Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушир, В.В. Митроченко,
С.А. Пережогин, Н.Н.Пилипенко*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Для определения сечений фотоядерных реакций $^{93}\text{Nb}(\gamma, \text{n})^{92\text{m,t}}\text{Nb}$, $^{93}\text{Nb}(\gamma, 3\text{n})^{90\text{t}}\text{Nb}$ использована методика активации мишеней из ^{93}Nb потоком тормозных квантов на ЛУЭ-40 НИК «Ускоритель». Спектры γ -излучения облученных мишеней регистрировались детектором Canberra GC-2018.

Получены экспериментальные сечения $\langle\sigma(E)\rangle$ для реакций $^{93}\text{Nb}(\gamma, \text{n})^{92\text{m,t}}\text{Nb}$ и $^{93}\text{Nb}(\gamma, 3\text{n})^{90\text{t}}\text{Nb}$, усредненные по тормозному спектру в энергетическом интервале от порога реакции до граничных энергий γ -квантов $E_{\gamma\text{max}} = 36 \div 91$ МэВ. Поток тормозного излучения рассчитывался в GEANT4 с использованием реальных энергетических распределений электронов. Для контроля потока тормозных квантов использованы мишени-свидетели из натурального молибдена и сечение реакции $^{100}\text{Mo}(\gamma, \text{n})^{99}\text{Mo}$.

Измеренные значения $\langle\sigma(E)\rangle$ для реакций $^{93}\text{Nb}(\gamma, \text{n})^{92\text{m,t}}\text{Nb}$ и $^{93}\text{Nb}(\gamma, 3\text{n})^{90\text{t}}\text{Nb}$ находятся в удовлетворительном согласии с оценками, выполненными в TALYS 1.9 [1], и с экспериментальными данными из [2].

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

2. H. Naik, G.N. Kim, R. Schwengner, et al. // Nucl. Phys. A916 (2013) 168–182.

12. СЕЧЕНИЯ ФОТОЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ $^{100}\text{Mo}(\gamma, \text{n})^{99}\text{Mo}$ ПРИ

$$E_{\gamma\text{max}} = 30 \div 100 \text{ МэВ}$$

*А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко, С.Н. Олейник, В.О. Гамов,
А.С. Качан, Л.П. Корда, Э.Л. Купленников, В.А. Кушир,
В.В. Митроченко, С.А. Пережогин*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Использована методика активации мишеней из натурального молибдена потоком тормозных γ -квантов на ЛУЭ-40 НИК «Ускоритель». Экспериментально определены средние сечения $\langle\sigma(E)\rangle$ фотоядерной реакции $^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$ при граничных энергиях тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30\div 100$ МэВ. Сечения усреднялись по тормозному спектру в энергетическом интервале от порога реакции до граничной энергии γ -квантов.

Для определения экспериментальных значений $\langle\sigma(E)\rangle$ использовались две линии γ -излучения при $E_{\gamma} = 739,5$ и $140,511$ кэВ, результаты по которым, в пределах статистики, совпадают. Также средние сечения $\langle\sigma(E)\rangle$ рассматриваемой реакции найдены с использованием расчетных сечений $\sigma(E)$ из TALYS 1.9 и спектров тормозного излучения электронов из GEANT 4.

Сравнение расчетных средних сечений с экспериментальными сечениями показало отличие 8-18%. Указанное отличие определяется в основном отклонением реального потока тормозных квантов от расчетного. Полученные результаты использованы для нормировки сечений фотоядерных реакций на других ядрах.

13. НЕПРУЖНЕ РОЗСІЮВАННЯ ФОТОНІВ НА ЯДРІ ^{137}Ba

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

Робота присвячена теоретичному дослідженню перерізу σ_m реакції $^{137}\text{Ba}(\gamma,\gamma')^{137m}\text{Ba}$ в інтервалі енергій 4 – 18 МеВ. Розрахунки проводилися в два етапи. Спочатку за допомогою програмного пакету TALYS-1.9 [1] обчислювався повний переріз розсіювання гамма-квантів на ядрі ^{137}Ba . Використовувалась наступна схема: на ядро-зразок з параметрами (Z_i, N_i) і спин-парністю (J_i, π_i) падає гамма-квант з енергією E_{γ} ($E_{\gamma}=E_c$) і створюється ядро (компаунд) із значенням спіну і парності (J_c, π_c) . Далі розраховується повний переріз фотопоглинання σ_{tot} . Нижче порогу (γ,n) реакції σ_{tot} вичерпується перерізом повного розсіювання, вище враховується конкуренція каналів розсіювання і вильоту частинок. Вважається, що розпад збудженого ядра відбувається за рахунок двох каналів: нерівноважного процесу і статистичного механізму Хаузера-Фешбаха. Густина рівнів ρ розраховувалась за допомогою моделі Фермі-газу зі зміщенням по енергії.

В рамках статистичного підходу для каналу розсіювання розраховувалося ізомерне відношення перерізів $r = \sigma_m / \sigma_{\text{scat}}^{\text{tot}}$, яке нормувалося на експериментальне ізомерне відношення r при енергії фотонів $E=7.0$ МеВ. Це дозволило одержати переріз σ_m реакції $^{137}\text{Ba}(\gamma,\gamma')^{137m}\text{Ba}$ у всьому досліджуваному інтервалі енергій.

Розрахований таким чином переріз добре узгоджується з експериментом як в області першого максимуму при енергії 7.0 MeV, так і, що важливо, в області другого максимуму при енергії 15.0 MeV.

Koning, A. J., Hilarie, S., Duijvestijn, M. C. (2007), Proceedings of the Conference on Nucl. Data for Science and Technology ND, France, 22-27 May 2007.

14. ПОВНИЙ ПЕРЕРІЗ РЕАКЦІЇ (γ, n) НА ЛЕГКИХ ІЗОТОПАХ ТЕЛУРУ І ЦЕРІЮ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГІЇ ГАММА-КВАНТІВ 9 – 18 MeV

*В. М. Мазур, П. С. Деречкей, З. М. Біган, М. В. Гошовський
Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород*

Широко відомо, що в природі атомні ядра важчі за залізо синтезовані в зірках в основному шляхом захоплення нейтронів. Але є в наявності кілька десятків нейтронно-дефіцитних стабільних ядер, походження яких не можна пояснити таким чином. Ці ізотопи названі р-ядрами продукуються через ланцюжок фотоядерних реакцій. До них належать і ізотопи ^{120}Te , ^{136}Ce .

Результати вивчення виходів і перерізів реакцій (γ, n) на ядрах ^{120}Te і ^{136}Ce представлені в даній роботі. Виміри проводилися в області максимальних енергій $E_{\gamma, \text{max}} = 10.0 - 18.0$ MeV на пучку гальмівних гамма-квантів мікротрону М-30 ІЕФ НАН України. Для вимірювання виходів використовувалась активаційна методика.

Одержані перерізи апроксимувалися кривою Лоренца. Зроблено співставлення одержаних результатів з перерізом реакції $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141}\text{Nd}$, який був вимірний раніше шляхом реєстрації нейтронів на квазімонохроматичному гамма-пучку від анігіляції позитронів на льоту [1].

Проведено теоретичні розрахунки перерізів реакцій $^{120}\text{Te}(\gamma, n) ^{119}\text{Te}$, $^{136}\text{Ce}(\gamma, n) ^{135}\text{Ce}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141}\text{Nd}$ за допомогою програмного пакета TALYS –1.9 і їх порівняння з експериментом. Одержано задовільне узгодження експериментальних і теоретичних результатів.

1. Carlos P., Beil H., Bergere R. et al. // Nucl. Phys. – 1971. – V. A172. – p. 437–448.

15. ЗМІНА ТОПОЛОГІЇ ВИХОДІВ УЛАМКІВ ПОДІЛУ АКТИНІДНИХ ЯДЕР ПРИ ВРАХУВАННІ ЕМІСІЇ ЯДЕРНИХ ЧАСТИНОК

*В.Т. Маслюк, О.О. Парлаг, М.І. Романюк, О.І. Лендел, О.М. Поп
Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород
VMasliuk@nas.gov.ua*

Досліджено зміну топології масово/зарядових спектрів уламків поділу (МЗСУП) при врахуванні емісії ядерних частинок. Встановлення топології МЗСУП традиційними методами при врахуванні емісії ядерних частинок є непростою задачею також для теоретичних досліджень, що використовують, як правило, модель рідкої краплі, модифікованої врахуванням деформації уламків поділу, чи їх взаємодію/динаміку розпаду. Післяподільний стан ядра розглядається при цьому як бінуклідна система, ядерними перетвореннями в якій нехтуються. В доповіді приведені результати дослідження впливу емісії ядерних частинок на МЗСУП в рамках запропонованої кольорової статистики для систематизації уламків поділу. Як приклад використано ізотоп ^{232}Th . Розглядаються ансамблі постійного тиску, термодинамічні параметри яких - тиск та температура визначаються станом вихідного ядра. Коли нейтрони емісії враховуються як статистично незалежні параметри після подільної системи, що містить ядра-уламки, то емісія бета частинок якісно змінює сорт нуклідів у таких ансамблях, а отже і топологію МЗСУП. Отримані дані використовуються для пояснення наявних експериментів по систематизації уламків поділу ^{232}Th .

16. ТОНКА СТРУКТУРА ВИХОДІВ УЛАМКІВ ПОДІЛУ АКТИНІДНИХ ЯДЕР (^{232}T , ^{241}AM)

Маслюк В.Т., Романюк М.І., Парлаг О.О., Скорбун А.Д.

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, Київ

VMasliuk@nas.gov.ua

В даній роботі наведено результати дослідження тонкої структури масово/зарядових спектрів уламків поділу (МЗСУП) актинідних ядер ^{232}Th , ^{241}Am в області легких уламків поділу. Відомо, що ідентифікація таких ядер як ^{14}C , ^{20}O , $^{24,26}\text{Ne}$, $^{28,30}\text{Mg}$, $^{32,34}\text{Si}$ на експерименті має особливий інтерес для задач кластерної радіоактивності. І хоч на даний момент вважається, що для спостережуваних кластерних розпадів механізм кластерної радіоактивності є близьким до α -розпаду, є потреба дослідити, яким чином такі ядра проявляються у МЗСУП? Розрахунок проведено в рамках післяподільного наближення, яке дозволяє вивчати виходи уламків поділу із аналізу статистичних ядерних конфігурацій, що реалізуються у точці розділення вихідного ядра.

Обговорюються деталі тонкої структури виходів уламків поділу ^{232}Th , ^{241}Am , отриманих шляхом чисельного диференціювання їхніх 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 післяподільної емісії ядерних частинок.

17. ФОРМИРОВАНИЕ ПУЧКОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ФОТОНОВ ДВУХСЛОЙНОЙ МИШЕНЬЮ (Та+В₄С) НА МИКРОТРОНЕ М-30 ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РЕАКЦИЙ ФОТОДЕЛЕНИЯ АКТИНИДОВ

*О.О. Парлаг, В.Т. Маслюк, И.В. Пилипчинец, Е.В. Олейников,
А.И. Лендел, Н.И. Романюк, В.М. Головей*

Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород

Проанализирована возможность использования двухслойной мишени (Та+В₄С) [1] для получения «чистых» пучков высокоэнергетических фотонов для области энергий 8 ÷ 18 МэВ на электронном ускорителе - микротроне М-30. Для реализации представленной задачи были проведены экспериментальные исследования поглощения электронов в материалах (Та и В₄С) из которых изготавливалась двухслойная мишень и их комбинации (Та+В₄С) методом пропускания [2]. Дополнительно проводились исследования для С, Al, Та+С и Та+Al. Проведены измерения поглощения интегральных потоков высокоэнергетических фотонов (от порогов ⁵⁵Mn, ¹⁹⁷Au(γ,n) до максимальных энергий тормозных фотонов) для В₄С. Все экспериментальные измерения проводились в точке на плоскости перпендикулярной к оси электронного пучка, то есть в точке потенциальной установки делящихся образцов.

Установлено, что при использовании двухслойной мишени (Та+В₄С) поглощаются от ~ 93 % (17.5 МеВ) до ~ 98 % (10 МеВ) электронов, а поглощение высокоэнергетических фотонов не превышает ~ 10 % (17.5 МеВ) и ~ 16 % (12.5 МеВ).

1. О.О. Парлаг та ін. // Патент України UA № 96384. Бюл. № 3. 10.02.2015.

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

18. ВЫХОДЫ ПРОДУКТОВ ФОТОДЕЛЕНИЯ ЯДРА ²⁴¹Am ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ТОРМОЗНЫХ ФОТОНОВ 14.5 МЭВ

*О.О. Парлаг, В.Т. Маслюк, Е.В. Олейников, И.В. Пилипчинец,
А.И. Лендел, Й.Й. Гайниш*

Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород

Проведены измерения относительных выходов продуктов (^{85m}Kr, ^{91m}Y, ⁹²Sr, ⁹⁷Zr, ⁹⁹Mo, ¹⁰⁵Ru, ¹³¹Te, ¹³²Te, ¹³³I, ¹³⁴I, ¹³⁵I, ¹³⁸Cs, ¹³⁹Ba, ¹⁴⁰Ba, ¹⁴²La, ¹⁴³Ce, ¹⁴⁷Nd, ¹⁴⁹Nd) фотodelения ядра ²⁴¹Am при максимальной энергии тормозного излучения 14.5 МэВ. Облучение делящейся сборки, состоящей из мишени ²⁴¹Am, коллиматора (для предотвращения попадания ядер на коллектор) и коллектора осколков, проводились на микротроне М-30 ИЭФ НАН Украины при максимальной энергии тормозного излучения 14.5 МеВ. Формирование пучка высокоэнергетических фотонов осуществлялось при помощи двухслойной мишени (Та (1 мм) + В₄С (18 мм)). Для измерений запаздывающего

гамма-излучение от продуктов деления использовались Ge(Li)- и HPGe- детекторы (100 см³ и 150 см³ соответственно). Рассчитаны полные выходы продуктов деления, просуммированные по всей массовой цепочке, по формуле для распределения средних зарядов осколков с данным массовым числом [1].

Экспериментальные значения выходов продуктов в пределах ошибок совпадают с результатами моделирования GEF-кодом [2].

1. О.О. Парлаг та ін. // Ядерна фізика та енергетика - 2009. - Т. 10, № 3. - С. 288 - 292.

2. GEF code. Version 2019/1.1 (Release: February 5, 2019)

19. КОНТРОЛЬ СООТНОШЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ИОНОВ, УПАВШИХ НА ОБРАЗЕЦ И СТАНДАРТ, ПРИ АНАЛИЗЕ МАТЕРИАЛОВ НА НИЗКОИНТЕНСИВНОМ ПУЧКЕ ДВУХЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ГЕЛИЯ

*В.Н. Бондаренко, В.В. Левенец, В.И. Сухоставец,
С.Н. Утенков, К.В. Шебеко*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Использование пучка ионов ${}^4\text{He}^{++}$ на малогабаритном электростатическом ускорителе “Сокол” ННЦ ХФТИ с соответствующим двукратным увеличением энергии ионов расширяет область применения данной установки для анализа образцов материалов с помощью обратного рассеяния [1]. В частности, становится возможным определение концентрационных распределений кислорода в приповерхностном слое материалов с помощью измерения функции возбуждения в окрестности резонанса 3,04 МэВ в упругом рассеянии ${}^{16}\text{O}(\alpha, \alpha){}^{16}\text{O}$. Однако, в силу низкой интенсивности пучка двухзарядных ионов гелия (несколько нА) и трудностей отделения этого пучка с помощью анализирующего магнита от сопутствующего пучка ионов H_2^+ , примесь которых всегда присутствует в ионном источнике ускорителя, возникает проблема определения соотношения числа ионов, упавших на образец и на внешний стандарт во время соответствующих экспозиций. Для нахождения этого соотношения предложена простая процедура расчета на основе измеренных выходов упругого рассеяния на тяжелых элементах, входящих в состав вещества в образце и в стандарте.

1. Karpus S.G., Bondarenko V.N., Goncharov A.V., Glazunov L.S., Zats A.V., Kuzmenko V.V., Pistryak V.M., Sukhostavets V.I. Application of ${}^4\text{He}^{2+}$ and ${}^3\text{He}^{2+}$ beams of the compact accelerator “SOKOL” for ion beam analysis. // EEJP.-2015.- Vol.2.-No.2.-P.90-98.

20. ФОТОРАСЩЕПЛЕНИЕ ЯДРА ${}^{12}\text{C}$ ЛИНЕЙНО-ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ ФОТОНАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 40-80МЭВ

В.Б.Ганенко, Д.Д.Бурдейный

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

В работе представлены результаты анализа сечений и асимметрии сечения реакции фотодезинтеграции ядер углерода $^{12}\text{C}(\gamma, \text{p})^{11}\text{B}$ в промежуточной области энергий 40-80 МэВ, когда ядро ^{11}B находится: в основном состоянии $3/2^-$; в первом возбужденном состоянии $1/2^-$; а также в возбужденных состояниях $3/2^+$ и $7/2^-$.

Измерения были проведены в лаборатории МАХ-лаб (Лунд, Швеция) в течении двух сеансов на пучке линейно поляризованных фотонов. Для контроля данных, одновременно в каждом сеансе выполнялись измерения реакции $\text{d}(\gamma, \text{p})$. В пределах точности данные сечения и асимметрии реакции $\text{d}(\gamma, \text{p})$ хорошо согласуются с литературными данными.

Результаты исследования показали, что значение асимметрии сечения реакции $^{12}\text{C}(\gamma, \text{p}_0)^{11}\text{B}$ и $^{12}\text{C}(\gamma, \text{p}_{01})^{11}\text{B}$ достаточно велико $\Sigma \approx 0.9$ и хорошо согласуется с расчетами по модели RPA (Random Phase Approximation), выполненными по релятивистской модели, и значительно расходится с расчетами, выполненными по квазидейтронной модели, что указывает на одночастичный механизм данных реакций. Асимметрия сечения реакций $^{12}\text{C}(\gamma, \text{p}_1)^{11}\text{B}$ и $^{12}\text{C}(\gamma, \text{p}_{4,6})^{11}\text{B}$ имеет значение $\Sigma \approx 0.6$, которое близко к асимметрии реакции $\text{d}(\gamma, \text{p})$, что может свидетельствовать о существенном вкладе двухчастичного $2\text{h}1\text{p}$ механизма поглощения фотона.

21. ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ НЕЙТРОННОГО СПІНОВОГО ФІЛЬТРУ НА ОСНОВІ ПОЛЯРИЗОВАНОГО ^3He У МАГНІТНИХ ПОЛЯХ

А.А. Беляев, О.О. Луханін, О.О. Луханін, В.П. Попов, Є.О. Споров
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Поляризований ^3He використовується для різних наукових цілей, таких як дослідження структури нуклонів, пошук електричного дипольного моменту у слабких взаємодіях, в магніто-резонансній томографії, магнітометрії, в експериментах з розсіювання нейтронів та ін. В експериментальних дослідженнях спінові фільтри на основі поляризованого ^3He використовують для створення поляризованих пучків нейтронів, аналізу поляризації розсіяних нейтронів та як мішені поляризованих нейтронів. Поширеним методом отримання поляризованого ^3He є збільшення поляризації ядер ^3He при спінобмінній взаємодії ядер ^3He з оптично поляризованими парами лужних металів. Застосування спінових фільтрів на основі ^3He для одержання поляризованих пучків нейтронів вимагають поляризації ядер $^3\text{He} \sim 50\%$. Поляризовані пари лужних металів можуть бути використані для визначення величини магнітного поля у осередку мішені у діапазоні 20-40 Гаус з високою точністю. Вимір магнітного поля проводиться по зсуву частоти квантових переходів між земанівськими підрівнями при умовах електронного парамагнітного резонансу

атомів лужного металу рубідію у спіновій системі $^{85}\text{Rb} - ^3\text{He}$. Проведено розробку структурної схеми магнітометра, яка складається з систем оптичного накачування, детектування оптичного спектру рубідію, реєстрації сигналу електронного парамагнітного резонансу. Для прийому і обробки даних отриманої інформації планується використання програмного забезпечення Labview. Важливою характеристикою розробки є використання умов з прямо пропорційною залежністю частоти сигналу електронного парамагнітного резонансу від магнітного поля. Проведено розрахунки для одного з режимів роботи магнітометра.

22. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ $^{16}\text{O}(\gamma, p)^3\text{H}3\alpha$ И $^{16}\text{O}(\gamma, n)^3\text{He}3\alpha$ ПРИ $E_\gamma^{\text{макс}}=150$ МэВ

Афанасьев С.Н., Догюст И.В.

ІНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Методом диффузионной камеры в магнитном поле исследованы реакции многочастичного фоторасщепления ядра кислорода $^{16}\text{O}(\gamma, p)^3\text{H}3\alpha$ и $^{16}\text{O}(\gamma, n)^3\text{He}3\alpha$. Измерена зависимость выхода реакций от энергии γ -кванта (E_γ) в интервале от порога реакций (Q) до 150 МэВ. Наблюдается широкий околопороговый резонанс, имеющий максимум при $T_0=E_\gamma Q \sim 15$ МэВ. С ростом энергии происходит изменение скорости убывания выходов обеих реакций и их отношение становится близко к 1.

В распределениях по средней энергии конечных частиц видно, что большую часть энергии уносят нуклоны, во всем диапазоне превышая статистическое распределение. При $T_0 < 15$ МэВ нуклоны имеют $\sim 50\% T_0$, а при $T_0 > 15$ МэВ - $\sim 90\% T_0$, что коррелирует с изменениями в спектральном распределении. Выполнен анализ энергетических и угловых распределений пары $p(n) + ^3\text{H} (^3\text{He})$ в зависимости от энергии T_0 . Не найдено согласие с расчетом в рамках механизма взаимодействия γ -кванта с α -частицей. Определено, что вид распределений зависит от параметров нуклонов.

Показано, что реакции имеют последовательный характер: отделяется нуклон и образуются высоковозбужденные состояния ядра ^{15}N и ^{15}O соответственно: $\gamma + ^{16}\text{O} \rightarrow p(n) + ^{15}\text{N}^*(^{15}\text{O}^*)$. В кривой возбуждения системы 2α -частиц обнаружен резонанс, идентифицированный как основное состояние ядра ^8Be , его относительный выход $\sim 20\%$ от полного выхода реакции.

23. ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ЯДРА ^{12}C при $q = 1,1 \div 1,5$ фм $^{-1}$

А.Ю. Буки, И.С. Тимченко

ІНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Проведена обработка результатов измерений рассеяния электронов на ядрах ^{12}C , которые были выполнены ранее на ускорителе ЛУЭ-300. Радиационная корректировка спектров произведена в одномерном варианте по уравнениям работы [1]. В итоге получены значения поперечной $R_T(q, \omega)$ и продольной $R_L(q, \omega)$ функций отклика при переданных импульсах $q = 1,1 \div 1,5 \text{ фм}^{-1}$. При этих переданных импульсах экспериментальные значения R_L -функции и её экстраполяция степенной функцией к переданной энергии $\omega \rightarrow \infty$ приводят к значениям кулоновской суммы $S_L(q)$.

Как отмечено в работе [2], которая базировалась на компиляции данных по кулоновским суммам [3] (см. стр. 547-550), начиная с некоторого $q = q_p$, величина $S_L(q)$ становится постоянной S_{L0} . Значения q_p и S_{L0} у каждого ядра свои. Так, по данным [3], найдено, что в случае ядра ^{12}C $q_p = 1,6 \text{ фм}^{-1}$, а $S_{L0} \approx 0,8$.

Наши предварительные результаты по ядру ^{12}C указывают на $S_{L0} \approx 1$.

В связи с этим заметим, что в работе [4] утверждается: данные, приведенные в [3], ошибочны, для всех ядер должно выполняться равенство $S_{L0} = 1$.

1. Tsai Y.S., Report SLAC-PUB-848 (1971).
2. Buki A.Yu., Timchenko I.S., East Eur. J. Phys. **5**, 36 (2018).
3. A. Zghiche, J.F. Danel, M. Bernheim, et al., Nucl. Phys. **A 572**, 513 (1994).
4. Jourdan J., Nucl. Phys. **A603**, 117 (1996).

24. ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА ПО ПЕРЕДАННОЙ ЭНЕРГИИ

А.Ю. Буки, И.С. Тимченко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Моменты продольной $R_L(q, \omega)$ и поперечной $R_T(q, \omega)$ функций отклика это их интегралы по переданной энергии ω от 0 до ∞ . Поскольку $R_{T/L}$ -функции могут быть измерены до некоторого значения ω_{\max} , то для получения моментов необходимо экстраполировать $R_{T/L}$ -функции в область $\omega \rightarrow \infty$. Обычно в качестве функции экстраполяции применяют степенную функцию

$$R^i(q, \omega) = C(q) \omega^{-\alpha},$$

где $C(q)$ – подгоночный коэффициент к экспериментальным значениям $R_{T/L}$ -функций вблизи ω_{\max} . В теоретических работах найдено, что параметр $\alpha = 3 \div 4$ для ядра ^2H [1] и $\alpha = 2,5$ для ядер с $A \geq 4$ [2]. По экспериментальным данным (см. стр. 180 [3]) найдено для ^2H $\alpha = 3,03 \pm 0,15$; ^4He $\alpha = 2,19 \pm 0,10$; ^6Li $\alpha = 2,56 \pm 0,06$. Значение α для ^4He хотя и близко к расчётному, но явно не согласуется с ним. Возможно, это объясняется тем, что A ядра ^4He является крайним в рассматриваемом диапазоне атомных номеров ядер. Для того, что бы выяснить достоверность расчётного значения α для ядер с $A > 4$ нами были

рассмотрены экспериментальные данные по ядрам ${}^7\text{Li}$ и ${}^{12}\text{C}$. Найдено, что для ${}^7\text{Li}$ $\alpha = 2,45 \pm 0,15$ и для ${}^{12}\text{C}$ $\alpha = 2,60 \pm 0,10$. Эти значения согласуются с расчётом [2]. Отметим, что знание параметра α значительно упрощает эксперименты по получению моментов функций отклика и позволяет повысить точность их результатов.

1. Orlandini G., Traini M., Rep. Prog. Phys. **54**, 257 (1991).
2. Tornow V., Orlandini G., Traini M., et al. Nucl. Phys. **A348**, 157 (1980).
3. Айзацкий Н.И., Афанасьев С.Н., Буки А.Ю., и др. Исследование атомных ядер электронами.../Харьков: ННЦ ХФТИ, 2017-393 с. ISBN 978-617-619-203-9.

25. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЧЁТЧИКА ЧАСТИЦ

А.Ю. Буки

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Эффективность счётчика частиц $\eta(E) = N(E)/n(E)$, где $n(E)$ количество частиц падающих на детектор счётчика, из которых $N(E)$ регистрируется. Величина $\eta(E)$ может зависеть от энергии падающих частиц E . Чтобы получить значения эффективности, соответствующие энергиям E_i , нужно провести измерения $n(E)$ и $N(E)$ при этих энергиях, то есть на моноэнергетичных потоках частиц.

Предлагается определять значения эффективности, используя широкие по шкале энергий потоки частиц. Для этого разделим спектр налетающих частиц на I интервалов и обозначим среднюю в i -том интервале энергию E_i , и количество попавших в него частиц $n'(E_i)$. Из этого интервала будет зарегистрировано частиц $N'_i = \eta(E_i) \times n'(E_i)$. Сумма всех регистрируемых частиц

$$N^{\text{exp}} = \sum^I \eta(E_i) \times n'(E_i).$$

Здесь N^{exp} измеряемая счётчиком величина, связанная линейным уравнением с I неизвестными $\eta(E_i)$. Для нахождения значений $\eta(E_i)$ необходима система из I различных уравнений. То есть различны должны быть все I спектр, на которых основываются уравнения. Источником множества потоков с необходимыми спектрами может быть один первичный поток частиц с известным спектром, проходящий сквозь пластину с заданными составом и толщиной. Пластина на пути потока частиц в зависимости от её толщины и состава искажает спектр. Таким образом, варьируя пластины можно получить ряд различных спектров, и измерить соответствующие им значения N^{exp} . Величины $n'(E_i)$ находятся из расчёта спектров выполняемых численным моделированием с помощью соответствующих вычислительных программ. Что касается практичности изложенного метода, то это можно определить из опыта проведения нескольких измерений.

26. ${}^4\text{He}$ ПОЛЯРИМЕТР

Ю.П. Ляхно

ІНЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН України

У ряді робіт проведено вимірювання диференційного перетину ${}^4\text{He}(\gamma,p)\text{T}$ і ${}^4\text{He}(\gamma,n){}^3\text{He}$ реакцій з якого обчислено перетин реакцій в колінеарній геометрії. Цей перетин обумовлений переходами зі спіном $S=1$ кінцевого стану системи частинок. Наявні експериментальні дані показують що відношення v перетину в колінеарній геометрії до перетину реакції при полярному куті вильоту нуклона $E_N=90^\circ$ в області енергій фотонів $20 \leq E_\gamma \leq 100$ MeV в межах статистичних помилок не залежить від енергії фотона. Відношення перетину переходів зі спіном $S=1$ до повного перетину реакції становить $v \sim 0.01$. Аналогічні результати здобуті при дослідження реакції радіаційного захоплення поляризованих протонів ядрами тритію в області енергій фотонів $E_\gamma < 29$ MeV. У цих роботах зроблено висновок про те, що основними переходами зі спіном $S=1$ можуть бути $E1\ {}^3P_1$ або $M1\ {}^3S_1$ переходи.

Відмінність асиметрії $\Sigma(\theta_N)$ перетину ${}^4\text{He}(\gamma,p)\text{T}$ і ${}^4\text{He}(\gamma,n){}^3\text{He}$ реакцій з лінійно поляризованими фотонами від одиниці також обумовлено переходами зі спіном $S=1$. Якщо відомий перетин реакції в колінеарній геометрії і який саме перехід є основним, то асиметрію $\Sigma(\theta_N)$ можна однозначно обчислити. Так асиметрія при полярному куті вильоту нуклона $\theta_N = 90^\circ$ може бути обчислена по співвідношенню $\Sigma(90^\circ) = 1/(1+v) \sim 0.99$.

Таким чином, реакції ${}^4\text{He}(\gamma,p)\text{T}$ і ${}^4\text{He}(\gamma,n){}^3\text{He}$ можна використати для вимірювання ступені лінійної поляризації фотонних пучків. Високе значення асиметрії $\Sigma(\theta_N)$, а також її незалежність від енергії фотона в широкій області енергій можуть зробити ядро ${}^4\text{He}$ зручнішим для вимірювання ступені лінійної поляризації фотонних пучків ніж дейтрон.

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

1. ИЗМЕРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДАВЛЕНИЯ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОНОВ 1—3 ГэВ

*Н.В. Бондаренко^{1,2}, О.О. Иващук³, А.С. Кубанкин^{3,4}, Р.М. Нажмудинов^{3,4},
С.В. Трофименко^{1,2}, А.В. Щагин^{1,3}*

¹ *ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

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

³ *Белгородский Национальный исследовательский университет, Россия*

⁴ *Физический институт имени П.Н. Лебедева, Россия*

Диэлектрическое подавление спектра тормозного излучения от ультрарелятивистских электронов (эффект Тер-Микаеляна [1]) возникает вследствие того, что с учетом небольшого отличия диэлектрической проницаемости мишени от единицы, фазовая скорость излучаемого рентгеновского фотона или гамма-кванта слегка отлична от скорости света и окосветовой скорости излучающего электрона, приводя к ослаблению взаимной когерентности электрона и фотона. Этот эффект конкурирует с подавлением тормозного излучения по механизму Ландау-Померанчука-Мигдала, и при умеренно высоких энергиях электронов (1—10 ГэВ), и умеренном атомном номере мишени может быть доминирующим. Обсуждаются условия его наблюдения в объемном вкладе тормозного излучения, в условиях поглощения излучения в мишени, и на фоне краевых эффектов. Представлены предварительные результаты наблюдения эффекта на ускорителе DESY Test Beam для электронов 1—3 ГэВ, проходящих через алюминиевую мишень толщиной 1 см, в спектральной области фотонов 20—800 кэВ.

1. М.Л. Тер-Микаелян, ДАН СССР, сер. физ., 94 (1954) 1033.

2. ОТКЛОНЕНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ, ДВИЖУЩИХСЯ В ИЗОГНУТОМ КРИСТАЛЛЕ В РЕЖИМЕ ПЛОСКОСТНОГО КАНАЛИРОВАНИЯ

И.В. Кириллин, Н.Ф. Шульга

¹ *ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

² *Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина*

Одним из трёх основных механизмов отклонения высокоэнергетических заряженных частиц при их прохождении через ориентированный изогнутый кристалл является плоскостное каналирование в изогнутом кристалле. Этот механизм был предложен в работах [1,2] и хорошо исследован как теоретически, так и экспериментально для положительно заряженных частиц. В докладе проводится анализ эффективности отклонения отрицательно заряженных частиц, движущихся в изогнутом кристалле в режиме плоскостного каналирования. Найдена зависимость максимального угла отклонения заданной

доли пучка отрицательно заряженных частиц и оптимального радиуса кривизны кристалла от энергии частиц [3].

Tsyganov E.N. Preprint Fermilab. 1976. TM-682.

Tsyganov E.N. Preprint Fermilab. 1976. TM-684.

Kirillin I.V., Shul'ga N.F. *Eur. Phys. J. C.* 2019. Vol. 79. P. 1015 (1–6).

3. СПЕКТРЫ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ КАНАЛИРОВАННЫХ ЧАСТИЦ В ТОНКИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МИШЕНЯХ

С.В. Трофименко, И.В. Кириллин

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина*

На основе компьютерного моделирования исследованы спектры ионизационных потерь частиц высоких энергий, движущихся в режиме каналирования в тонких кремниевых и германиевых мишенях. В отличие от более ранних работ [1, 2], выполненных при условиях, когда длины деканалирования l_d значительно превышают толщины кристаллов, в настоящей работе рассмотрена ситуация, когда l_d по порядку величины совпадает с толщиной кристалла. Показано, что при этом спектры потерь, вообще говоря, сильно отличаются от распределения Ландау и подобны спектрам потерь короткоживущих частиц в тонких аморфных мишенях [3]. Кроме того, при рассматриваемых условиях спектры существенно зависят от энергии частиц, а их форма определяется отношением l_d к толщине кристалла. Предложен метод экспериментального определения длины деканалирования частиц (в частности, электронов) и их энергии на основе измерения таких спектров.

1. S. Pape Møller et al. // *Phys. Rev. A*, 2001, v. 64, p. 032902.

2. H. Esbensen et al. // *Phys. Rev. B*, 1978, v. 18, p. 1039.

3. С.В. Трофименко // В сб. тезисов XVII конференции по физике высоких энергий и ядерной физике, г. Харьков, 2019, с. 110-111.

4. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОННЫХ СУГУСТКОВ ПРИ НАЛИЧИИ КОГЕРЕНТНЫХ ЭФФЕКТОВ

С.В. Трофименко

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина*

В работе [1] было показано, что для электронных сгустков (банчей) с достаточно высокой плотностью частиц и малыми пространственными размерами возможен эффект когерентного усиления ионизационных потерь (ИП). При этом в достаточно тонких твердотельных мишенях величина ИП сгустка может на несколько порядков превышать обычную сумму независимых потерь отдельных частиц сгустка, определяемую формулой Бете-Блоха. При этом для вычислений использовалась упрощенная модель атомов вещества как классических гармонических осцилляторов. В настоящей работе задача о возбуждении и ионизации атомов вещества сгустком рассмотрена в рамках квантовой механики на основе теории возмущений. Данный подход позволяет вычислить ряд параметров, определяющих ИП сгустка, для которых в упрощенной модели [1] использовались приближенные усредненные значения. Проведено точное вычисление ИП при различных формах сгустка для газовой мишени из водорода. Показано, что при параметрах электронных сгустков, достижимых на ряде современных ускорителей, в мишенях из легких или разреженных тяжелых газов, в отличие от мишеней твердотельных, существенное когерентное усиление ИП может иметь место при произвольной толщине мишени.

1. S.V. Trofymenko, N.F. Shul'ga // Phys. Lett. A, 2019, V. 383, p. 2561.

5. ВЛИЯНИЕ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКА ПОЗИТРОНОВ НА ПОВЕДЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАССЕЯНИИ НА УЛЬТРАТОНКОМ КРИСТАЛЛЕ.

С.Н. Шульга^{1,2}, Н.Ф. Шульга^{1,2}

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

²*ИНЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины*

Рассмотрено влияние угловой расходимости пучка позитронов с энергией ГэВ-диапазона на поведение спектральной плотности излучения при рассеянии в поле кристаллографических плоскостей (110) кристалла кремния при толщинах, позволяющих не более нескольких колебаний каналирования. Показано, что при росте расходимости часть минимумов толщинной зависимости превращаются в максимумы, а другая часть при этом оказываются практически не затронутыми ростом расходимости. Таким образом, пространственный период повторения экстремумов зависимости плотности излучения от толщины эффективно удваивается. Дано объяснение такого поведения на основе классической динамики движения частиц. Даны аналитические оценки параметров процесса в рамках модели квадратичного плоскостного потенциала.

Секция 4. Физика и техника детекторов излучений

1. ОПТИМИЗАЦИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕКТОРА МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 5 КЭВ-10 МЭВ

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

Обсуждаются проблемы работы детектора в широком диапазоне энергий. Проведены эксперименты с прототипом разрабатываемого кремниевого детектора предназначенного для измерения мощности дозы в диапазоне энергий 5 кэВ – 10 МэВ. Определены механизмы погрешностей при измерении в разных диапазонах энергии. Подтверждено хорошее соответствие модели и экспериментальных результатов. Проанализирован метод использования фильтров рассеивателей для выравнивания чувствительности в диапазоне энергий до 10 МэВ. Сформулированы требования необходимые для оптимизации конструкции детекторов, работающих в широком диапазоне мощностей доз и энергии гамма излучения методом компьютерного моделирования. Предложен метод поправок определения плотности поглощенной энергии по степени неоднородности энерговыделения.

2. АКТИВАЦІЙНІ ДЕТЕКТОРИ НЕЙТРОНІВ

*Гайсак І.І., Мартишчкін В.О., Окунев О.Г., Фрадкін О.М.
Ужгородський національний університет, Україна*

Мікротрон М-10 Ужгородського національного університету може бути ефективним джерелом швидких та теплових нейтронів в результаті використання (γ, n) – реакції.

Прискорений пучок електронів у вольфрамівій мішені товщиною 2 мм перетворюється у потік γ -квантів неперервного енергетичного спектру. Далі на шляху потоку γ -квантів у парафіновому сповільнювачі розташовується циліндричний берилієвий блок, який слугує нейтронним конвертором. Нейтрони, для подальшої активації мішеней, отримуються за рахунок ядерної реакції $\text{Be}^9(\gamma, n)\text{Be}^8$, з порогом реакції 1,67 МеВ. Розміри, берилієвого блоку - $\varnothing 10 \times 14$ см, вага 2 кг. Упритул до берилієвого блоку були розташовані

активаційні детектори нейтронів Co-59 та In-115, які опромінювались на протязі ~10 хв.

Дослідження енергетичного спектру активованих мішеней показує, що в мішені Co активується ізомерний рівень 58,6 кеВ та основний стан Co-60, що дає відомі рівні 1173 кеВ та 1332 кеВ. В мішені індію спостерігається 4 рівні (416 кеВ, 1096 кеВ, 1293 кеВ та 2112 кеВ). При енергії виведеного пучка електронів 8,6 МеВ та струмі 5 мкА густина потоку теплових нейтронів становила $2 \cdot 10^6$ н/(см²*с). Дані типи активаційних детекторів можуть слугувати для виявлення, та дослідження потоків теплових нейтронів.

1. Н.А. Власов, *Нейтрони* (Гос. изд-во тех.-теорет. лит., Москва, 1955).
2. Г.В. Васильєва, В.О. Мартишичкін, І.І. Гайсак, *XV Конференція по фізиці високих енергій, ядерній фізиці і прискорювачам* (ННЦ ХФТІ, Харків, 2017), с. 68.
3. K. Katovsky *et al.*, Biodiversity after the Chernobyl Accident **1**, 110 (2016).

3. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТИРУЮЩЕГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ ОДНОСТОРОННЕЙ КРЕМНИЕВОЙ ФОТОСЕНСОРНОЙ МАТРИЦЫ СО СЦИНТИЛЛЯТОРАМИ.

С.К.Курпич, Н.И.Маслов, И.Н.Шляхов

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Разработана конструкция детектирующего модуля на основе кремниевой фронтально облучаемой односторонней фотосенсорной матрицы со сцинтилляторами. Матрица изготавливается на двухсторонне полированных пластинах диаметром 100 мм из высокоомного кремния N-типа с удельным сопротивлением 5-10 кОм·см, временем жизни неосновных носителей заряда $\tau > 1000$ мкс и ориентацией $\langle 100 \rangle$. Исключение экранирования фоточувствительной поверхности матрицы элементами электрической коммутации обеспечивается за счет использования алюминий-полиимидных микрокабелей при условии размещения их на фронтальной стороне матрицы в зазорах между сцинтилляторами. Установка предварительных каскадов усиления сигнала на плате с обратной стороны матрицы в пределах площади матрицы позволяет создать детектирующий модуль компактного размера с минимальными потерями эффективной площади регистрации. Модуль с 64-мя детектирующими ячейками, расположенными с шагом 4,1 мм, не превышает площадь 35x35 мм².

Доклад содержит результаты исследований, проведенных при грантовой поддержке УНТЦ в рамках проекта №9903.

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ.

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

Стенд с ручной установкой зондов осуществляет измерение вольтамперных и вольтфарадных характеристик на подключенных к зондам элементах детектора.

Стенд с автоматическим переключением элементов детектора и режимов измерения проводит последовательное измерение заданных параметров для различных элементов детектора с подключением соответствующих режимов и приборов.

Программное обеспечение позволяет управлять работой зондовой станции и измерительных приборов. Полученная информация записывается в файлы на диске и доступна для дальнейшей обработки.

5. РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУМЕРНЫХ МАТРИЦ И ОДНОКАНАЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ.

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

Изготовление детектирующих модулей на основе безкорпусных неохлаждаемых кремниевых детекторов предусматривает предварительное тестирование детекторов и определение спектрометрических характеристик, что позволяет отобрать детекторы с требуемыми характеристиками. Обычно, определение спектрометрических характеристик кремниевого детектора выполняется после монтажа его в корпус детектирующего модуля, что требует проведение операций сборки (приклейки, сварки выводов, термообработки, герметизации, и др.) без гарантии, что на операцию сборки поступает детектор с требуемыми характеристиками, и отбраковка выполняется после сборки. С целью исключения неоправданных затрат на сборку модулей с детекторами, не прошедшими тестирование, спроектирован и изготовлен спектрометр для измерения энергетического разрешения выделенных элементов матриц и одноканального детектора до сборки.

Работа проводилась при поддержке проекта НТЦУ №9903.

6. ХАРЬКОВСКАЯ ТЕСТОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКИ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ Si ДЕТЕКТОРОВ И ДЕТЕКТОРНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

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

Создана универсальная тестовая платформа для исследований и разработки планарных детекторов излучения для использований в медицине. Запланированы и реализованы следующие возможности выполнения работ:

- измерения электрофизических характеристик отдельных детекторов и матриц детекторов на основе станции с ручным перемещением микрозондов;
- измерения выхода годных детекторных элементов матриц тестовой станцией с автоматизированным перемещением микрозондов и автоматизированным накоплением и обработкой данных электрофизических измерений;
- измерение энергетического разрешения отдельных кремниевых детекторов, детекторов типа «сцинтилятор-кремниевый фотосенсор» и выбранных элементов матриц до создания детектирующего модуля с электроникой разработанным для платформы специализированным спектрометром;
- сборка детектирующих модулей на основе ультразвуковой микросварочной машины и термическая обработка детектирующих модулей с использованием термошкафа с компьютерным управлением.

Доклад содержит результаты исследований, проведенных при грантовой поддержке УНТЦ, проект № 9903.

7. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ АЛЬФА-ЧАСТИЦ

В.Ф. Попов, А.А. Беляев, Л.С. Ковалёва, Л.Г. Левчук,

А.А. Луханин, А.А. Луханин, Е.А. Споров

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Актуальность проблемы измерения концентрации в воздухе альфа-активных газов и аэрозолей обусловлена радиоактивным загрязнением значительной территории Украины в результате аварии на ЧАЭС, работой технологических установок атомной промышленности и АЭС, а также неконтролируем использованием отходов горнорудной (в том числе ураново-рудной) промышленности. Рассмотрена возможность регистрации техногенных радиоизотопов и их дочерних продуктов в воздушном потоке с помощью детектора на основе тонкопленочного пластического сцинтиллятора UPS-923A (ИСМА, Харьков). Проведены исследования зависимости технического светового выхода детектора на основе тонкопленочного сцинтиллятора, объединённого со световодом из органического стекла, в случае использования различных светоотражающих покрытий. Показано, что при регистрации α -частиц таким детектором обеспечивается высокая эффективность регистрации при минимальном вкладе γ - и (или) β -фона окружающей среды в измеряемый α -спектр. При определении концентрации в воздухе альфа-активных газов необходимо учитывать, что интенсивность α -частиц незначительна. Поэтому для повышения эффективности регистрации была увеличена площадь регистрации детектора за счет использования двух сцинтилляционных пластин,

расположенных одна против другой с некоторым зазором и установленных на один фотоприёмник ФЭУ-85. Проведены исследования зависимости эффективности регистрации α -частиц от величины зазора между пластинами. Эффективность регистрации α -частиц таким детектором может быть увеличена и далее при использовании большего числа сцинтилляционных пластин и применении кремниевых фотоэлектронных умножителей (SiPM).

Работа выполнена в рамках ведомственной тематики ННЦ ХФТИ «Розробка детектувальних систем на основі сцинтиляторів і вивчення їх властивостей для використання в ядерній енергетиці і фізиці високих енергій (експеримент CMS, ЦЕРН)».

8. ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ YAG:CE

*В.Ф. Попов¹, Л.С. Ковалёва¹, Л.Г. Левчук¹, Е.А. Споров¹,
А.Ю. Бояринцев², Н.З. Галунов^{2,3}, Н.Л. Караваяева², А.В. Креч²*

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

²Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины

³Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

Проведено изучение радиационной стойкости новых композиционных сцинтилляторов на основе монокристаллических гранул алюмоиттриевого граната, активированного церием YAG:Ce ($Y_3Al_5O_{12}:Ce$), разработанных в Институте сцинтилляционных материалов НАН Украины, с целью оценки возможности их применения как активных элементов тыльной части нового калориметра HGCAL детектора CMS. Исследовались деградация технического светового выхода от этих сцинтилляторов при облучении их электронами и фотонами тормозного излучения с разным темпом облучения. Однослойные образцы композиционного сцинтиллятора YAG:Ce двух серий, разных по технологии изготовления монокристаллических гранул, показали высокую радиационную стойкость при облучении их электронами с энергией ~ 10 МэВ с темпом облучения ~ 740 Мрад/час до интегральной дозы 150 Мрад. Аналогичный результат был получен и для многослойных образцов YAG:Ce (двух серий) при облучении их фотонами тормозного излучения до интегральной дозы 75 Мрад с темпом облучения $\sim 0,14$ Мрад/час. Следует отметить, что при облучении образцов композиционного сцинтиллятора на основе YAG:Ce фотонами тормозного излучения происходит их активация с образованием долгоживущих \square -изотопов ^{141}Ce , ^{139}Ce и ^{88}Y . Это явление необходимо учитывать при регистрации частиц детектором, изготовленным на основе сцинтиллятора YAG:Ce, в случае его интенсивного облучения. Проведен анализ эффективности регистрации частиц композиционным сцинтиллятором на основе YAG:Ce. Показано, что эффективность регистрации зависит от технологии выращивания

монокристаллов алюмоиттриевого граната, гранулы которого используются при изготовлении образцов сцинтиллятора.

Работа выполнена в рамках ведомственной тематики ННЦ ХФТИ «Розробка детектувальних систем на основі сцинтиляторів і вивчення їх властивостей для використання в ядерній енергетиці і фізиці високих енергій (експеримент CMS, ЦЕРН)», а также целевой программы научных исследований НАНУ «Ядерні та радіаційні технології для енергетичного сектору і суспільних потреб».

9. УСЛОВИЯ ОБЛУЧЕНИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСТРЕСКИВАНИЕ РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

*Н.З. Галунов^{1,2}, Н.Л. Караваева¹, А.В. Креч¹,
Л.Г. Левчук³, В.Ф. Попов³, В.Л. Чергинец¹*

¹*Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, г. Харьков*

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

³*ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Композиционные сцинтилляторы всё чаще находят применение для решения широкого круга задач детектирования ионизирующих излучений. Композиционные сцинтилляторы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими сцинтилляционными материалами. Разработанные нами ранее композиционные сцинтилляторы на основе гранул неорганических кристаллов были исследованы на радиационную стойкость, которая превышала дозы облучения более 125 Мрад, а в некоторых случаях достигала значений в 550 Мрад. Вместе с тем при достижении доз более 150 Мрад наблюдалось растрескивание композиционных сцинтилляторов. Исследование данного эффекта показало, что основной вклад в растрескивание композиционных сцинтилляторов вносит азотная кислота и сопутствующие химически агрессивные соединения азота, которые образуются при облучении в присутствии атмосферы.

В работе был проведён анализ процесса облучения и изучены факторы, влияющие на растрескивание сцинтилляторов. Была установлена зависимость условий облучения и окружающей среды в зоне облучения, приводившие к разрушению композиционных сцинтилляторов. Анализируются результаты облучения в вакууме и в присутствии воздуха.

10. ЦИФРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ НА ИСТОЧНИКЕ ²²Na С ОСОБОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

А.Б. Дудник, С.В. Крикля

Институт Прикладной Физики НАН Украины, Сумы

В Институте прикладной физики, г. Сумы, создан цифровой спектрометр времени жизни позитронов на базе источника ^{22}Na , конструкция которого отличается от общепринятой для спектрометров, работающих на основе $\gamma\gamma$ -совпадений. В данном спектрометре регистрируется два спектра: в отсутствие и при наличии исследуемого образца. При этом исследуемый образец с размерами $\text{Ø}20 \times 1$ мм должен быть расположен на близком расстоянии ≈ 1 мм относительно источника позитронов. В работе обоснована и разработана методика выделения спектра времени жизни позитронов, отражающего искомые компоненты образца.

Стартовый и стоповый детекторы спектрометра выполнены на фотоэлектронных умножителях XP2020Q со сцинтилляторами BaF_2 . В качестве регистратора совпадений используется регистратор быстрых импульсов Evaluation-Board DRS4 V5 с соответствующим программным обеспечением.

С целью определения параметров временной функции разрешения спектрометра и достоверности измерений на данной установке, были выполнены измерения на тестовых образцах Zr и Cu. В работе приведены результаты регистраций и выделения компонент образцов. Полученные значения постоянных времени жизни позитронов для данных образцов близки к теоретическим расчетным значениям.

Секция 5. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц

1. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАТУХАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ПРИ КОМПТОНОВСКОМ РАССЕЯНИИ В СТРУКТУРЕ НАКОПИТЕЛЯ С ЖЕСТКОЙ ВЧ-ФОКУСИРОВКОЙ.

П. Гладких, В. Скоморохов

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

В работе предложен метод увеличения затухания электронного пучка при комптоновском рассеянии лазерных фотонов в накопителе с жесткой ВЧ-фокусировкой. Получены аналитические выражения для оценки эффекта,

проведено численное моделирование динамики электронного пучка в таком накопителе при интенсивном комптоновском рассеянии.

2. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЛУЭ-40

Н.И. Айзацкий, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, С.А. Пережогин
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Линейный ускоритель ЛУЭ-40 позволяет проводить ядерно-физические и другие исследования в диапазоне энергий ускоренных электронов 35-95 МэВ при среднем токе пучка до 6 мкА. В течение последних лет на ускорителе приводились работы по выявлению особенностей фотоядерных реакций с множественным выходом нейтронов, изучению изменения диэлектрических свойств материалов во время облучения, радиационной дозиметрии и т.д. Так, в 2019 году на ускорителе было проведено более 40 экспериментов. В докладе рассмотрены физические программы, которые могут быть реализованы с применением ускорителя и определены соответствующие требования к параметрам пучка. Описано современное состояние установки, проведен анализ основных факторов, влияющих на качество ускоренного пучка. Основной вклад в формирования энергетического спектра электронов вносит эффект токовой нагрузки ускоряющих секций «beam loading», что требует создания специальной системы для его компенсации. Обсуждается план работ по дальнейшему усовершенствованию систем ускорителя с целью уменьшения энергетического разброса электронов и повышения стабильности всех параметров пучка.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКА В ИСТОЧНИКЕ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

И.Г. Игнатъев, А.А. Дрозденко, М.И. Захарец, Р.А. Шулина
Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы

В настоящее время в ИПФ НАН Украины произведён физический пуск источника квазимонохроматического рентгеновского излучения (КРИ). Установка построена на базе электростатического ускорителя «Сокол» на энергию протонов до 2 МэВ. В качестве фокусирующих элементов используются дублеты электростатических квадрупольных линз.

Цель данной работы – расчёт системы транспортировки пучка ионов H^+ для источника квазимонохроматического рентгеновского излучения. Цель расчётов – проводка пучка от электростатического ускорителя ионов на энергию до 2 МэВ от ускорителя до мишени (конвертора). Необходимо, чтобы размер пучка на мишени был 100×100 мкм.

Применялся матричный метод матрицантов с преобразованием "кроссовер в кроссовер". В качестве фокусирующих элементов КРИ используются три дублета электростатических квадрупольных линз.

Рассчитаны напряжения питания квадрупольных электростатических линз, обеспечивающие необходимые размеры пучка на мишени.

Эксперименты показали, что с выключенными линзами размеры пучка на мишени составляют 1×1 мм. Согласно представленным в докладе расчётам, при включенных линзах удастся достигнуть необходимого размера пучка (не более 100×100 мкм).

4. ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К ПРОБОЯМ ПОВЕРХНОСТИ МЕДНЫХ ОБРАЗЦОВ С ПОКРЫТИЯМИ ИЗ НИТРИДА ТИТАНА.

В.А. Батури́н, А.Ю. Карпенко, С.А. Ерёмин.

Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы

Вероятность появления пробоев между электродами ускорительных структур в вакуумном промежутке зависит от ряда различных причин, в том числе и от условий на поверхности электродов. В наших предыдущих работах по изучению влияния модификации поверхности на стойкость к высоковакуумным пробоям [1,2] экспериментально показана возможность улучшения пробивных характеристик медных образцов в зависимости от способа их модификации, в том числе и для образцов с тонкими пленками нитрида титана. Эти исследования были продолжены. Приводится сравнение стойкости к пробоям медных образцов модифицированных пленками из нитрида титана с образцами из чистой меди. Исследования проводились на установке с двухэлектродной структурой, имеющей так называемую конфигурацию «плоскость-острие» [3].

1. V.A. Baturin, A. Yu. Karpenko, V. E. Storizhko, V.A. Shutko.// ВАНТ. 2018. № 4. с. 297-301.
2. V. A. Baturin, A. Yu. Karpenko, S. A. Yeryomin. // ВАНТ 2019. №6 (124) с. 23-26.
3. V.A. Baturin, O.Yu. Karpenko, Ia.V. Profatilova, S.O. Pustovoiotov, V.I. Miroshnichenko // ВАНТ, 2015, №4 (98), с. 294-297.

5. ИСТОЧНИК ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ИОНОВ НА ОСНОВЕ ПЕННИНГОВСКОГО РАЗРЯДА С ПОЛЫМ КАТОДОМ И ГАЗОМАГНЕТРОННЫМ ПОДЖИГОМ

П.А. Литвинов, В.А. Батури́н, С.А. Пустовойтов, О.Ю. Рое́нко.

Институт Прикладной Физики НАН Украины, Сумы

В ИПФ НАН Украины, с целью получения одно- и двухзарядных ионов газа для технологической установки по ионному облучению, разработан и изготовлен источник с применением специфической формы тлеющего разряда с низким рабочим давлением в его эмиссионной камере. Для снижения рабочего давления подача плазмообразующего газа осуществляется в инверсный газометрон, соосно расположенном в тыльной части полого катода. После зажигания разряда в газометроне, плазма вдоль магнитного поля поступает в полый катод и электрическим полем дополнительного анода, который располагается на расстоянии ~ 1 mm от выходной апертуры катода, протягивается в эмиссионную камеру ионного источника.

В эмиссионной камере созданы условия для осцилляции электронов. Эмиттерный электрод находится под катодным потенциалом. В тлеющих разрядах с осцилляцией электронов имеется группа быстрых электронов, хотя доля их невелика, но именно их вклад в ионизацию является основным. Первые эксперименты показали, что при снижении давления в эмиссионной камере ниже некоторой критической величины тлеющий разряд переходит практически в высоковольтную форму. Это явление усиливается при увеличении зазора между торцевой плоскостью полого катода и дополнительным анодом.

Таким образом, горение разряда в этом источнике возможно в двух формах: - высоковольтной и сильноточной. Эти два фактора в дальнейшем можно использовать для поддержания высоковольтной формы тлеющего разряда, например, для генерации двукратно заряженных ионов.

6. ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ВОДОРОДА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ

*П.А. Литвинов, В.А. Батурин, С.А. Пустовойтов, О.Ю. Роечко.
Институт Прикладной Физики НАН Украины, Сумы*

Одной из важных задач в создании медицинского оборудования нейтронно-лучевой терапии, основанного на ускорителях, является разработка эффективных источников отрицательных ионов. Источники Н⁻ также востребованы для внешней инжекции в современные циклотроны, предназначенные для наработки медицинских радионуклидов.

К ионным источникам для медицинских ускорителей предъявляются такие требования как высокая надежность, большой ресурс работы, высокая готовность, простота питания и обслуживания. В Институте прикладной физики НАН Украины разрабатываются две версии (импульсный и стационарный) источника отрицательных водородных ионов. Первые испытания источника показали следующие результаты:

1. в импульсном объемном источнике отрицательных ионов водорода на основе магнетронного трубчатого разряда с квазидифференциальной откачкой

эмиссионной камеры осуществлены оптимальные условия для получения рекордных значений эмиссионной плотности тока H ;

2. импульсный источник показал высокие физико-технические и эксплуатационные характеристики. Время готовности к использованию ~ 1 мин;

3. произведен перевод источника от импульсного к стационарному режиму работы (пока при малых удельных мощностях в разряде). Получен стабильный поджиг и горение разряда при относительно низком напряжении и давлении в эмиссионной камере.

Таким образом, есть основания утверждать, что базовая конструкция источника отрицательных ионов водорода ИПФ НАНУ во многом удовлетворяет принципиальным требованиям, предъявляемым к источникам для медицинских ускорителей.

7. ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ, РАБОТАЮЩИЙ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

*О.О. Иващук², А.В. Щагин^{1,2}, А.С. Кубанкин^{2,3}, А.В. Чепурнов⁴, В.Ю. Иониди⁴,
В.И. Волков¹, В.С. Мирошник¹*

¹ *ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

² *Белгородский государственный университет, Россия*

³ *Физический институт имени П.Н. Лебедева, РАН, Москва, Россия*

⁴ *Институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцина, МГУ, Москва, Россия*

В пироэлектрических ускорителях, работающих на пироэлектрических кристаллах [1] или на ферроэлектрической керамике [2] возможна квазинепрерывная генерация рентгеновского излучения. Возможность контроля и изменения импульсной мощности рентгеновского излучения в таких ускорителях не предусмотрена. В настоящей работе предлагается использование дополнительного элемента, представленного в виде нити накала и сетки с изменяемым значением потенциала на ней, в пироэлектрических ускорителях. При нагреве пироэлектрика в вакууме на его свободной поверхности возникает положительный заряд, электроны эмитируют с нити накала к положительно заряженной поверхности и генерируют рентгеновское излучение. Сетка расположена между пироэлектриком и нитью накала. При изменении потенциала от -2 В до 10 В на управляющей сетке мы наблюдаем изменение импульсной мощности генерируемого рентгеновского излучения с граничной энергией до 100 кэВ.

1. A.S. Chepurnov, V.Y. Ionidi, O.O. Ivashchuk, A.S. Kubanin, A.N. Oleinik, A.V. Shchagin, *Journal of Physics: Conference Series* 675 (2016) 032031

2. A.V. Shchagin, V.S. Miroshnik, V.I. Volkov, and A.N. Oleinik, *Applied Physics Letters* 107, 233505 (2015).

8. ВЫХОД ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ, ГЕНЕРИРУЕМОГО ПУЧКАМИ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 1–5 ГэВ

*А.В. Шагин^{1,2)}, Р.М. Нажмудинов^{2,3)}, А.С. Кубанкин^{2,3)}, С.В. Трофименко^{1,4)},
А.П. Потылицын⁵⁾, А.С. Гоголев⁵⁾, Н.А. Филатов⁵⁾, G. Kube⁶⁾, N.A. Potylitsina-
Kube⁶⁾, M. Stanitzki⁶⁾, R. Diener⁶⁾, А. Новокионов⁶⁾*

1) Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина

2) Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

3) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

4) Харьковский национальный университет им. Н.А. Каразина, Харьков, Украина

5) Томский политехнический университет, Томск, Россия

6) Deutsches Elektronen-Synchrotron, Гамбург, Германия

Представлены результаты измерений сечения ионизации К-оболочек атомов Ti и Cu электронами с энергией 1–5 ГэВ. Измерен выход характеристического рентгеновского излучения (ХРИ) из «передних» и «задних» поверхностей Ti и Cu фольг толщиной 30 мкм. Эксперименты проводились на тестовом пучке ТВ21 DESY при интенсивности пучка $(1.7\text{--}6.7) \times 10^3 \text{ e}^-/\text{с}$.

Объясняются разница выходов ХРИ из передней и задней поверхностей мишеней.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «АИДА» в рамках программы исследований и инноваций Европейского союза «Горизонт-2020» (соглашение № 654168) и при финансовой поддержке конкурсной части госзадания Минобрнауки Российской Федерации по созданию и развитию лабораторий, проект № FZWG-2020-0032 (2019-1569).

9. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАГИРОВАННОГО ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*А.В. Шагин^{1,2)}, А.С. Кубанкин^{2,3)}, Р.М. Нажмудинов^{2,3)}, С.В. Трофименко^{1,4)},
А.П. Потылицын⁵⁾, А.С. Гоголев⁵⁾, Н.А. Филатов⁵⁾, G. Kube⁶⁾, N.A. Potylitsina-
Kube⁶⁾, M. Stanitzki⁶⁾, R. Diener⁶⁾, А. Новокионов⁶⁾*

1) Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина

2) Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

3) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

4) Харьковский национальный университет им. Н.А. Каразина, Харьков, Украина

5) Томский политехнический университет, Томск, Россия

6) Deutsches Elektronen-Synchrotron, Гамбург, Германия

Предложен новый метод измерения расходимости пучков заряженных частиц по уширению пика в спектре рентгеновского переходного излучения (РПИ), подвергнутого дифракции на кристалле. Возможности метода были

продемонстрированы при измерении расходимости пучка электронов с энергией 2.8 ГэВ на ускорительном комплексе DESY. В качестве источника РПИ использовались 32 алюминиевые фольги толщиной 13 мкм каждая. РПИ, образовавшееся в мишени отражалось от кристаллографической плоскости (111) кремниевого кристалла и регистрировалось рентгеновским детектором. Ширина наблюдаемого в спектре пика позволила оценить расходимость пучка электронов, которая составила около 3.7 мрад.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «АИДА» в рамках программы исследований и инноваций Европейского союза «Горизонт-2020» (соглашение № 654168) и при финансовой поддержке конкурсной части госзадания Минобрнауки Российской Федерации по созданию и развитию лабораторий, проект № FZWG-2020-0032 (2019-1569).

10. МЕХАНИЗМ ПОДАВЛЕНИЯ РОСТА ЭМИТТАНСА СГУСТКА ЭЛЕКТРОНОВ, УСКОРЯЕМОГО ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ В ПЛАЗМЕ

В.И. Маслов^{1,2}, Д.С. Бондарь^{1,2}, И.Н. Онищенко¹

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

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

Важно ускорить сгустки электронов до высоких энергий. При численном моделировании при возбуждении кильватерного поля рентгеновским импульсом в электронной плазме металлической плотности получено ускоряющее поле 3ТВ/м [1]. Для решения проблемы расширения лазерного импульса используется [2,3] передача энергии импульса самоинжектированному электронному сгустку. Этот сгусток вместе с импульсом ускоряет следующий самоинжектированный электронный сгусток до большей энергии [2,3]. При профилировании импульса [4] в [5] получен самоинжектированный точечный сгусток. Важно получить сгусток с небольшим разбросом по энергии. В данной работе численным моделированием кодом УМКА показано, что при профилировании лазерного импульса по радиусу и интенсивности в окрестности сгустка формируется платообразное распределение ускоряющего и нулевого радиального поля. Это должно обеспечить минимальный эмиттанс самоинжектированного и ускоряемого сгустка электронов.

1. D.S. Bondar, V.I. Maslov et al. Prob. Atom. Sci. & Techn. 6 (2018) 156.
2. V.I.Maslov et al. NIMA in Physics Research A. 829 (2016) 422.
3. V.I.Maslov et al. Prob. Atom. Sci. & Techn. 6 (2016) 144.
4. V.I.Maslov, O.M.Svystun. East Eur. J. Phys. 1 (2014) 90.
5. V.I.Maslov et al. East Eur. J. Phys. 2 (2019) 64.

11. ЭФФЕКТ МАЛОГО ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОЗБУЖДЕНИЕ КИЛЬВАТЕРНОГО ПОЛЯ В ПЛАЗМЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ

Р.Овсянников¹, В.И.Маслов^{1,2}, И.Н.Онищенко²

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

²ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

При резонансном возбуждении кильватерного поля в плазме последовательностью сгустков электронов передние фронты/головы сгустков дефокусируются, а задние фронты/хвосты фокусируются. Сгустки преимущественно фокусируются, поэтому до некоторой точки амплитуда кильватерного поля растет [1-4]. Далее и хвосты дефокусируются из-за расширения бетатронных колебаний, плохо возбуждая кильватерное поле [1]. В данной работе с помощью численного моделирования демонстрируется малое внешнее магнитное поле, которое не мешает фокусировке сгустков, однако приводит к интенсификации возбуждения кильватерного поля в глубине плазмы. Магнитное поле также обеспечивает более полную передачу энергии от драйверных сгустков кильватерному полю.

1. K.V.Lotov, V.I.Maslov, I.N.Onishchenko et al. Problems of Atomic Science & Technology. 2008. N. 6. P. 114.
2. V.I.Maslov et al. Problems of Atomic Science & Technology. 2013. N1. P. 134.
3. K.V.Lotov, V.I.Maslov, I.N.Onishchenko et al. Problems of Atomic Science & Technology. 2012. V. 3. P. 159.
4. K.V.Lotov, V.I.Maslov, I.N.Onishchenko et al. Problems of Atomic Science & Technology. 2010. N. 2. P. 122.

12. ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗОНАНСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ КИЛЬВАТЕРНОГО ПОЛЯ В ПЛАЗМЕ НЕРЕЗОНАНСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ ОТ ИХ ДЛИН

В.И.Маслов^{1,2}, А.Бойченко², И.Н.Онищенко¹

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

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

Резонансное возбуждение кильватерного поля последовательностью сгустков электронов трудно, т.к. трудно поддерживать однородную и стационарную плазму. В [1-5] обнаружен механизм резонансного возбуждения кильватерной волны нерезонансной последовательностью сгустков электронов. Синхронизация частот обеспечивается дефокусировкой некоторых сгустков, так что последовательность становится реже, но резонансной. В [5] продемонстрировано существование ступенчатой асимптотики возбуждения кильватерной волны нерезонансной последовательностью. Ступенчатая асимптотика - возбуждение кильватерного поля с максимальным инкрементом, когда нерезонансная последовательность уже стала резонансной так, что

взаимодействие кильватерного поля со сгустками в фазах ускорения пренебрежимо мало. Тогда кильватерное поле нарастает ступеньками. В данной работе моделированием кодом LCODE показано, что с ростом в некотором интервале длин сгустков амплитуда кильватерного поля растет.

1. K.V.Lotov, V.I.Maslov et al. Plasma Phys. Control. Fusion. 52 (2010) 065009.
2. K.V.Lotov, V.I.Maslov et al. Prob. Atom. Sci. & Techn. 2 (2010) 122.
3. K.V.Lotov, V.I.Maslov et al. Prob. Atom. Sci. & Techn. 4 (2013) 73.
4. K.V.Lotov, V.I.Maslov et al. Prob. Atom. Sci. & Techn. 6 (2010) 103.
5. V.I.Maslov et al. Prob. Atom. Sci. & Techn. 1 (2019) 99.

13. РЕКОНСТРУКЦІЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ПГ-410: ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ

С.Г. Карпусь¹, С.І. Панасенко², І.Д. Федорець², Ю.Ф. Щапов²

¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

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

В 2018 році в проблемній лабораторії ядерної фізики і космічних променів Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна розпочато реконструкцію електростатичного прискорювача ПГ-410. У доповіді представлено основні параметри прискорювача і характеристики його вузлів та вихідних пристроїв. На першому етапі роботи встановлено нові, спеціально виготовлені, ізолюючі колони прискорювача, відновлено систему живлення та керування інжектора іонів, зарядку стрічкового транспортеру зарядів, системи керування та контролю прискорювача. Розпочато випробування з метою досягнення проектних значень параметрів (енергія та струм прискорених іонів). На сьогодні отримано прямий пучок іонів водню з енергією 700 кеВ. Обговорюється наступний етап модернізації прискорювача та плани його використання в навчальному процесі і фундаментальних та прикладних дослідженнях.

14. АНАЛИЗ РАБОТЫ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛУЭ-300 В 2019 ГОДУ

*А.Ю. Буки, С.П. Гоков, С.А. Каленик, Ю.Г. Казаринов, С.Г. Карпусь,
В.И. Касилов, В.Г. Кириченко, С.С. Кочетов, Г.И. Ледовской,
Ю.П. Ляхно, Л.Д. Салий, А.В. Твердохвалов, И.С. Тимченко,
В.М. Хвастунов, В.В. Цяцько, Е.В. Цяцько, О.А. Шопен*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Приведены данные по эксплуатации линейного ускорителя электронов ЛУЭ 300 и обзор проведенных на нем ядерно-физических и прикладных исследований в 2019 г. Большое внимание уделялось проведению технических работ по совершенствованию ряда систем ускорительного комплекса (обновлена система синхронизации на канале вывода пучка на энергию 30 МэВ). Проведен ряд работ по оптимизации параметров электронного пучка. На базе канала вывода пучка на энергию 30 МэВ разработана и частично изготовлена система параллельного переноса. Сдан в наладку макет источника быстрых, тепловых и эпитепловых нейтронов для нейтрон-захватной терапии.

Приведен краткий анализ основных видов неисправностей систем, обсуждаются планы предполагаемых работ по дальнейшему совершенствованию и модернизации систем ускорителя.

15. РОЗРОБКА, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОПРОБУВАННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ НЕЙТРОНІВ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ

*С. Гоків¹, В. Горбач² С. Каленик¹, Ю. Казарінов^{1,2}, С. Карнус^{1,2},
В. Кантеміров¹, В. Касілов¹, С. Кочетов¹, Е. Люхтан², В. Цяцько¹,
Е. Цяцько¹, О. Шопен¹, О. Яресько¹*

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

Створено математичну модель, для оптимізації геометричних параметрів відбивача нейтронів, який призначений для підвищення густини потоку нейтронів від джерела в заданому напрямку. На основі математичної моделі з графітово – цементної суміші були виготовлені відбивачи нейтронів. Експериментальне дослідження системи формування потоків нейтронів проводилося на лінійному прискорювачі електронів ЛПЕ -300. Було проведено декілька експериментів: мішень з вольфраму загальною товщиною 8 мм опромінювалась електронним пучком з енергією 25 МеВ без відбивача та з відбивачами різної конфігурації. Реєстрація потоків нейтронів здійснювалась лічильниками нейтронів СНМ -11 та УДБН. Отримані експериментальні результати довели, що розроблена система формування потоків нейтронів суттєво збільшує потоки нейтронів у заданому напрямку та зменшує нейтронний фон в бункері прискорювача.

В подальшому така система формування потоків нейтронів дасть можливість оптимізувати умови опромінення потоками нейтронів зразків, що досліджуються, а також вдосконалити конструктивні параметри активної зони і формувача джерела нейтронів на лінійному прискорювачі електронів ЛПЕ – 300.

Секция 6. Компьютерные технологии в физических исследованиях

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНТАКТАХ ДЖОЗЕФСОНА

В.Ю. Аксенова., И.Г. Марченко, В.И. Ткаченко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

В настоящее время приборы на основе контактов Джозефсона находят широкое применение в различных областях науки и техники. Это различные генераторы и приемники электромагнитных волн, параметрические усилители, преобразователи частоты и пр. С успехом используются контакты Джозефсона для прецизионного измерения магнитного поля. Эти измерения, в частности, могут использоваться для ранней диагностики радиационных повреждений конструкционных материалов.

В работе проведено численное моделирование процессов, протекающих в вч-контактах Джозефсона при больших амплитудах переменного тока. Компьютерная модель основана на модели Стьюарта-Маккамбера. Показано что в высокочастотной области возникают осцилляции дисперсии напряжения при возрастании амплитуды переменного тока. В докладе обсуждаются причины такого поведения. Установлено, что в недодемпфированных системах, в высокочастотной области наряду с локализованными решениями, возникает ряд бегущих решений со средним напряжением кратным частоте внешнего воздействия. Показано, что особенности протекания переменного тока обусловлены различной динамикой “переключения” между этими решениями в зависимости от амплитуды внешнего воздействия. Построены диаграммы

существования различных решений в недодемпфированной области в зависимости от амплитуды переменного тока.

2. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА С ПОМОЩЬЮ ЧАСТНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

О.Л. Андреева

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

При исследовании волновых движений в вязких, несжимаемых жидкостях приходится рассматривать уравнение Бюргерса (УБ) [1]. Аналитически УБ решается путем линеаризации, с помощью сложных математических преобразований Коула - Хопфа или с использованием численных методов. Для верификации численного решения необходимо иметь простое аналитическое решение УБ.

В работе [2] приведен метод получения простых аналитических решений УБ. Однако полученные решения не описывают ударные волны, т.к. с течением времени профиль волны становится более пологим, а не укрупняется.

В настоящем докладе предложен аналитический метод получения решения УБ для периодических граничных условий по координате и нулевых граничных условий для скорости. Полученное аналитическое решение описывает ударные волны любой периодичности. Это следует из того, что с увеличением времени профиль волны становится круче. Достоинством полученного аналитического решения является тот факт, что вблизи нечетных периодов решения наблюдается резкое углубление и через период возвышение профиля ударной волны. Такое поведение профиля волны не удастся описать численными методами из-за резкого увеличения градиентов профиля волны и потерей устойчивости счета.

1. Burgers. J. M. A mathematical model illustrating the theory of turbulence // Adv. Appl. Mech. 1948. Vol. 1. P. 171-199

2. С. Н. Гурбатов, А.И. Саичев, И. Г. Якушкин Нелинейные волны и одномерная турбулентность УФН. 1983. Т. 141, №2. С. 225.

3 КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИМЕНЕНИИ К ГОМОГЕНИЗАЦИИ ЛЕГИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДУО СТАЛЕЙ

Л.С. Бозбей, Б.В. Борц, В.И. Ткаченко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Перспективной технологией получения ДУО (дисперсно-упрочненных оксидами) сталей является метод вакуумно-дугового переплава, в работе он рассматривается на примере изготовления ДУО стали 08X18N10T с добавлением наночастиц ZrO_2 . Вертикальная и горизонтальная скорости конвективного массопереноса жидкой стали оценивались их численно

рассчитанными значениями в конвективной ячейке, равномерно подогреваемой снизу, с горизонтальным дном и свободными граничными условиями. Вид граничных условий на нижней границе ячейки зависит от количества добавленной мелкодисперсной фазы: при добавлении менее 0,125 масс. % на дне ячейки реализуются твердые граничные условия, а при добавлении более 1,5 мас. % – свободные. Компьютерная модель массопереноса в элементарной конвективной ячейке, равномерно подогреваемой снизу, использована для исследования с целью гомогенизации легирующей добавки при изготовлении ДУО сталей.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ПОЛЯ И АКТИВАЦИИ ОБРАЗЦОВ В КАМЕРЕ ОБЛУЧЕНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ВОДНОЙ КОНВЕКЦИОННОЙ ПЕТЛИ ННЦ ХФТИ

*А.С. Бакай, В.Н. Борискин, М.И. Братченко, С.В. Дюльдя
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

В 2019 г. в ННЦ ХФТИ проведен очередной имитационный эксперимент по изучению коррозии материалов реактора SCWR IV поколения под облучением на ускорителе электронов ЛУЭ-10. В течение 500 часов 20 образцов стали 12X18N10T облучались *in situ* в потоке околокритического водного теплоносителя в условиях их контролируемой упругой деформации. С целью необходимой для анализа коррозионных данных оценки радиационного воздействия на материалы нами с помощью Монте-Карло-кода RaT 3.1 рассчитаны дозы энерговыделения и первичного радиационного повреждения в образцах с учетом запротоколированного в эксперименте режима работы ускорителя и с применением разработанной модели, формируемого его сканирующей системой пространственного и энергетического распределения пучка. Показано, что энергетические спектры пучка и вторичного тормозного \square -излучения неоднородны вдоль полосы сканирования с концентрацией их высокоэнергетических “хвостов” в её средней части. Это подтверждено согласием результатов моделирования активации образцов с измеренными данными по наработке радионуклида в фотоядерной реакции $^{58}\text{Ni}(\gamma, p)^{57}\text{Co}$. Таким образом, активационный анализ в сочетании с моделированием позволил уточнить распределение флюенса электронов по образцам и дозиметрические показатели имитационного облучения.

Работа выполнена за счет средств бюджетной программы “Поддержка развития приоритетных направлений научных исследований” (КПКВК 6541230).

5. ВЛИЯНИЕ КОНВЕРСИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГАРМОНИК В ГОФРИРОВАННОМ РЕЗОНАТОРЕ НА СТАРТОВЫЙ ТОК ГИРОТРОНА

Т.И. Ткачева, В.И. Щербинин, В.И. Ткаченко
ІНЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Суб-терагерцовые гиротроны широко используются в различных технологических приложениях, включая нагрев и диагностику термоядерной плазмы, обработку материалов, спектроскопию и др. В гофрированных резонаторах для гиротронов на второй циклотронной гармонике, которые в настоящее время представляют особый интерес для указанных приложений, существует проблема конверсии рабочей моды в высшие пространственные гармоники [1]. В работе получены самосогласованные уравнения, описывающие взаимодействие пучка с волной в гофрированном резонаторе гиротрона, и исследовано влияние конверсии мод на стартовый ток. Показано, что для рабочей моды гиротрона на второй циклотронной гармонике влияние конверсии мод незначительно в случае, когда глубина гофра составляет половину длины волны. При этом конкурирующие моды на первой гармонике, для которых глубина гофра близка к четверти длины волны, подвержены сильной конверсии мод. Отмеченный эффект приводит к заметному росту стартовых токов для конкурирующих мод, обеспечивая их эффективное селективное подавление.

1. T.I. Tkachova, V.I. Shcherbinin, V.I. Tkachenko. Selectivity properties of cylindrical waveguides with longitudinal wall corrugations for second-harmonic gyrotrons // *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*. 2019, V.40, №10, pp. 1021-1034.

6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕН ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ABINIT

О.И. Денисенко, С.В. Крикля
Інститут прикладної фізики НАН України, Суми, Україна

Измеряя время жизни позитронов в материалах методом спектрометрии времени жизни позитронов можно получить информацию о дефектах. Однако для правильной интерпретации экспериментальных данных требуется их сравнение с расчетными. Модельные расчёты из первых принципов, как правило, проводятся в рамках теории функционала плотности. В данной работе изучается возможность применения цифрового спектрометра времени жизни позитронов [1] на источнике позитронов специальной конструкции для определения времен жизни позитронов, как для бездефектных материалов, так и для дефектных конструкционных сталей с разными концентрациями и размерами дефектов вакансионного типа. Экспериментальные данные сравниваются с расчетными, полученными при помощи пакета ABINIT [2], включающем RAW. Проводятся статистические оценки доверительного интервала для времен жизни позитронов в бездефектных сталях.

1. Цифровой спектрометр времени жизни позитронов на основе метода β^+ γ совпадений / А.Б. Дудник, А.Н. Бугай, В.Ю. Жовкльий, А.И. Кульментьев, В.Е. Сторижко, А.И. Чемерис // Вопросы атомной науки и техники. — 2013. — № 2. — с. 157-164.
3. Gonze X. ABINIT: first-principle approach to material and nanosystem properties / X. Gonze // Computer. Phys. Comm. — 2009. — V. 180. — P. 2582-2615.

7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ СПЕКТРІВ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ

¹О.В. Тахтасєв, ¹І.І. Гайсак, ²К. Катовскі, ^{1,2}Р.Р. Голомб,
³Ж. Хушвактов, ³О.О. Солнишкін

¹*Ужгородський національний університет, Україна*

²*Технологічний університет Брно, Чехія*

³*Об'єднаний інститут ядерних досліджень, Дубна, Росія*

Для адекватного моделювання гальмівних спектрів мікротрона М-10 та бетатрона Б-25 [1] ми протестували чотири програмні коди. Це спеціалізований пакет EPNCA (Electron PHoton CAscade) [2] та добре відомі універсальні пакети GEANT4 [3], MCNP [4] та FLUKA [5]. Модельні спектри, отримані за допомогою кожного коду, мають однакову форму та містять характеристичні лінії атомів гальмівної мішені та анігіляційну лінію 0,511 МеВ. Розходження в абсолютному нормуванні спектрів потребує додаткового врахування особливостей інтерфейсу в кожному пакеті.

1. I. Haysak et al. 19th International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2018 – Proceedings. p.508-511.
2. В.И. Беспалов «Компьютерная лаборатория». Томск: Политехн. унив. -2018.
3. S. Agostinelli et al. Geant4 - a simulation toolkit. *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. Sec. Accel., Spectrom., Det. and Assoc. Equip.* **506** (3): 250-303.
4. C.J. Werner "MCNP User Manual - Code Version 6.2", LA-UR-17-29981 (2017).
5. A. Ferrari, P.R. Sala, J. Ranft, U. Siegen, FLUKA: A Multi-Particle Transport Code. SLAC-R-773. (2015).

8. ОРБИТАЛЬНИЙ РУХ МАГНІТНОГО ДИПОЛЯ В ОКОЛІ ОСІ НАДПРОВІДНОГО КІЛЬЦЯ

Зуб С.С.¹, Ляшко С.І.², Яловега І.Г.¹, Мельник К.Е.²

¹*Харківський національний педагогічний університет, Україна,*

²*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*

В роботі досліджуються питання динаміки магнітної взаємодії в системі постійний магніт і надпровідна котушка. У квазістаціонарному наближенні на основі лагранжевого формалізму для електромеханічної системи отримуємо потенційну енергію для нашої моделі.

В роботі [1,2] ми отримали рівняння руху для малого твердого тіла, що володіє магнітним моментом диполя для заданого випадку потенційної енергії взаємодії.

В межах математичної моделі магнітний диполь – надпровідне кільце із струмом досліджено конфігурацію магнітного поля. Проведено моделювання динаміки намагніченого малого твердого тіла в околі осі надпровідного кільця. Показано, що поблизу осі системи існує стійкий квазіорбітальний рух.

1. Zub S.S. Stable relative equilibria in the system of superconductive and permanent magnetic dipole/ S.S. Zub // Problem of atomic science and technology. -2015. Vol. 97, N3. -P. 143-147.

2. Zub S.I. Method of magnetic separation in flight/ S.I. Zub, S.S. Zub, S.I. Lyashko // Problem of atomic science and technology. -2019. Vol. 121, N3. -P. 135-140.

9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПОТОЧНОГО РЕЖИМА GEANT4 ДЛЯ ОЦЕНКИ АЛЬБЕДО НЕЙТРОНОВ

В. Григоренко, Т. Мальхина, С. Письменецкий

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

В докладе приводятся основные особенности использования многопоточного режима библиотеки классов Geant4 для решения задачи определения альбедро нейтронов.

Использование характеристик альбедро нейтронов является важной темой при решении многих задач ядерной физики, физики космических лучей, при проектировании ядерных реакторов и т. п. Для проведения экспериментов по исследованию альбедро нейтронов необходимо наличие современных лабораторных комплексов. Вычислительный эксперимент с использованием актуальных версий программного обеспечения позволяет оценить альбедро нейтронов и предоставляет большие преимущества для выбора параметров при описании реального эксперимента.

В работе представлены результаты расчета коэффициентов отражения нейтронов для двухслойной среды, с использованием разработанного авторами программного обеспечения на основе Geant4, для изотропного источника $^{239}\text{PuBe}$, расположенного на границе полубесконечной среды. Для оптимизации вычислений авторами был использован многопоточный режим. Особенности использования многопоточного режима Geant4, описанные в работе, будут полезными для решения и других подобных задач прикладной ядерной физики, основанных на проведении вычислительных экспериментов.

10. GEANT4-МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ ФОТОНОВ В ТАНТАЛОВОМ КОНВЕРТЕРЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ ФОТОЯДЕРНЫМ СПОСОБОМ

В. Лисовская, Т. Мальхина

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

В работе проведено исследование возможности усовершенствования технологии наработки медицинских изотопов ^{18}F и ^{11}C с использованием линейного ускорителя электронов. Проведены серии вычислительных экспериментов для первичных электронов с энергией 36.7 МэВ. Исследование углового распределения тормозных фотонов проведено с использованием библиотеки классов Geant4 с целью выявления возможности получения максимально достижимых уровней активности медицинских изотопов. Результаты получены для различного количества слоев танталового конвертера. Рассмотрена целесообразность использования дополнительных слоев конвертера для увеличения выхода тормозного излучения. Угловое распределение тормозных фотонов получено для каждого дополнительного слоя конвертера.

Показано, что использование более 5 слоев танталового конвертера не является целесообразным за счет рассеяния тормозных гамма-квантов.

11. 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 «ГАММАPEAKS». 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.

12. УЧАСТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ННЦ ХФТИ 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

Обработка данных, получаемых в экспериментах на Большом адронном коллайдере (БАК), связана с распределением и записью больших массивов информации и требует огромных вычислительных ресурсов. С этой целью создана глобальная грид-инфраструктура “Worldwide LHC Grid” (WLCG), которая имеет трехуровневую иерархическую архитектуру и состоит из множества региональных вычислительных центров, объединенных высокоскоростной сетью. Обработка данных эксперимента CMS на БАК основана на инфраструктуре WLCG. Центры осуществляют обмен информацией посредством системы “Physics Experiment Data Export” (PhEDEx). Специализированный вычислительный комплекс (ВК) ННЦ ХФТИ с начала работы БАК принимает активное участие в непрерывной распределенной обработке данных эксперимента CMS в качестве центра 2-го яруса грид-инфраструктуры WLCG/CMS. Комплекс располагает массовой дисковой памятью емкостью 941 Тбайт и рабочими узлами суммарной производительностью 7.8 кHEPspec06. Ресурсы ВК ННЦ ХФТИ, в частности система массовой дисковой памяти (МДП), интенсивно используются грид-пользователями для обработки и хранения экспериментальной информации. В 2019 году была завершена работа по модернизации локальной сети комплекса для обеспечения эффективного обмена информацией на скорости до 20 Гбит/с. Проведена оптимизация эффективности работы базы данных системы массовой дисковой памяти, благодаря которой удалось освободить 90.7 Тбайт устаревшей информации и повысить скорость операций доступа к файлам эксперимента CMS. Осуществлена замена одного из дисковых массивов МДП с увеличением ее суммарной емкости на 73 Тбайта. Для улучшения стабильности работы комплекса выполнен ремонт системы кондиционирования и заменены аккумуляторные батареи в системе бесперебойного питания.

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

13. ОПТИМИЗАЦИЯ ОБМЕНА ДАННЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ННЦ ХФТИ

*А.А. Куров, К.А. Клименко, Л.Г. Левчук, А.С. Приставка,
Д.В. Сорока, Л.С. Ковалева*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Значительное увеличение интенсивности поступления информации, получаемой в эксперименте CMS на Большом адронном коллайдере, вызвало необходимость модернизации канала внешней связи и внутренней сетевой инфраструктуры специализированного вычислительного центра ННЦ ХФТИ для обработки данных этого эксперимента. Оптимизирована схема внутренней сети комплекса с дополнительными настройками коммутаторов и внедрением на маршрутизаторе пакетного фильтра nftables, который позволил унифицировать конфигурацию протоколов IPv4 и IPv6 и снизить нагрузку на процессор сервера-шлюза. Благодаря созданию агрегированного (2x10 Гигабит/с) канала между маршрутизатором и центральным коммутатором, полностью устранены внутренние потери передаваемых пакетов при максимальной нагрузке маршрутизатора, что повысило качество работы сетевой инфраструктуры. В результате выполненных работ пропускная способность внутренних каналов связи повышена до 20 Гигабит/с, а внешнего канала связи до 10 Гигабит/с. При этом достигнута максимальная нагрузка внешнего канала, что в то же время практически исчерпывает возможности сети грид-инфраструктуры Украины. Достигнутые параметры подтверждаются как внутренним мониторингом комплекса, так и специализированными мониторинговыми службами эксперимента CMS, а также системой perfSONAR, определяющей фактическую ширину и качество каналов связи между центрами грид-инфраструктуры WLCG/CMS.

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

14. МОДЕЛЮВАННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ВЕЛИКОЇ КІЛЬКОСТІ ДЖЕРЕЛ РАВ З РІЗНИМ ІЗОТОПНИМ СКЛАДОМ ТА АКТИВНІСТЮ.

Є.В. Рудичев¹, В.Г. Рудичев²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

Розроблено комбінований алгоритм розрахунків зовнішнього випромінювання від джерел великих розмірів, що складаються з десятків випромінюючих елементів з однаковою геометрією. Випромінюючі елементи являють собою бетонні прямокутні контейнери, в яких розміщено циліндричні ємності з пресованими РАВ з різним ізотопним складом і активністю. Виконано розрахунки просторових характеристик випромінювання методом Монте-Карло навколо контейнера, створюваного окремими радіонуклідами РАВ, з урахуванням екранування сусідніми контейнерами при різних варіантах їх розміщення, а також наявності додаткового біозахисту. На основі отриманих даних створено аналітичний алгоритм визначення дозових навантажень за

межами сховищ, на периметрі яких розміщено більше 100 контейнерів у чотири яруси. Використовуючи даний алгоритм проведено розрахунки дозових навантажень як на віддалі від сховища, так і за захисними спорудами. Модифіковано методику мінімізації дозових навантажень, створюваних масивами випромінюючих елементів в порівнянні з роботою [1].

1. V.G. Rudychev, M.O. Azarenkov, I.O. Girka, Y.V. Rudychev, D.V. Rudychev Combined calculation of radiation from large-sized ground RW storage facilities on the basis of Monte-Carlo method // Problems of atomic science and technology, 2019, №.5(123). Series: Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science (115), p. 69-74

15. МОДЕЛЮВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ В ТРАНСПОРТНИХ КОНТЕЙНЕРАХ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВЯП

Є.В. Рудичев¹, В.Г. Рудичев²

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

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

Перевезення ВЯП від АЕС до сховищ або до підприємств по переробці здійснюється залізницею в транспортних контейнерах (ТК). Для забезпечення радіаційної безпеки захист ТК виготовляється, як правило, зі сталі товщиною від 200 до 300 мм, вага контейнерів при цьому 100 тон і вище. У ряді випадків використовуються комбіновані захисти зі сталі та свинцю, наприклад, ТК HOLTEK International HI-STAR 190 UA для перевезення в Україні ВЯП для зберігання сухим методом в центральному сховищі. Методом Монте-Карло з використанням пакетів MCNP і PHITS виконано моделювання впливу геометрії джерела випромінювання та захисту, а також матеріалів захисту на зовнішнє випромінювання γ - квантів. Джерело випромінювання розглядалося як циліндр діаметром від 1,0 до 1,8 м і довжиною 4,5 м, який заповнено гомогенним ВЯП з витримкою понад 3-х років. Визначено внесок основних довгоживучих ізотопів ВЯП на зовнішнє випромінювання поза циліндричним захистом із Fe, Pb і збідненого U. Визначено вплив на зовнішнє випромінювання геометрії джерела і матеріалів захисту.

16. ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ РАВ МОДУЛЯ А1 ПРЗВ «ПІДЛІСНИЙ» МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Д.В. Федорченко^{1,2}, Л.І. Павловський¹, В.М. Рудько¹,

В.М. Антропов³, О.Г. Третяк³

¹Інститут проблем безпеки АЕС НАН України

²ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

³ДСП “Централізоване підприємство з переробки радіоактивних відходів”

ПРЗВ «Підлісний» являє собою поверхневе сховище модульного типу для захоронення радіоактивних відходів (РАВ) із потужністю експозиційної дози від

5 Р/год до 250 Р/год. В сховищі зберігаються сипучі та будівельні РАВ, які утворилися в ході ліквідації аварії на ЧАЕС у 1986 р. РАВ у сховищі залиті бетоном і вкриті шаром піщано-гравійної суміші. У 2018 р. в ході обстеження модуля А1 сховища було виконано буріння 16 свердловин в шарі бетону та проведено гамма-каротаж свердловин. В результаті одержано товщини бетону та РАВ по всій площині модулю, а також розподіл потужності дози, яка знаходиться в діапазоні від 7,5 мЗв/год до 130 мЗв/год.

Для проведення розрахунків було створено просторову модель сховища, яка враховує основні особливості геометрії сховища, зокрема профілі товщини шарів РАВ, бетону та гравійно-піщаної засипки. Моделювання випромінювання РАВ проводилося за допомогою методу Монте-Карло з використанням коду MCNP5. Розрахункові значення сумарної активності локалізованих РАВ складають близько $1,1 \cdot 10^{15}$ Бк, що узгоджується з іншими оцінками та не перевищує 0,8% від загальної кількості палива, яке знаходилося в реакторі №4 ЧАЕС до аварії.

17. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ РЕЗОНАНСНИХ НЕЙТРОНІВ ПРИ ОТРИМАННІ НЕЙТРОНОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.

С.І. Прохорець, Є.В. Рудичев, М.А. Хажмурадов
ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

У багатьох країнах нейтронна радіографія розвивалася і розвивається як один з методів неруйнівного контролю в атомній промисловості, в космічній та оборонній галузях, авіаційної та автомобільної промисловості, турбобудуванні, геології і т.д. Крім того, з огляду на широке застосування нейтронної радіографії в багатьох країнах і її проникнення в медицину, хімію, мистецтво, можна говорити про її зростаючу роль у всіх наукомістких галузях.

Розглянуто моделювання отримання нейтроннографічного зображення методом резонансної радіографії на швидких нейтронах. Наведено результати моделювання отримання зображень різних об'єктів дослідження з використанням швидких нейтронів. Аналіз зображень та їх різниці, отриманих при моделюванні, показує, що метод резонансної радіографії на швидких нейтронах дозволяє отримати інформацію про відносний розподіл елементів, що нас цікавлять.

18. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

С.А Мартынов¹, И.В. Хасамбиев², Л.К. Хаджиева², А.М. Ульбиев²
¹ ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
² Грозненский государственный нефтяной технический институт, Россия

Любую инфокоммуникационную сеть можно представить в виде системы параметров. Параметры, которые влияют на качество передачи информации, относятся к показателям качества или критериям оптимальности. Количество показателей, которые характеризуют качество реальной сети, может достаточно большим – это задержка управляющей информации, кратность модуляции, достоверность передаваемой информации, стоимость, надежность и т.д. Решение задачи оптимального синтеза – это процесс выбора управляющих переменных (показателей качества) X , которые принадлежат допустимой области D и обеспечивают оптимальное значение характеристики инфокоммуникационной сети. Наиболее критичными являются следующие показатели качества: задержка информации, достоверность информации, стоимость. В работе реализована многокритериальная задача оптимизации сети, что позволяет подобрать соотношение приведенных выше показателей качества, и оптимизировать параметры сети.

19 СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ПО СПЕКТРАМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

А.И. Скрытник¹, Д.В. Федорченко¹, М.А. Хажмурадов,¹ В.В. Егоров²
¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
²Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины

Проведено сравнение методов машинного обучения для определения изотопного состава радиоактивных источников по спектрам гамма-излучения. В большинстве работ по идентификации нуклидов с помощью методов машинного обучения для обучения и тестирования моделей идентификации изотопов используются экспериментальные данные. В данной работе все модели были обучены на модельных спектрах гамма-излучения и проверены на экспериментальных спектрах гамма-излучения. Модельные спектры получены с помощью набора библиотек для моделирования прохождения элементарных частиц через вещество Geant4. Экспериментальные спектры измерены на территории Чернобыльской АЭС. В соответствии со спецификой задачи предполагалось, что в состав источников могли входить ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu и ^{60}Co . Для идентификации радионуклидов по спектрам гамма-излучения были использованы метод k ближайших соседей, наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов, деревья принятия решений и искусственные нейронные сети.

20. РЕЗУЛЬТАТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ В РЕЖИМІ НОУ-ХАУ ЯК ОБ'ЄКТ ПРАВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

О.К. Куришкін, М.А. Хажмурадов
ННЦ “Харьківський фізико-технічний інститут” НАН України

Аналіз чинного законодавства України та публікацій відомих вчених в галузі управління інтелектуальною власністю в науково-дослідних організаціях (НДО) свідчить про те, що терміни "конфіденційна інформація", "конфіденційна таємниця", "ноу-хау" та їх співвідношення не визначені для їх практичного застосування в науці та реальному секторі економіки.

За підсумками аналізу у доповіді запропоновано наступне співвідношення термінів "конфіденційна інформація", "конфіденційна таємниця" та "ноу-хау", які застосовуються у НДО, до результатів інтелектуальної діяльності. Так, комерційна таємниця є різновидом конфіденційної інформації. Ноу-хау є видом комерційної таємниці та особливим видом інтелектуальної власності.

Незважаючи на невизначеність термінів, запропоновано більше застосовувати ноу-хау, як об'єкт права інтелектуальної власності на результати інтелектуальної діяльності, якому притаманні наступні риси: нематеріальна природа ноу-хау, режим конфіденційності як основа надання правової охорони, право на ноу-хау не має строку охорони, воно діє, поки зберігається конфіденційність інформації, ноу-хау не вимагає офіційного визнання його охороноздатності й державної реєстрації. На підставі викладеного, в теперішніх складних економічних умовах, в НДО правову охорону ноу-хау запропоновано здійснювати як альтернативу патентної охорони результатів інтелектуальної діяльності.

21. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В АКАДЕМИЧЕСКИХ ИНСТИТУТАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

О.К. Куришкін, М.А. Хажмурадов
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

В докладе приведены результаты анализа изменений портфеля прав на объекты интеллектуальной собственности в академических институтах, на современном этапе развития государственного сектора науки в стране. Сделан обоснованный вывод о резком сокращении количества патентов в действующих портфелях. Указаны причины такого положения дел, среди которых уменьшение финансирования науки, старение научных кадров и научно-исследовательской лабораторной базы, потеря научных школ, резкое повышение расценок (тарифов) на услуги по оформлению охраны и защиты прав на объекты интеллектуальной собственности для академических институтов. Предложен механизм охраны и защиты прав на ОИС на основе оформления научно-технической идеи в режиме ноу-хау, без получения патента на изобретение. В действующем законодательстве ноу-хау, как вид коммерческой тайны, является объектом интеллектуальной собственности, поэтому, при соответствующем

оформлении, права на него подлежат защите. Оформление индивидуализации на научно-техническую идею, получение на нее патента на полезную модель в совокупности с оформлением режима ноу-хау и составляют суть предложенного способа формирования портфеля прав на ОИС. При этом ОИС, включенные в портфель прав таким способом, будут обладать всеми базовыми функциями ИС в НИО, опубликованными авторами ранее, такими как инновационная, правовая, экономическая, образовательная, социальная, психологическая и общеорганизационная. Предложенный способ позволяет уменьшить расходы НИО на формирование сбалансированного портфеля прав на ОИС, сохранив авторские права на результаты интеллектуальной деятельности, обеспечить баланс интересов авторов и научного учреждения, улучшить управление интеллектуальной собственностью, совершенствовать политику управления нематериальными активами в современных условиях коммерциализации знаний.

22. ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

В. Саенко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

В наши дни компьютерные сети проходят новый виток своего развития. Произошли изменения в поколении сетевого оборудования: снижение энергопотребления, габаритов и веса; повышение производительности, появление новых нестандартных (фирменных) функций управляемых коммутаторов и маршрутизаторов, появление сложных устройств (объединение нескольких устройств) и интегрированных устройств (встроенная система), широкое использование оптоволоконных и беспроводных соединений. Все это создает предпосылки для пересмотра существующих логических и топологических структур магистральной, SLAN и локальных сетей в любых компаниях.

Предлагается новый взгляд на общую концепцию построения компьютерных сетей. Он основан на новых типовых решениях. Эти решения описывают типичные структуры для LAN, SLAN и компьютерной сети Backbone. Предлагается пять типов структур локальной сети, которые отличаются количеством поддерживаемых компьютеров. В качестве основы для магистральной сети и SLAN предлагается древовидная структура (кольцевые секции формируются на втором этапе). Предлагается пять типов структуры магистральной сети для уровней этажей и четыре структуры для логического корневого уровня (маршрутизаторы, коммутаторы). Кроме того, предлагаются типичные решения с новыми фирменными функциями управляемых коммутаторов.

Предлагаемая концепция позволяет получить наиболее эффективную (стоимость / скорость, стоимость / поддержка) структуру компьютерной сети.

23. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛОСТІ СТАНУ СИСТЕМ «ОБ'ЄКТ – НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ» НА ОСНОВІ ГРАФО-АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Т.В. Козуля, М.М. Козуля

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Ефективність діяльності систем будь-якої природи загалом пов'язана з отриманням результатів, наближених до досягнення мети. Реалізація певного рішення за потребами розвитку чи стабілізації стану складних об'єктів «(навколишнє середовище (НС) – система) – процеси в системі – кінцевий стан системи» потребує виявлення у дослідженій вагових складових в об'єкті, пов'язаних зі структурою чи функціональністю систем, що самі доволіно визначають отримання цільового результату, тобто є самоорганізуючими.

Метою роботи є визначення виду моделі складно структурованого об'єкта будь-якого призначення, що адекватно до реальних умов відображає стан системи і взаємодію «НС – система – процес – стан системи – НС» у ситуації невизначеності різного ступеню.

Відповідно до поставленої цілі дослідження запропоновано розглядати складну систему як «організм» відповідно до його фізико-хімічної природи та системної структури. Запропонований інформаційно-методичний комплекс дослідження, спрямований на виявлення самоорганізуючих структур і процесів (вирішення задач стабілізації, гармонізації, отримання нової якості), які забезпечують для об'єкта: ефективну взаємодію з навколишнім середовищем; прогнозованість стабільності або змін; підтримку довірливих процесів стабілізації «НС – система»; отримання знань про об'єкт «НС – система».

При дослідженні передбачається робота з моделями у вигляді структурної матриці, топологічного графу, когнітивної карти з метою встановлення факторів дестабілізації, причин захворювання, регуляторних механізмів.

24 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ ИМИТАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПОРИСТЫХ ОБРАЗЦОВ ЯДЕРНЫХ ГРАФИТОВ НА УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ ELIAS ННЦ ХФТИ

М.И. Братченко, С.В. Дюльдя, Н.П. Одейчук

ННЦ «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков

С целью прогнозирования ресурса материалов активной зоны высокотемпературных реакторов IV поколения в ННЦ ХФТИ проводились имитационные эксперименты по изучению коррозии ядерных графитов в окисляющих средах под *in situ* облучением на ускорителе электронов ELIAS при температурах 600...800°C. Для этих облучений грубая оценка дозиметрии материалов по флюенсу электронов впервые дополнена в настоящей работе расчетами Монте-Карло-кодом RaT 3.1 полной поглощенной ионизационной

дозы (TID) и первичного радиационного повреждения (с.н.а.) образцов с учетом 3D-геометрии камеры облучения (КО) и параметров пучка ускорителя. Расчеты для графитов марок АРВ, МПГ и ГСП с плотностями (1,6...1,9) г/см³ выявили, что в экспериментах TID достигала 0,15 Трад, а повреждение не превысило $1,2 \times 10^{-4}$ с.н.а. Чувствительность дозиметрических показателей к деталям конструкции КО локализована в тонких (<0,1 мм) поверхностных слоях образцов. Различия в TID и с.н.а. графитов разных марок с разной плотностью и пористостью не превышают 5% и малы по сравнению с их ~1,5-кратным общим ростом по глубине проникновения пучка в тонкие (2 мм) образцы. Однако фрактальная пористость графитов может сказываться на профилях TID и с.н.а. вблизи зависящего от эффективной плотности образца проективного пробега электронов (7...9 мм) и, по данным нашего *multiscale*-моделирования, именно она определяет скорость высокотемпературного окисления образцов кислородом, в т.ч. под облучением.

25. ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИСТИРОЛ-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.М. Прохоренко¹, В.В. Литвиненко¹, А.А. Захарченко², М.А. Хажмуратов²

¹Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины

²ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Усовершенствованию и созданию современных радиационно-защитных материалов уделяется значительное внимание. В работе представлены результаты изучения эффективности радиационной защиты, от ионизирующего излучения при использовании полистирол-металлических композиционных материалов. Изучались радиационно-защитные композиционные материалы на основе полистирола с матрицей из порошкового алюминия. В качестве радиационно-защитной добавки использовали порошковый вольфрам и порошковую сталь. Измерено ослабление гамма излучения от источника ²⁴¹Am. Проведено моделирование процессов поглощения ионизирующего излучения. Расчеты выполнялись на основании пакета Geant4 v 4.9.6p02. Проведено сравнение расчетных и измеренных результатов. Полученные результаты отличались не более чем на 6%. Изучались композиционные материалы, которые отличались по своему компонентному составу и структурному виду. Исследовались материалы, как с высоким содержанием радиационно-защитной составляющей, так и с минимальным содержанием вольфрамовой компоненты. Дано сравнение радиационно-защитных характеристик сплошного слоя композиционного материала и слоя состоящего из насыпного материала. Показана возможность создания быстро возводимых, защитных сооружений с заполнением в виде шариков. Подобраны размеры гранул защитного композиционного материала. При помощи методов математического моделирования была выполнена оптимизация подбора состава компонент композиционного материала.

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. ВОЛЬФРАМОВАЯ НЕЙТРОННО-ОБРАЗУЮЩАЯ МИШЕНЬ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ, ОСНОВАННОГО НА ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКЕ, УПРАВЛЯЕМОЙ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ.

*Б.В. Борц, А.В. Быхун, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьёв, Л.И.Глущенко, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Ю.А. Марченко, А.О. Мыцьков, А.А. Пархоменко, Ю.И.Поляков, В.И.Сытин
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

В подкритической сборке, для генерации дополнительных фотонейтронов с помощью электронов, применяются тяжелые металлы. Одним из вариантов нейтроно-образующей мишени является вольфрам, плакированный танталом. Перспективным он является благодаря высокому выходу нейтронов при облучении высокоэнергетичными электронами.

Условия эксплуатации вольфрамовой мишени, находящейся под воздействием пучков электронов с энергией 100 МэВ, током пучка 1mA, и

плотностью выделяемой мощности на мишени $2,5 \text{ kW/ cm}^2$, предъявляют высокие требования к герметичности мишени, в части выхода радиоактивных продуктов из вольфрама в охлаждающую мишень воду.

Для защиты от химической коррозии и поступления радиоактивных продуктов облучаемого материала в охлаждающую воду, пластины мишени вольфрама покрыты защитным слоем тантала.

Мишень из вольфрама проработала на ускорителе высокоэнергетических электронов в течение более 6 месяцев. Выхода радиоактивных продуктов в охлаждаемой воде не обнаружено.

2. ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА, ПРОВЕДЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ, И ВЫПЛАВКИ УРАНОВОЙ МИШЕНИ, ДЛЯ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ

Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьев, Л.И. Глуценко, И.М. Карнаухов, М.П. Домнич, А.А. Лопата, Е.В. Луценко, Ю.А. Марченко, И.В. Паточкин, В.И. Сытин, В.А. Александров, А.А. Вакуленко

ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Для создания урановой мишени был проведен сравнительный анализ конструкционных решений, химического состава, работоспособности мишеней, для управляемых ускорителями ядерных систем большой мощности. Была разработана конструкция и создана установка для выплавки урановой мишени в соответствие с разработанной технологией. Проведено обоснование выбора параметров выплавки и термо-механической обработки уранового сплава для устранения литой структуры и проведения гомогенизации.

Одним из наиболее перспективных материалов для получения нейтроннообразующих мишеней по ядерно-физическим свойствам являются мишени из урана и его сплавов с молибденом. При этом существенными требованиями к материалам мишеней являются их радиационная стойкость под действием облучения, а также высокие физико-механические свойства, обеспечивающие структурную и геометрическую стабильность при работе в термонапряженном состоянии.

Из используемых в ядерной энергетике сплавов урана одним из наиболее перспективных сплавов является сплав U 7–10% Mo, являющийся однофазным в области рабочих температур мишени и обладающий высокой радиационной стабильностью при температурах до 600°C .

В качестве исходных компонентов сплава используются ядерные материалы, находящиеся в ННЦ ХФТИ (металлический уран естественного обогащения) и высокочистый молибден промышленного производства.

3. ЦЕНТР ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКОГО ИЗОТОПА ТЕХНЕЦИЯ Tc^{99m} , НА БАЗЕ ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ ННЦ ХФТИ

*Б.В. Борц, В.А. Воронко, А.А. Гусарова, И.В. Ушаков, А.Ю. Зелинский,
А.П. Масалитина, А.О. Мыциков, И.М. Карнаухов, И.М. Короткова,
А.К. Панасюк, И.В. Паточкин, В.В. Сидоренко, В.В. Сотников,
Т.А. Яковлева*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Создание нейтронного источника с потоком нейтронов $1-2 \cdot 10^{13}$ н/см²с, сделало возможным реализовать технологию производства изотопов технеция, основанную на нейтронном облучении стабильных изотопов ^{98}Mo в подкритической сборке управляемой ускорителем электронов, используя реакцию $^{98}Mo(\eta \gamma)^{99}Mo$. В связи с практически полным отсутствием загрязняющих элементов в процессе производства, Tc^{99m} , получаемый из распада ^{99}Mo , является очень чистым, о чём свидетельствуют результаты экспериментов по наработке технеция и позволяет нарабатывать в течении недели около 35- 40ГБк технеция Tc^{99m} за один цикл облучения 10г оксида молибдена.

Центр по производству технеция Tc^{99m} включает в себя:

- облучательный комплекс на базе источника нейтронов;
- лабораторию из 4-х горячих камер по выделению из облученного оксида молибдена изотопа технеция Tc^{99m} , его стерилизацию и расфасовку;
- аналитическую лабораторию по проверке качества входного и выходного продукта включающая 18 единиц технологического и исследовательского оборудования;
- микробиологическую лабораторию, включающей 15 единиц оборудования по проверке стерильности и чистоты помещений, оборудования и выпускаемой продукции.

4. ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ НЕЙТРОНООБРАЗУЮЩЕЙ МИШЕНИ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ»

*Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.А. Воробьёв, В.Т. Быков, А.В. Быхун, А.Ю. Зелинский,
И.М. Карнаухов, А.А. Лопата, Е.В. Луценко, Ю.А. Марченко, А.О. Мыцыков,
А.А. Пархоменко, И.В. Паточкин, В.Н. Ридозуб, В.Л. Стомин,
И.В. Ушаков, В.М. Шеринёв*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Сплавы U-Mo считаются наиболее перспективными не только для осуществления одной из главных идей современного реакторного

материаловедения топливных материалов исследовательских реакторов: замены высокообогащенного урана на низкообогащенный, но и для создания *мишени* ядерной подкритической установки «Источник нейтронов» ННЦ ХФТИ (ЯПУ), которая является перспективной разработкой безопасных реакторов будущего.

Мишень обеспечивает высокий выход нейтронов для энергии электронов в диапазоне 50-100 МэВ. При этом, компенсация ядерных характеристик, связанная с заменой части атомов урана на молибден, компенсируется уплотнением кристаллической решетки. Анализ, выполненный при помощи программы МНСРХ, показал, что легирование Мо приводит к некоторому снижению выхода нейтронов – примерно на 0.8% на 1% Мо.

В работе впервые выяснена причина высокой радиационной стабильности структуры сплавов урана, легированных молибденом до концентраций 7-10% весовых. Установлено, что легирование урана молибденом способствует стабилизации радиационно-стойкой ОЦК структуры, а процесс гомогенизации под влиянием облучения не позволяет развиваться процессам упорядочения и создания фазы U_2Mo , которые могут приводить к растрескиванию или набуханию мишени. Установлено, что оптимальная концентрация молибдена составляет 7-9% вес.

Предложена модель образования под низкотемпературным (ниже 100°C) облучением, радиационно-стойкой ОЦК-фазы под действием возникающих внутренних напряжений растяжения, стимулирующих протекание прямого альфа-гамма перехода.

Определены условия проведения высокотемпературной термической обработки(гомогенизации), обеспечивающей структурную стабильность ОЦК-фазы уран-молибденовой мишени.

5. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЧ СИГНАЛОМ НИЗКОГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ ДЛЯ 100МЭВ/100КВТ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ – ДРАЙВЕРА ЯДЕРНОЙ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ”ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ”

*В. П. Андросов, А. М. Гвоздь, А. Ю Зелинский, И. М. Карнаухов,
В.Н Лященко, Д. Тарасов, А. В. Черкашин.*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Одним из важных вопросов при эксплуатации многосекционного ускорителя является фазирование ВЧ, ускоряющего электромагнитного поля в каждой секции ускорителя, для создания оптимальных условий ускорения частиц.

Система управления маломощным ВЧ-сигналом, является составной частью ВЧ системы линейного ускорителя электронов, основной функцией которой является управление фазой и амплитудой ВЧ-сигнала низкого уровня мощности на рабочей частоте ускорителя, подаваемого на твердотельный усилитель, а также долговременное поддержание амплитуды и фазы этого сигнала. Система

состоит из шести независимых каналов, и обеспечивает поддержание фазы и амплитуды ВЧ-сигнала с точностью не хуже ± 1 град и 1 % соответственно.

В работе описаны принцип работы системы, интерфейсы управления и методика подбора необходимых фаз управляющих ВЧ сигналов. Представлены структурные схемы и компоненты ВЧ системы низкого уровня мощности.

6. ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ НЕЙТРОННОГО ИСТОЧНИКА.

СОСТОЯНИЕ ДЕЛ.

*Гевчук А.В., Гордиенко А.Н., Гревцев В.Г., Зелинский А.Ю., Карнаухов И.И.,
Мыцыков А.О*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, г. Харьков

В докладе приводится структура установки и опыт эксплуатации вакуумной системы 100 МэВ/100 кВт линейного ускорителя электронов для подкритической установки «Источник нейтронов» ННЦ ХФТИ. Описываются её особенности, обусловленные конструкцией ускорителя и разбёмного канала транспортировки пучка на мишень. В вакуумной системе получено давление остаточного газа $\sim 10^9$ Торр, которое поддерживается в течение длительной эксплуатации.

Рассмотрено предложение по оптимизации вакуумной системы для работы на больших мощностях электронного пучка.

7. ОТЛАДКА РАБОЧИХ РЕЖИМОВ УСКОРИТЕЛЯ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПУСКА ПОДКРИТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ ННЦ ХФТИ

*А. Бездетко, А. Быхун, А. Гордиенко, В. Гревцев, А. Гвоздь В. Иващенко,
Д. Каплий, И.И. Карнаухов, И.М. Карнаухов, В. Лященко, А. Мыцыков,
М. Моисеенко, А. Резаев, М. Сергиец, А. Шевцов, Д. Тарасов, В. Троценко,
А. Зелинский*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Для обеспечения физического пуска установки «Источник нейтронов» ННЦ ХФТИ, 100 МэВ/ 100 кВт электронный линейный ускоритель должен обеспечивать стабильную работу с частотой следования импульсов 20-50 Гц, импульсным током 20-100 мА, энергетическим разбросом ± 3 % и около ± 3 мм размерами пучка на мишени. В результате настройки ускорителя, были получены требуемые параметры пучка и ускоритель показал стабильную, устойчивую работу.

В докладе описана процедура настройки ускорителя и показаны результаты стабильных режимов эксплуатации ускорителя.

8. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПОДГОТОВКА К ФИЗИЧЕСКОМУ ПУСКУ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ»

А. Быхун, Д. Крапива И. Субботенко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Система охлаждения Ядерной Подкритической Установки «Источник нейтронов» ННЦ ХФТИ является одной из важнейших технологических систем установки и состоит из: первого контура охлаждения нейтрон-образующей мишени, первого контура охлаждения подкритической сборки, первого контура охлаждения клистронной галереи линейного ускорителя электронов, первого контура охлаждения фокусирующих магнитов линейного ускорителя электронов, первого контура охлаждения системы термостабилизации линейного ускорителя электронов, второго контура охлаждения нейтрон-образующей мишени и подкритической сборки, второго контура охлаждения клистронной галереи и фокусирующих магнитов, второго контура охлаждения термостабилизации линейного ускорителя электронов.

Предварительные расчеты показали, что технические параметры и проектные точности поддержания температуры, расхода и давления теплоносителя систем охлаждения удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемыми нейтрон-образующей мишенью, подкритической сборкой, оборудованием линейного ускорителя электронов для обеспечения проектных режимов работы.

В докладе приведены результаты индивидуальных, функциональных и комплексных испытаний контуров охлаждения при использовании вольфрамовой нейтрон-образующей мишени, макетов тепловыделяющихборок и работающего линейного ускорителя электронов 100 МэВ/100 кВт с параметрами, соответствующими регламенту физического пуска установки (35 мА, 20 Гц).

9. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА 100 МЭВ/100 КВТ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» ННЦ ХФТИ

А.П. Бездетко, А.Ю. Зелинский, Д.А. Каплий, И.М. Карнаухов, В.Н. Лященко, М. Моисеенко. Д.В. Тарасов

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Необходимым условием ввода в эксплуатацию любой электрофизической или ядерной установки является обеспечение безопасной работы персонала. С этой целью была разработана и введена в эксплуатацию система защиты персонала 100 МэВ/ 100 кВт линейного ускорителя электронов. Система обеспечивает защиту оперативного персонала ЯПУ «Источник нейтронов» от поражения высоким напряжением и ВЧ электромагнитным излучением при работе ускорителя и при несанкционированном доступе в тоннель ускорителя. Система отключает высоковольтный источник питания электроннои пушки и

источники питания модуляторов при открывании тяжелых дверей тоннеля ускорителя или открытии подвижной биологической защиты подкритической сборки. Предусмотрена возможность отключения источников питания ключами, расположенными в тоннеле ускорителя.

В докладе приводится структурная схема системы, ее расположение, взаимодействие между узлами.

10. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РЕАКТИВНОСТИ НЕЙТРОННОГО ПОТОКУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННІ ЯПУ ‘ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ’

С.В. Шейко, А.Ю. Зелінський, І.М. Карнаухов

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Результатом керованого лінійним прискорювачем ядерного поділу в збірці генерується нейтронне випромінювання: рівень, інтенсивність, розподіл та реактивність якого повинні бути контрольовані в реальному часі з високим рівнем надійності та достовірності, щоб забезпечити необхідну безпеку та точність вихідного потоку пристрою.

Ця система базується на 9 сертифікованих іонізаційних датчиках нейтронного потоку, просторово розміщених як в активній зоні так і в зоні біологічного захисту, покриваючи увесь реєстраційний діапазон вимірювання. Синхронізовані з запуском прискорювача флуктуаційні сигнали з датчиків багатократно посилюються та відокремлюються в спеціальному аналоговому обладнанні, перетворюються в дискретний код який обробляється в промисловому автоматизаційному обладнанні з програмним забезпеченням: розподільного контролю, спостереження, критеріїв попередження та сигналізації.

У доповіді докладно розглядається математична модель контролю реактивності нейтронного потоку, складності його фізичного вимірювання, заходи забезпечення високого рівня безпеки, фактична схема обладнання та програмного забезпечення від датчиків, через перетворюваче обладнання, лінії живлення та зв’язку, до серверів з SCADA-інтерфейсами персоналу.

11. МОДЕРНИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОРРЕКЦІЇ 100 МЭВ/100 КВТ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» ННЦ ХФТИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

*П.И. Гладких, А.Ю. Зелинский, И.М Карнаухов, А.О. Мыцыков, А.В. Резаев,
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

С целью модернизации системы коррекции положения пучка линейного ускорителя ЯПУ «ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» были разработаны и изготовлены два 2-х координатных дипольных корректора, которые планируется установить на канале транспортировки перед дипольным магнитом ТВ1. Было измерено распределение корректирующего поля в вертикальной и горизонтальной

плоскости. Измерена эффективная длина при максимальном поле 100 Гс. Измерения проводились при помощи датчика Холла, закрепленного на координатном устройстве.

Установка двух корректоров, вместо одного, используемого в настоящее время, обеспечит одновременную коррекцию положения и угла наклона электронного пучка.

12. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ В СОСТАВЕ ЯДЕРНОЙ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ННЦ ХФТИ ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ

Д. Тарасов, А. Зелинский, В. Лященко

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Линейный ускоритель электронов 100 МэВ / 100 кВт, который используется в качестве драйвера ядерной подкритической сборки - источник нейтронов ННЦ ХФТИ, готов к эксплуатации [1]. Система управления ускорителя основана на приложениях EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) и взаимодействует с автоматизированной системой контроля и управления ядерной подкритической сборки [2]. Обсуждаются особенности реализации системы управления линейного ускорителя и ее взаимодействия с системами, ответственными за безопасную эксплуатацию установки.

1. P. Gladkikh et al., “The Progress in Physical Start-Up of the NSC KIPT Subcritical Neutron Source Facility Driven by an Electron Linear Accelerator”, in Proc. IPAC'19, Melbourne, Australia, May 2019, pp. 2197-2199.

2. D.V. Tarasov, V.P. Lyashchenko, and A.Y. Zelinsky, “Control System of the Linear Accelerator as a Part of Nuclear Facility NSC KIPT Neutron Source”, in Proc. 16th Int. Conf. on Accelerator and Large Experimental Control Systems (ICALEPCS'17), Barcelona, Spain, Oct. 2017, pp. 534-536.

13. РЕЗОНАТОР ФАБРИ-ПЕРО – ОПТИМАЛЬНЫЙ НАКАПЛИВАЮЩИЙ ЛАЗЕРНЫЕ ИМПУЛЬСЫ РЕЗОНАТОР ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКА ГАММА КВАНТОВ «НЕСТОР»

В.П. Андросов, А.В. Черкашин

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Рассмотрение вопроса о выборе наиболее оптимальной резонансной структуры для эффективного накопления лазерных импульсов для источника гамма квантов «НЕСТОР. Применение для этих целей четырехзеркальных резонаторов вместо более простых двухзеркальных резонаторов Фабри-Перо, имеющих также лучшие энергетические характеристики, обусловлено, во многих случаях, невозможностью их эффективного возбуждения. Особенно это наблюдается для резонаторов с сильной фокусировкой резонансного пучка. Во-первых, размеры резонансного пучка на зеркалах резонатора в этом случае становятся соизмеримыми с их апертурой, что увеличивает дифракционные потери в нем и, естественно, ухудшает его характеристики. Во-вторых, происходит отклонение оси резонансного пучка от оси возбуждающего резонатор лазерного излучения из-за некачественной юстировки его зеркал, что также ухудшает эффективность возбуждения последнего.

Расчеты и анализ показали, что улучшить качество юстировки резонатора Фабри-Перо можно с помощью смещения его отражателей в поперечной плоскости. Обеспечив соответствующую точность, можно добиться, близкого к идеальному возбуждения резонатора Фабри-Перо и, таким образом, получить высокоэффективную накапливающую лазерные импульсы резонансную структуру источника гамма квантов «НЕСТОР».

14. РАСЧЕТ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЮСТИРОВКИ ЗЕРКАЛ РЕЗОНАТОРА ФАБРИ ПЕРО

В.П. Андросов, А.В. Черкашин

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Накопление лазерных импульсов в резонаторе Фабри-Перо невозможно без качественной юстировки его зеркал. Эта задача во многих случаях не может быть сведена к простым механическим манипуляциям с отражателями.

Для понимания этой проблемы был проведен детальный анализ расположения резонансного и возбуждающего его лазерного пучков в резонаторе Фабри-Перо при разъюстировке последнего.

В результате были получены простые соотношения, позволившие определить появляющийся в этом случае угол между ними и найти величину смещения между этими пучками на входном зеркале резонатора. Сопоставляя полученное значение смещения с размерами пучков на этом зеркале, можно судить об эффективности возбуждения такого резонатора.

Было также установлено, что юстировку резонатора можно выполнить не только путем соответствующего наклона отражателей, но и путем смещения их в поперечной к оси пучка плоскости.

Выполненные исследования показали, что в качестве тонкой юстировки входного зеркала резонатора Фабри-Перо можно использовать параллельное

смещение оси лазерного излучения. Это легко реализуется путем наклона плоскопараллельной пластинки, расположенной на пути лазерного излучения.

В настоящее время разрабатывается юстировочная платформа, в которой грубая юстировка зеркал резонатора будет осуществляться путем их наклона, а точная – путем супермалых смещений зеркал в поперечной плоскости с помощью устройств на пьезоэлементах.

15. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АУТОПОДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ ЛАЗЕРА ПО ОПОРНОМУ ВЫСОКОДОБРОТНОМУ РЕЗОНАТОРУ

В.П. Андросов, А.М. Гвоздь, А.В. Черкашин

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Без привязки частоты лазерного излучения к собственной частоте резонатора невозможно осуществить эффективное возбуждение последнего и, тем более, решить задачу накопления лазерных импульсов в нем. А получение мощных фотонных ступков является основным предназначением лазерно-оптической системы (ЛОС) в составе генератора «НЕСТОР».

В основе работы, практически, всех систем ФАПЧ лазера лежит принцип действия схемы PDH (Паунд-Древер-Холл), которая осуществляет перенос сигнала ошибки из оптического диапазона в радиочастотный диапазон, где схемотехника таких систем давно и хорошо отработана.

В результате проведенных расчетов амплитудно- и фазочастотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) резонатора Фабри-Перо, при прохождении через него фазомодулированного лазерного пучка, была выбрана наиболее приемлемая для ЛОС генератора «НЕСТОР» частота фазовой модуляции ($f_{mod}=400kHz$). Она лежит вне полосы пропускания резонатора, и поэтому не будет вносить искажения в структуру накапливаемого сигнала.

Моделирование работы электрических схем, требуемых для создания ФАПЧ проводилось с помощью программы Tina9-TI фирмы Texas Instruments с использованием ее электронной базы. На основе полученных схемотехнических решений для системы ФАПЧ устройства были изготовлены и протестированы, а также проверена работоспособность радиочастотной части системы ФАПЧ в целом. Все ее характеристики находятся в расчетных пределах.

16. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ 100 МэВ/100 кВт ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЯПУ

«ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ» ННЦ ХФТИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

*А. Зелинский, В. Иващенко, И. Карнаухов, В. Лященко, В. Троценко
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Система діагностики предназначена для вимірювання і контролю параметрів електронного пучка 100 МэВ/100 кВт лінійного прискорювача – драйвера ЯПУ ІН. Вона складається з таких елементів як магнітоіндукційні датчики струму пучка, сцинтиляційні датчики вимірювання профілю і розміру пучка, проволочні датчики вимірювання профілю пучка, ламельні датчики вимірювання геометричних розмірів і енергетичного розбросу пучка, датчики втрат пучка вздовж прискорювача і електростатичні пугівичні датчики положення пучка. На протязі 2019 року проводилась налагодка і модернізація елементів системи діагностики і підготовка до фізического пуску установки.

В роботі наведено результати вимірювань параметрів електронного пучка при тестуванні 100 МэВ/100 кВт лінійного прискорювача – драйвера ЯПУ ІН.

17. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ДАТЧИКІВ СИНХРОТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ В ГЕНЕРАТОРІ НЕСТОР

*П.І. Гладких, В.Г. Гревцев, В.Є. Іващенко, О.С. Мазманішвілі, Н.В. Москалець,
М.І. Мочешніков, Ф.А. Песев, О.О. Щербаков
ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

Синхротронне випромінювання (СВ), що генерується релятивістськими зарядженими частками в поворотних магнітах циклічних прискорювачів, є відмінним інструментом неруйнуючої діагностики пучка. Вивчаючи імпульсну природу СВ згрупованого пучка, можна досліджувати поздовжні характеристики згустків електронів, з іншого боку, поперечний розмір і кутова розбіжність пучка СВ надають пряму інформацію про поперечні параметри пучка електронів, а знання структурних функцій накопичувача (β , η) в точці випромінювання і розкиду електронів по енергії δ , дозволяють визначити емітанс пучка електронів.

Критична енергія фотонів СВ в генераторі рентгенівського випромінювання НЕСТОР розташована в діапазоні енергій 0.5 – 50 еВ (інфрачервона, видима, ВУФ області).

У доповіді обговорюються методи використання СВ для діагностики пучка електронів. На основі огляду існуючих датчиків СВ і елементної бази проводиться вибір необхідної системи для генератора НЕСТОР.

18. ДИФРАКЦІЙНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД РУХУ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ ПОВЗ ІМПЕДАНСНИЙ КЛИН

*В. Остроушко
ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

Ширококутовий електромагнітний імпульс можна генерувати згущенням частинок, яке утворене у імпульсному прискорювачі та проходить повз

клиновидну антену. Для ідеально провідного клину показано, що обертання його навколо ребра, фіксованого разом з прямою лінією рівномірного руху частинки, загальну випромінену енергію не змінює. Поява та збільшення імпедансу може вести як до зменшення, так і до збільшення тієї енергії. Зменшення пов'язане зі зменшенням поверхневих струмів, через збільшення опору. Збільшення випроміненої енергії отримане в умовах, сприятливих для утворення поверхневої хвилі, коли частинка рухається до ребра майже паралельно до грані клину, а швидкість частинки близька до швидкості хвилі. Незалежно від імпедансу (і для будь-якої структури, однорідної у певному напрямку, та лінії рівномірного руху частинки, якщо вони розташовані по різні боки від якоїсь площини), відносний розподіл випромінювання на даній частоті за напрямками, які утворюють даний кут з ребром клину, при паралельному перенесенні лінії руху не змінюється.

19. УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ РЕАКТОРА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАЖАТЕЛЯ НЕЙТРОНОВ

М.С. Маловица¹, А.И. Кирдин², В.В. Пилипенко², С.П. Фомин^{1,2}, Н.Ф. Шульга^{1,2}

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

² *ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины*

Для дальнейшего развития ядерной энергетики важна разработка новых концепций ядерных реакторов деления с внутренней безопасностью. К ним относится быстрый реактор (БР), работающий в режиме волны ядерного горения (ВЯГ) [1, 2], в котором объединены процессы наработки и выгорания топливных делящихся нуклидов, а особый механизм отрицательной обратной связи [3] обеспечивает автоматическое поддержание реактора в критическом состоянии.

В данной работе изучено управление мощностью БР цилиндрической формы с топливом U-Pu цикла, в котором ВЯГ распространяется в аксиальном направлении, путем изменения эффективности радиального отражателя нейтронов с помощью введения в него поглотителя нейтронов (¹⁸¹Ta). Исследования проводились на основе численного решения многогрупповых уравнений диффузии нейтронов совместно с уравнениями выгорания топлива и ядерной кинетики предшественников запаздывающих нейтронов в 2D-модели реактора [4]. В активной зоне учитывалось наличие конструкционного материала Fe и теплоносителя Pb-Bi. Отражатель состоял из 90% Pb-Bi и 10% Fe. Пропорционально-дифференциальный метод управления содержанием ¹⁸¹Ta в отражателе позволил проводить изменения мощности БР без возникновения неустойчивостей. Однако специфика самосогласованного режима ВЯГ, накладывает определенные ограничения на темп изменения мощности БР, особенно при ее повышении. Выбран оптимальный алгоритм вывода реактора на заданную мощность за приемлемое время.

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.

20. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ СТЕНДА КОНТРОЛЯ ЙОДНЫХ ФИЛЬТРОВ СКИФ

*В.В. Левенец, А.Ю. Лонин, А.П. Омельник, И.В. Шевченко, А.А. Щур
ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины*

Контроль и прогнозирование работоспособности воздушных фильтров для АЭС требует наличия методики для определения элементного содержания йода в углеродной матрице. Анализ существующих в мировой практике методик показывает, что для таких задач преимущественно используются ядерно-физические методы.

Наши исследования возможностей ядерно-физических методов с регистрацией рентгеновского и гамма-излучений в определении содержания йода в сорбентах, показали, что рентгенорадиометрический метод определения содержания стабильного изотопа ^{127}I в полной мере отвечает обозначенным метрологическим требованиям. При разработке методики на основе этого метода в результате проведенных исследований были выбраны тип источника возбуждения, тип блока детектирования, параметры поглощающих фильтров, геометрические параметры установки.

С учётом полученных результатов был разработан автоматизированный измерительный модуль стенда СКИФ, методика и программное обеспечение для определения содержания йода в образцах углеродных адсорбентов.

Определенные метрологические характеристики созданного измерительного модуля и методики позволили получить сертификат качества в ННЦ «Институт метрологии» на стенд СКИФ, в состав которого входит разработанный модуль.

21. ПЕРСПЕКТИВА ПОЛУЧЕНИЯ В ННЦ ХФТИ ^{82}Sr

*Э.Л. Купленников, А.Н. Водин, А.С. Деев, И.С. Тимченко,
С.Н. Олейник, А.С. Качан, Л.П. Корда*

ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Одной из значимых инноваций в диагностике онкологических, кардиологических, неврологических и других заболеваний стала позитрон-эмиссионная томография (ПЭТ), основанная на характерных свойствах β^+ -излучения. После распада в радиофармпрепарате (РФП) соответствующего радиоизотопа, образующаяся β^+ -частица после короткого пробега в ткани, взаимодействует с электроном, рождая два аннигиляционных фотона по 511 кэВ. В результате γ -детекторы их регистрируют, определяя в конечном итоге

пространственно-временное распределение РФП в организме. Визуализация проводится с помощью РФП, меченных ультра-короткоживущими (УКЖ) β^+ -излучателями: ^{11}C ($T_{1/2} = 20.4$ мин.), ^{13}N (9.97 мин.), ^{15}O (122.2 с.), ^{18}F (109.8 мин.), где $T_{1/2}$ - период полураспада. Однако из-за применения УКЖ излучателей, ПЭТ-процедуры проводятся в непосредственной близости от циклотронных комплексов, что определяет реализацию данной методики только в крупных центрах.

Проблема была решена после создания $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ генераторов. Продуктом распада материнского ^{82}Sr ($T_{1/2}=25.3$ суток) является дочерний изотоп ^{82}Rb ($T_{1/2}=75$ с). Генератор компактен, его можно транспортировать на большие расстояния, он эксплуатируется достаточно длительное время. ^{82}Sr получают на циклотронах с энергией 40-100 МэВ при облучении протонами мишени $^{85,87}\text{Rb}$ (реакции $^{85}\text{Rb}(p,4n)^{82}\text{Sr}$, $^{87}\text{Rb}(p,6n)^{82}\text{Sr}$) и последующим радиохимическим выделением ^{82}Sr . ($^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$)-генераторы пока производятся только в США, Канаде и РФ. В ХФТИ нет соответствующего циклотрона, но есть прецизионный линейный ускоритель электронов с энергией до 100 МэВ, что, в принципе, позволяет, используя мишень натурального стронция, на тормозных γ -квантах осуществить реакцию $^{nat}\text{Sr}(\gamma, xn)$, т.е. получить ^{82}Sr . Тем более, что в НИК «Ускоритель» А(γ, xn)-эксперименты уже активно проводятся.

22. ОБРАТНЫЕ ВОЛНЫ ЯДЕРНОГО ГОРЕНИЯ.

Ю.Я. Лелеко, В.В. Ганн

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

В последние годы большое внимание уделяется такой разновидности волны ядерного горения как стоячая волна ядерного горения в движущейся делящейся среде. Стоячие волны горения могут существовать для одномерной, цилиндрической и сферической симметрии. Они возникают, когда скорости движения волны и перемещения материала уравниваются. В работе получены простые аналитические решения уравнений для нейтронного потока, флюенса и концентраций изотопов урана и плутония в материалах стоячих волнах различной симметрии. Исследованы границы устойчивости стоячих волн ядерного горения, построены диаграммы состояний таких реакторов. Показано наличие критических (минимальных) размеров стоячих волн, меньше которых волна не существует. Получены аналитические выражения для минимальных размеров стоячих волн плоской, цилиндрической и сферической формы. В случаях же когда скорость перемещения топлива больше скорости движения волны то волна движется в обратном направлении в неподвижной системе координат. Такую волну мы называем обратной волной ядерного горения. В процессе движения размеры волны непрерывно уменьшаются и при достижении критического размера стоячая волна исчезает. Для обратной цилиндрической

волны ядерного горения прямым моделирование, с помощью кода MCNPX, было продемонстрировано наличие минимальных размеров и получены численные значения критических размеров для окисного уранового топлива.

23. ТЕПЛОВОЙ ПРОБОЙ СИСТЕМЫ «НАНОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ПОЛИКОРА/ПОЛИКОР», ИНДУЦИРОВАННЫЙ СТАЦИОНАРНЫМ МЭВ-НЫМ МИКРОПУЧКОМ ИОНОВ ${}^4\text{He}^+$

С.М. Дуванов

Институт прикладной физики НАН Украины, Украина

В работе обнаружен тепловой пробой (ТП) системы «наноккомпозит на основе поликора/подложка из поликора» (система $\text{nc-Al}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$) при её облучении стационарным микропучком (МП) ионов ${}^4\text{He}^+$ диаметром 3 мкм при токе ~ 300 пА. Исследуемая система представляла собой наноструктурированную градиентную композитную электропроводящую тонкую плёнку, созданную на поверхности матрицы из поликора ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$). Плёнка получена при гибридной ионной обработке подложек с использованием MEVVA-имплантации 150 кэВ-ных ионов Ti с и без последующего облучения быстрыми многозарядными 90 МэВ-ными ионами Kr (SHIP-облучение). Для сильноточного облучения $\text{nc-Al}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ -системы использованы сфокусированные стационарные МП-ки ${}^4\text{He}^+$ и ${}^1\text{H}^+$ с энергией ~ 1 МэВ. Все виды облучения пучками частиц были реализованы при комнатной температуре (КТ). Методом оптической микроскопии изучалась морфология поверхностей в зонах облучения МП-ми и вне их. На поверхности образцов в областях бомбардировки её МП-м ${}^4\text{He}^+$ обнаружены оплавленные, окрашенные области диаметром ~ 1 мм с деталями, характерными для ТП-в ионных кристаллов. Также обнаружено различие в воздействии облучения на поверхность образцов, подвергнутых SHIP-отжигу и без него. Причем при прочих равных условиях эффект ТП диэлектрика отсутствовал в случае его облучения МП-м ${}^1\text{H}^+$. Обсуждается причина различий в воздействии МП-в разных сортов ионов на изучаемую систему, а также возможные применения обнаруженного эффекта.

24. ФАБРИКАЦИЯ МИКРОКОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТОННО-ЛУЧЕВОЙ ЛИТОГРАФИИ

А.Г. Пономарев, С.В. Колинко, В.А. Ребров, В.Ф. Саливон

Институт прикладной физики НАН Украины, Украина

Применение метода интерферометрического рентгеновского фазоконтрастного изображения для визуализации объектов тремя дифракционными решетками с определенными физическими и геометрическими параметрами создает возможность получить фазоконтрастное изображение исследуемых объектов используя в качестве источника обычную рентгеновскую

трубку. Это позволяет избежать использования синхротронного когерентного излучения. В настоящей работе применяется технология основанная на методе протонно-лучевой литографии, который обеспечивает прямое экспонирование резистивного материала посредством сфокусированного протонного пучка от электростатического ускорителя с энергией в несколько МэВ. Такая технология позволяет изготавливать из резистивных материалов трехмерные микро- и наноразмерные структуры. Структуры имеют высокое аспектное отношение с вертикальными, гладкими боковыми стенками и низкой шероховатостью края линии.

Настоящая работа описывает процесс формирования пучка протонов, сфокусированных в тонкую линию с использованием триплета магнитных квадрупольных линз. Описан технологический процесс фабрикации дифракционных решеток и даны их геометрические размеры.

25. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СУПЕРРАЗРЕШЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФАЗОКОНТРАСТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

А.И. Кульментьев, А.В. Полищук

Институт прикладной физики НАН Украины, Украина

Традиционная рентгенография основана на поглощении излучения веществом исследуемого образца. Такой абсорбционный подход исчерпывает себя при исследовании внутренней морфологии слабо поглощающих (мягкие ткани тела человека) или достаточно близких по плотности составных объектов (внешняя оболочка частиц TRISO ядерного топлива). В связи с этим были разработаны альтернативные методы, позволяющие использовать дифракционную (или интерференционную) информацию за счет учета фазы когерентного излучения [1]. Одним из них является перспективный метод, в основу которого положен эффект обратного комптоновского рассеяния на пучках заряженных частиц. При этом необходимо решать так называемую обратную задачу о возвращении фазы.

Экспериментальные данные, полученные на синхротронном источнике SOLEIL (Франция) в режиме свободного распространения рентгеновских лучей (при энергиях $E=10$ и 11.2 кэВ) [2], являются входными данными для решения обратной задачи при помощи пакета прикладных программ PITRE [3]. Полученные с помощью разных модельных приближений [4] изображения затем используются для синтеза одного более качественного [5] изображения с помощью метода суперразрешения. Авторы благодарны К. Medjoubi за плодотворное сотрудничество.

1. D.M. Paganin, Coherent X-ray optics, 2016.
2. K. Medjoubi, et al., Microsc. Microanal., 24(Suppl. 2), (2018).
3. R.C. Chen, et al., J. Synchrotron Rad., 19(5), 2012.

4. A. Burvall, et al., Opt. Exp., Vol.19, 11, 2011.

5. S.M. Vilenna, PhD thesis, 2011.

26. КОМПОЗИЦІЙНИЙ СКЛАД І КОРОЗИЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СИСТЕМИ Fe-Cr-Al ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

О.І. Кульментьєв, А.Ю. Поліщук

Институт прикладной физики НАН Украины, Украина

На теперішній час однією з основних задач ядерної фізики є удосконалення та продовження терміну служби атомних електростанцій. Найбільш розповсюдженими нині є тепловідільні елементи (ТВЕЛ) створені зі сплавів цирконію. Але, після трагічної аварії на АЕС «Фукусіма-1» 2011 року, під час якої система охолодження припинила працювати та відбулася пароцирконієва реакція з подальшим вибухом водню. Для запобігання у майбутньому повторення таких аварій вчені запропонували наступні шляхи вирішення:

- покриття існуючих оболонок захисною плівкою;
- пошук альтернативних матеріалів для ТВЕЛів без використання цирконію.

Ми у своїй роботі розглядаємо другий варіант і займаємось вивченням одного з альтернативних видів сплавів, а саме сплаву заліза, хрому та алюмінію (Fe-Cr-Al). На даному етапі було побудовано та вивчено поведінку діаграм Пурбе для сплаву Fe-Cr-Al з різними відсотковими вмістами, що дозволяє роботи оцінку корозійної стійкості цих сплавів.

27. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАСС – СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭС

С.В. Барбашев

Одесский национальный политехнический университет, Украина

В работе теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения метода масс-спектрометрии вторичных ионов (МСВИ) для анализа химического загрязнения объектов окружающей среды при проведении комплексного радиоэкологического мониторинга территорий расположения АЭС.

Показано, что по своим аналитическим характеристикам метод МСВИ не уступает, а по некоторым параметрам (экспрессность, диапазон определяемых элементов, чувствительность, простота подготовки проб для анализа) превосходит такие широко известные методы анализа, как эмиссионный спектральный и атомно-абсорбционный.

В работе разработаны теоретические основы количественного МСВИ-анализа и МСВИ-методика определения тяжелых металлов в объектах

окружающей среды, которая была апробирована на пробах почвы и гидробионтов на отечественном промышленном масс-спектрометре МС-7201М.

Полученные в работе результаты свидетельствуют о том, что аппаратура, созданная на базе метода МСВИ, в комплексе с другими приборами, которые используются в стационарных и в полевых условиях при проведении радиоэкологического мониторинга, может найти применение для определения уровня химического и радиоактивного загрязнения окружающей среды, как при штатной работе, так и при аварийной ситуации на АЭС.

28. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДА С ПАЛЛАДИЕМ

Е.Н. Любименко

Донецкий национальный технический университет, Украина

На данный момент для обеспечения энергетической независимости Украины атомная энергетика должна работать в безопасном режиме с внедрением новых технологий и использованием водородной энергетики. Это в свою очередь формирует интерес к вопросам взаимодействия водорода с металлами. Объектом для этих исследований служит система палладий-водород.

В работе представлены результаты систематических исследований по изучению формоизменения (изгибов) консольно закреплённой пластины ($68 \times 5,5 \times 0,27$ мм) из чистого палладия (99,98%), вызванных водородным воздействием. Цель работы: установить закономерности формоизменений палладиевой пластины в широком интервале температур и давлений при взаимодействии с водородом. Описано, что формоизменение пластины развивается в два этапа: максимальное формоизменение пластины и распрямление пластины.

Установлено, что в области низких температур остаточный стационарный изгиб пластины составляет 20-30% от величины максимального изгиба. С ростом температуры обратимость изгиба пластины возрастает и при 320-350 °С явление становится полностью обратимым. Проведенные эксперименты показывают, что во время изгиба, вызванного водородом, образовывается временный градиентный сплав палладий - водород, с иными физическими свойствами.

29. ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 10 МеВ НА ОПТИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ МАГНИЙ-АЛЮМИНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ

И.Г. Мегела, В.Т. Маслюк, И.Ю. Роман, О.М. Поп, Т.О. Висру-Василица

Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород

Монокристаллическая магний-алюминиевая шпинель состава ($\text{MgO} \cdot 2,5\text{Al}_2\text{O}_3$) облучалась в прямом пучке ускоренных на М-30 электронов с

енергией 10 МэВ, інтенсивністю порядку $1 \cdot 10^{13}$ ел. \cdot с $^{-1}$ \cdot см $^{-2}$. Ввиду существенного нагрєва образцов інтенсивним пучком во время облучєния, комнатная температура образцов забезпечувалась продувом парами принудительно испаряемого жидкого азота. Температура контролювалась медь-константановой термопарой.

В облучєнних образцях вимєрялись наведенная фосфорєсценция, оптическое пропусканє и термолуминєсценция, в зависимости от флюєнсов електронів в интервале 10^{15} - $5 \cdot 10^{16}$ ел. \cdot см $^{-2}$. Приводится сравнительный анализ с образцями, облучєнними в рассеянном поле електронів (інтенсивністю $1 \cdot 10^{13}$ ел. \cdot с $^{-1}$ \cdot см $^{-2}$).

30. ВІДТВОРЄННЯ СПЕКТРУ ЕНЕРГІЇ ПУЧКА ЕЛЕКТРОНІВ МІКРОТРОНА М-30 ЗА ХАРАКТЕРИСТИКОЮ ЇХ ПОГЛИНАННЯ В РЕЧОВИНІ: AL

*В.Т. Маслюк¹, М.І. Романюк¹, Й.Й. Гайніш¹, М.О. Турховський¹,
І.Г. Мєгєла¹, Г.Ф. Пітченко¹, С.О. Найдя², Ю.В. Голодняк²*

¹ Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

*² ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна
e-mail: VMasliuk@nas.gov.ua*

Дані про енергетичні характеристики інтенсивних пучків ядерних частинок є важливими для задач практичної дозиметрії. Для ряду прикладних застосувань як у медичній радіології, радіаційних випробуваннях такі дані дозволяють оптимізувати режими опромінювання. Проте прямі методи встановлення цих характеристик потребують використання громіздких магнітних сепараторів, їх вакуумування та потреби у колімування. В даній роботі представлено результати відтворення енергетичного спектру пучка електронів мікротрона М-30, який є магнітним сепаратором генерованих пучків електронів. Використано експериментальні залежності $R = R(d)$ для поглинача Al, отримані: на вузлі виводу мікротрона М-30, різних віддалях та при розсіювання на металевих конструкціях. Використано ітераційну процедуру, яка гармонізує теоретичні та експериментальні залежності $R = R(d)$ шляхом варіації параметрів модельного спектру пучка електронів та 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.

31. РАДІАЦІЙНА ПОГОДА, ЇЇ ПАРАМЕТРИ ТА ВАЖЛИВІСТЬ ДЛЯ ЗАДАЧ РАДІОЕКОЛОГІЇ

Н.І. Сватюк¹, В.Т. Маслюк¹, О.І. Симканич², С.М Сухарев.²

¹Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

²ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна

Радіонуклідний аналіз вирішує фундаментальні проблеми поширеності хімічних елементів на прикладі зразків порід, ґрунту та донних відкладень водойм, які відображають характер і динаміку створення земної кори, а також вивчення ролі наземної радіації для життя людини. Термін "радіаційна погода", може бути встановлений через процедуру радіологічного моніторингу. Отримані дані є важливими для радіаційної ідентифікації довкілля значних територій через співвідношення базових компонент уран/торієвих рядів. Методологія нового підходу "радіаційної погоди" базується на уявленні про рівновагу (чи квазірівновагу) нуклідів природних рядів U, Th, Np, які визначають структуру активності природного фону та зразків довкілля.

У роботі подано основи методики радіоекологічного моніторингу довкілля, що дозволяють встановити параметри "радіаційної погоди". Наведено результати таких досліджень для басейнів гірських рік та заповідних територій Закарпаття, а також отримана база стандартів вмісту гамма-активних нуклідів (ГАН) природного і техногенного походження із застосуванням методики низькофонові гамма-спектрометрії. Показана можливість встановлення кларкових вмістів U/Th/K компонентів у зразках донних відкладень та ґрунтів Закарпаття, а також оцінки поширення радіоактивних ізотопів радону/торону на основі даних радіаційного картування гірських територій Карпат.

32. СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК СТИМУЛИРОВАННЫХ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Ж.Е. Ержигитов¹), С.К. Махмудов^{1,2}), Р.Ф. Руми²), Р.И. Халиков²),

И. Холбаев^{1,2}), О.И. Холбоев²)

¹НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники НУУз им. М. Улугбека

²Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

Изменение свойств облученного полупроводника зависит от многих факторов, к которым в первую очередь относятся ядерно-физические характеристики воздействующего излучения. Радиационные дефекты в той или иной степени влияют на такие электрические параметры полупроводника как: равновесная концентрация носителей заряда - электронов и дырок, их дрейфовая подвижность, а также время жизни. Для выяснения этих параметров применяют различные экспериментальные методы, основанные на определении

характеристик полупроводникового материала, связанных с перемещением заряда при наличии внешнего электрического поля или генерации электронно-дырочных пар под внешним воздействием.

В соответствии с программой работ по созданию методик на ионных и электронных пучках ускорителей НУУз (ЭГ-2) и СамГУ (МТ-22С) по улучшению характеристик полупроводниковых материалов был разработан стенд включающий три методики: по определению типа полупроводника, измерению дрейфовой подвижности неравновесных носителей заряда, измерению времени жизни и коэффициента диффузии неосновных носителей заряда для сравнительного анализа электрических свойств конкретных полупроводниковых материалов до и после облучения.

33. О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА УГЛЕРОДА МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА ПРОТОНОВ

*С.К. Махмудов^{1,2)}, Т.М. Муминов²⁾, Р.Ф. Руми²⁾, Р.И. Халиков²⁾,
И. Холбаев^{1,2)}, О.И. Холбоев²⁾*

*Национальный университет Узбекистана, им. М.Улугбека
НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники НУУз им. М.Улугбека*

Изотопный анализ стабильных химических элементов проводится как правило высокочувствительными масс-спектроскопическими или лазерными методами.

В настоящей работе предлагается метод определения изотопного состава углерода методом радиационного захвата протонов.

Работа выполнялась на электростатическом ускорителе ЭГ-2 Сокол НУУз им. М. Улугбека с использованием пучка протонов с энергией 400-700 кэВ при токе 1-2 мкА. Облучению подвергались две мишени природного углерода: реакторный графит размерами 1,5x6x15 мм и тонкая мишень толщиной 40 мкг/см², изготовленная напылением на подложку из медной пластинки размерами 10x20 мм. На гамма спектре зарегистрированном HPGe детектором типа GC4018 отчетливо проявились пики с энергиями 2365 и 2312 кэВ из реакций ¹²C(p,γ)¹³N и ¹³C(p,γ)¹⁴N позволяющие сделать вывод о возможности успешного применения данного метода для определения соотношения стабильных изотопов ¹²C/¹³C в различных объектах.

34. РАДИАЦИОННОЕ ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСКОРИТЕЛЕЙ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА УЗБЕКИСТАНА И САМАРКАНДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

*С.К. Махмудов^{1,2)}, Т.М. Муминов²⁾, Р.Ф. Руми²⁾, Р.И. Халиков²⁾, И. Холбаев^{1,2)},
О.И. Холбоев²⁾, А.А. Сафаров³⁾, А.Н. Сафаров³⁾, Р.Д. Сулейманов³⁾*

¹⁾*Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека*

²⁾*НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники НУУз им. М. Улугбека*

³⁾*Самаркандский государственный университет*

Установлено, что во многих случаях радиация может служить эффективным технологическим инструментом, позволяющим получать качественные полупроводниковые материалы с заданными параметрами, существенно усовершенствовать и удешевить производство многих типов полупроводниковых приборов.

Для решения этой задачи разработаны в НУУз многопозиционные вакуумированные камеры для облучения ионными пучками на выходе электростатического ускорителя ЭГ-2 «СОКОЛ» (энергия ускоренных протонов до 2,0 МэВ, альфа-частиц до 3,5 МэВ, ток ионного пучка 5 нА – 15 мкА). Камеры облучения связаны с интегратором тока пучка для измерения количества ионов, падающих на облучаемую мишень, а также имеется система дистанционного визуального контроля за ходом процесса облучения. В СамГУ разработан специальный стенд для облучения тонких материалов тормозным излучением электронного пучка микротрона МТ-22С (энергия ускоренных электронов до 22 МэВ и ток пучка до 10 мкА).

Работа выполнена в рамках гранта А-3-117 ККРНТ при КМ РУз.

35. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕТЕКТОРНИХ МОДУЛІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ ДЛЯ ПРОТОННОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

В.М. Борцзов¹, І.Т. Тимчук^{1,2)}, М.А. Проценко¹, О.М. Лістратенко¹

¹⁾*ТОВ «Науково-виробниче підприємство «ЛТУ», Харків*

²⁾*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*

Застосування досягнень у створенні детекторних модулів, здобутих при удосконаленні Внутрішньої Трекової Системи міжнародного експерименту ALICE в CERN, для створення цифрового трекового калориметру для протонної комп'ютерної томографії дозволяє прогнозувати зменшення інтегральної дози опромінення при діагностиці та лікуванні онкологічних захворювань, покращення просторової роздільної здатності протонних томографів до ~0,5 мм та прецизійності отриманих зображень краще 1 %. Головними чинниками, що дозволяють прогнозувати покращення показників протонних томографів є застосування новітніх MAPS сенсорів, матеріалів та технологій, що забезпечать мінімізацію впливу на інформативність досліджень.

Прототип цифрового трекового калориметру, як чутливої частини протонного комп'ютерного томографу, розробляється фахівцями Норвегії, у тісній співпраці з фахівцями Нідерландів, України та Німеччини.

Для реалізації прототипу цифрового калориметру розроблено конструктивно-технологічні рішення високотехнологічних детекторних модулів, як базової чутливої комірки калориметру, на основі MAPS сенсорів типу ALPIDE та безадгезивних алюміній-поліімідних матеріалів.

Розроблено, виготовлено та досліджено прототипи детекторних модулів. Отримано позитивні результати досліджень в Університеті Бергена за швидкості зчитування та обробки інформації 1,2 Гбіт/с дозволили обрати розроблені конструктивно-технологічні рішення як базові для створення новітнього цифрового калориметру для протонної комп'ютерної томографії.

36. ОСОБЕННОСТИ РАЗДЕЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

С РАЗЛИЧНЫМИ УДЕЛЬНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПОТЕРЯМИ ГЕТЕРОГЕННЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СЦИНТИЛЛЯТОРАМИ

И.Ф. Хромюк, Н.З. Галунов, О.А. Тарасенко

Институт сцинтилляционных материалов, НАН Украины

Раздельная регистрация ионизирующего излучения в присутствии гамма - фона является крайне важным вопросом в ряде задач науки и техники. Кроме того, влияние разных типов ионизирующего излучения на человеческий организм значительно отличается. Так, весовой фактор в эквивалентной дозе для фотонов гамма - излучения составляет 1, в то время как для альфа - частиц – 20.

В то же время малые потоки излучения требуют больших площадей регистрирования. Получать их стало возможным с появлением новых типов гетерогенных материалов – поликристаллических и композиционных сцинтилляторов. Они обладают рядом неоспоримых и значительных преимуществ в сравнении с монокристаллическими сцинтилляторами.

В данной работе изучается способность таких сцинтилляционных материалов к разделению по форме импульса, то есть их способность разделять ионизирующие излучения по форме сцинтилляционных импульсов, генерируемых излучениями с различными удельными потерями энергии. Анализируются параметры, описывающие формирование сцинтилляционного импульса, знание которых необходимо для создания электронных блоков, позволяющих проводить разделения по форме импульса для данного типа

сцинтилляторов. Сравнительный анализ результатов показывает, что способность разделения по форме импульса органических гетерогенных сцинтилляторов близка к соответствующим значениям для существенно более дорогих и имеющих технологические ограничения на площадь входного окна органических монокристаллов.

37. ОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ БЕТА РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИАЦИИ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

*Н.З. Галунов, И.В. Лазарев, Я.И. Полупан, О.А. Тарасенко,
А.Ю. Андриющенко*

Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины

Данная тематика стала особенно актуальна после Чернобыльской катастрофы. Органические сцинтилляционные материалы, вследствие низкой вероятности обратного рассеивания регистрируемых заряженных частиц, являются хорошими детекторами при регистрации короткопробежного излучения, что учитывая их инертность к влиянию воды, одноразовость использования и низкую себестоимости изготовления органических поликристаллов дает им преимущество в задаче обнаружения радиоактивного изотопа ^{90}Sr в природной воде.

Ранее методом холодного прессования были созданы пористые сцинтилляторы с сорбентом, импрегнированным в гранулы *n*-терфенила. Опыт этих исследований и оптимизация способа получения поликристаллов методом горячего прессования позволили эффективные детекторы для обнаружения бета-излучающих радионуклидов в природных водах [1, 2]. Был предложен способ изготовления органического сцинтиллятора с двухступенчатыми отверстиями для обнаружения бета-излучающего источника в природных водах. Эффективность регистрации бета-частиц изотопа ^{90}Sr достигала 90%.

1. N Andryushenko A.Yu., Belikov K.N., Galunov N.Z., Martynenko E.V. Lazarev I.V., Polupan Ya.I., Tarasenko O.A. *Funct. Mater.*, 25, 795 (2018).

2. Галунов М. З. Лазарев І. В. Полупан та інші. Спосіб виготовлення полікристалічного органічного сцинтилятора для визначення β -частинок у водних розчинах. Патент України UA117211C2; (a201710824); опубл. 25.06.2018.

38. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ СТАЛИ (ХГС)

*Е.М. Прохоренко¹, В.В. Литвиненко¹, Ю.Ф. Лонин², А.Г. Пономарёв²,
В.Т. Уваров², Н.А. Шульгин², Т.Г. Прохоренко³, Р.И. Старовойтов⁴*

¹*Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины*

²*ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины*

³Харьковский государственный автомобильно-дорожный технический университет

⁴Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

Сильноточный электронный пучок использовался для модификации поверхностного слоя стали типа ХГС. Пучок создавался на ускорителе ТЕМП-А. При токе пучка равном 2 кА, энергии электронов ~ 350 keV, длительности импульса $\tau \sim 5$ μ s, происходила модификация поверхности мишени. Выяснено, что в результате облучения мишеней, в поверхностном слое протекают фазовые превращения. С целью исследовать изменения структуры поверхности были выполнены металлографические и фрактографические исследования. При этом использовалась сканирующая электронная микроскопия. Обнаружено, что происходит превращение аустенитной стали в мартенсит. Также, присутствуют процессы перехода аустенита в нижний бейнит. При определенных режимах работы ускорителя (определенные параметры сильноточного пучка ускоренных электронов) и условиях облучения мишеней, возможно образование карбидов. Все эти преобразования являются причиной повышения твердости стали материала. При исследовании характеристик твердости и прочности на поверхности мишени обнаружено увеличение этих величин. Так, до облучения, твердость поверхности мишеней равнялась величине 6340 МПа. После облучения, твердость поверхности образцов составляла значение 9180 МПа.

39. СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ЦИФРОВЫМ МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ИЗЛУЧЕНИЯ

*Афанасьева И.А.¹, Афанасьев С.Н.², Бобков В.В.¹, Грицына В.В.¹,
Оксенюк И.И.¹, Скрипник А.А.¹, Шевченко Д.И.¹*

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

²ННЦ "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины

Большой интерес к изучению физики магнетронного разряда связан с его традиционным применением для формирования различного рода пленочных покрытий, используемых в различных отраслях промышленности. Для исследования параметров плазмы магнетронного разряда удобно использовать те процессы и явления, которые протекают в самом плазменном образовании, но могут быть зарегистрированы на его периферии, например, путем анализа электромагнитного излучения частиц плазмы, находящихся в возбужденном состоянии. Именно на этом основан метод эмиссионной оптической спектроскопии. В работе представлен диагностический комплекс для исследования оптического излучения плазмы предложенным методом. Уникальностью комплекса является одновременное использование двух систем регистрации излучения: фотографической и фотоэлектрической с цифровой обработкой полученных спектров излучения. Создано программное обеспечение, которое позволяет качественно и эффективно обрабатывать, и

анализировать полученные экспериментальные результаты. Выполнено тестирование экспериментальных возможностей предложенного комплекса и программного обеспечения. Представлены результаты исследования ряда параметров плазмы разряда разработанной малогабаритной магнетронной распылительной системы с медным катодом.

40. ВИМС ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СПЛАВА TiFe С КИСЛОРОДОМ

*В.А. Литвинов, И.И. Оксенюк, Д.И. Шевченко, В.В. Бобков
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина*

Интерметаллический сплав TiFe является одним из перспективных материалов для практического использования в различных отраслях водородной энергетики. Особым достоинством сплава TiFe является невысокая стоимость и доступность сырья. Основным недостатком является необходимость активации и высокая чувствительность к газовым примесям в молекулярном водороде, в частности к кислороду. Этим и обусловлен интерес к информации о составе химических соединений на поверхности при непосредственном взаимодействии сплава с кислородом.

В работе представлены результаты исследования методом масс-спектрометрии вторичных ионов химического состава поверхностных монослоев интерметаллического сплава TiFe в процессе взаимодействия с кислородом. Анализ полученных результатов показывает, что хемосорбция кислорода на поверхности сплава приводит к появлению в масс-спектрах большого набора разной интенсивности кислородсодержащих эмиссий положительных и отрицательных вторичных ионов компонентов сплава типа $Ti_nO_k^\pm$, $Fe_mO_k^\pm$. Имеется также большое количество кислородсодержащих эмиссий комплексных вторичных ионов, в состав которых входят атомы титана, железа и кислорода $Ti_nFe_mO_k^+$ в разных соотношениях. Это является прямым свидетельством того, что на поверхности и в приповерхностной области образуется общая кислородсодержащая структура, в которую входят кислород и оба компонента сплава.

41. РАДІОЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ ВИДОБУВАННІ УРАНОВИХ РУД

Дудар Т.В.¹, Коваленко Г.Д.², Фаррахов О.В.³

¹Національний авіаційний університет, Україна

²ІНЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

³Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України

Оскільки попит на уран визначається потребами ядерної енергетики, в представленому дослідженні аналізуються питання сучасного стану виробництва та споживання уранової сировини в світі і в Україні та радіоекологічної безпеки

при її видобуванні та транспортуванні. З'ясовано, що із 30 країн, які на даний час використовують уран для роботи своїх АЕС, тільки Канада і Південно-Африканська Республіка забезпечують свої потреби необхідною сировиною. Більшість країн використовують імпортований уран або вторинні джерела. Тому міжнародна торгівля ураном є необхідною передумовою ринку цієї сировини. Враховуючи нерівномірний географічний розподіл між виробниками та споживачами, вимоги до міжнародних перевезень та трансфери до різних портів світу залишаються важливими умовами радіоекологічної безпеки та міжнародного бізнесу. Оскільки в енергетичній стратегії України на період до 2035 року передбачається розвиток ядерного енергетичного сектору, то питання видобування урану на існуючих трьох та залучених у майбутньому нових об'єктах на найближчу перспективу залишаються актуальними. Дотримання умов екологічної безпеки та відновлення територій урановидобування і суміжних ділянок наголошується через унікальність ситуації: місцезнаходження об'єктів у безпосередній близькості від населених пунктів з одного боку, та забруднення родючих чорноземів степу з іншого. Автори вважають, що для задоволення потреб ядерної енергетики необхідно удосконалювати власну сировинну базу із забезпеченням новітніх технологій для підсилення екологічної складової процесів видобування і перероблення радіоактивної сировини.

42. ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА ПЛАЗМЫ КРОВИ БОЛЬНЫХ С КОСТНЫМИ МЕТАСТАЗАМИ В ДИНАМИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ТЕРАПИИ ^{153}Sm -ОКСАБИФОРМ

*Н.П. Дикий¹, Н.В. Красносельский², Е.П. Березняк¹,
А.В. Грушка², Е.П. Медведева¹*

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

С помощью метода ИК-спектроскопии был проведен анализ фазового состава и структурных особенностей плазмы крови пациентов с костными метастазами с различной локализацией первичного опухолевого процесса до, в процессе и после проведения радионуклидной терапии (РНТ) ^{153}Sm -оксабиформом. Изменение характеристик спектра плазмы крови пациентов с костными метастазами имеет как общие, так и специфические особенности в динамике лечения. Эти особенности проявляются в появлении интенсивных полос в области 1400 см^{-1} , имеющие ассоциацию с наличием продуктов радикальной природы (COO^-) уже после первого сеанса РНТ ^{153}Sm -оксабиформом. После проведения второго сеанса РНТ отмечается уменьшение интенсивности полосы поглощения в области 1140 см^{-1} (валентные колебания С-О) и появление линий в области 1380 и 1440 см^{-1} , которые соответствуют деформационным колебаниям CH_3 в структуре липидов и протеинов. Наличие полос поглощения в

области 1550, 1380 и 1280 см⁻¹ ассоциируется с колебаниями различных азотсодержащих групп в плазме крови у пациентов после проведения РНТ ¹⁵³Sm-оксабиформом, а их отсутствие отмечается у пациентов, которым РНТ не была назначена. В низко частотном ИК–диапазоне полосы поглощения 1150, 1120 и 1130 см⁻¹ ассоциируются с молекулярными колебаниями связей С-О и оксигемоглобина HbO₂.

43. МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ ¹³²Cs И ⁹⁰Sr НАНОЧАСТИЦАМИ АЛЮМОСИЛИКАТА И ДЕГИДРОФОСФАТА К-Мg ПО ДАННЫМ СТРУКТУРНОГО И ФАЗОВОГО АНАЛИЗА

*Н.П. Дикий¹, Е.П. Березняк¹, Ю.В. Ляшко¹, Е.П. Медведева¹,
Д.В. Медведев¹, Ю.Г. Пархоменко¹, И.Д. Федорец²*

*¹ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины
²Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина, Украина*

Проведен сравнительный анализ сорбционных характеристик наночастиц природного алюмосиликата – клиноптилолита и дегидрофосфата К-Мg в отношении растворов, содержащих ¹³²Cs и ⁹⁰Sr. Выщелачивание растворов, содержащих ¹³²Cs и ⁹⁰Sr, из наночастиц проводили в аппарате Сокслет с последующей регистрацией этих радионуклидов Ge(Li)-детектором с энергетическим разрешением 3,2 кэВ по линии 1332 кэВ. Анализ фазового состава и структуры алюмосиликата и фосфата проведен с помощью ИК–спектрометрии в среднем ИК-диапазоне. Концентрация Cs и Sr в растворах после γ-активации на ЛУЭ из реакций ¹³³Cs(γ,n)¹³²Cs и ⁴⁸Ca(γ,p)⁴⁷Ca (аналог ⁹⁰Sr) соответствует расчетной активности 6.5·10⁶ Бк/л и 6.0·10⁴ Бк/л, соответственно. Предварительная подготовка наночастиц сорбентов состояла в проведении термомодификации при двух температурных режимах для клиноптилолита и облучении электронами до дозы 10⁷ Гр – для дегидрофосфата К-Мg.

Изменение в ИК-спектрах поглощения исследуемых образцов в диапазоне 4000-400 см⁻¹ свидетельствуют о происходящих в образцах процессах дегидратации, которые приводят к интенсивной диффузионной подвижности частиц в каналах и полостях сорбентов. Это означает, что данные образцы по своим структурным свойствам удовлетворяют требованиям, предъявляемых к использованию, например, алюмосиликата в качестве промежуточного барьера, а дегидрофосфата К-Мg – в качестве матрицы для ¹³²Cs и ⁹⁰Sr.

44. МИНЕРАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ В ЗУБАХ ПРИ ОДОНТОГЕННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ В СОЧЕТАНИИ С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

*Н.П. Дикий¹, Ю.В. Ляшко¹, Е.П. Медведева¹, Д.В. Медведев¹,
С.Н. Григоров², Л.П. Рекова², И.Д. Федорец³*

¹ *ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

² *Харьковский государственный медицинский университет, Украина*

³ *Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина*

Данные литературы свидетельствуют о взаимосвязи развития одонтогенных воспалительных заболеваний при нарушении функций щитовидной железы (ЩЖ). Рост патологии ЩЖ (30% населения мира) за последние годы приобрел повышенную распространенность [1].

Проведен γ -активационный анализ содержания макро- и микроэлементов в удаленных зубах и волосах пациентов с одонтогенными воспалительными заболеваниями и патологией ЩЖ. Активация объектов проведена на ЛУЭ ННЦ ХФТИ с $E=22$ МэВ и $I=150$ мА. По интенсивностям линий γ -спектров на Ge(Li)-детекторе с энергетическим разрешением 3.2 кэВ по линии 1333 кэВ получены оценки содержания элементов в исследуемых образцах.

Наиболее важным результатом данной работы является определение высоких коэффициентов корреляции между содержанием Са и I в зубах и волосах пациентов при одонтогенных заболеваниях и патологии ЩЖ у женщин в возрасте 18-22 лет.

1. Evaluation of data on thyroid cancer in regions affected by the Chernobyl accident // United Nations, New York, 2018, 20p.

45. ЭЛЕМЕНТНЫЙ, ФАЗОВЫЙ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КАМНЕЙ ЖЕЛЧНОГО ПУЗЫРЯ С ХИАТАЛЬНЫМИ ГРЫЖАМИ У ПАЦИЕНТОВ ХАРЬКОВСКОГО РЕГИОНА

*Н.П. Дикий¹, Е.П. Березняк¹, В.В. Бойко², Е.П. Медведева¹,
К.Ю. Пархоменко², Т.А. Пархоменко¹, Ю.С. Ходырева¹*

¹ *ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

² *Областная клиническая больница, г. Харьков, Украина*

Гамма активационный метод на ЛУЭ ННЦ ХФТИ, ИК-спектроскопия и кристаллооптические исследования были использованы для анализа содержания элементов, фазового состава и структуры различных компонентов в камнях желчного пузыря у пациентов, которым была проведена симультанная холицистэктомия.

Было установлено содержание в камнях таких элементов, как Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Rb, Pb на уровне мг/г, а также таких соединений, как билирубин и его соли, карбонат и фосфаты кальция. Проведенные исследования показали, что состав желчных камней разнообразен, и его структура представляет собой сложную систему из связанных между собой органических и неорганических веществ. У пациентов Харьковского региона формирование камней в желчном пузыре имеет различные механизмы.

46. МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОТОПА Мо-99

*Н.П. Дикий¹, Н.В. Красносельский², В.Е. Сторижко³, Ю.В. Ляшко¹,
Е.П. Медведева¹, Д.В. Медведев¹, В.Л. Уваров¹, И.Д. Федорец⁴*

¹ННЦ Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина

²ГУ Институт медицинской радиологии им.С.П. Григорьева, Харьков, Украина

³Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы, Украина

⁴Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Анализируются современные методы получения Мо-99. Этот изотоп является основным генератором Тс-99, который используется в 80% всех диагностических процедур в ядерной медицине.

В настоящее время основным производством Мо-99 является деление обогащенного ²³⁵U в ядерных реакторах. Но этот способ связан с проблемой нераспространения ядерного оружия и образованием значительного количества РАО.

Мировая тенденция закрытия ядерных реакторов привела к необходимости разработки альтернативных методов для наработки ⁹⁹Mo/^{99m}Tc. Наиболее перспективными способами получения ⁹⁹Mo/^{99m}Tc являются фотоядерные методы. В основном это связано с перспективным созданием электронных ускорителей на энергию до 40 МэВ и мощностью пучка до 140 кВт [1]. Также рассматриваются и гибридные схемы получения ⁹⁹Mo/^{99m}Tc в фотоядерных и нейтронных каналах [2]. Использование ядерной резонансной флуоресценции может рассматриваться как один из возможных способов получения ⁹⁹Mo/^{99m}Tc, что обусловлено рециклированием Тс-99 [3].

1. С. Nagel IBA TT300-HE for radioisotopes production // Annual Meeting, Riga, 24 May 2018.

2. S. Aqsa, T.S. Dixit, A.P. Deshpande, R. Krishnan Comparative Simulation Study of Direct and Indirect Target Production of ^{99}Mo with Linear Accelerator at SAMEER // J. Adv. Rad. Med. Imag. – 2018. - vol.4. - is.1. - 12p.
3. K. Ju, J. Lee, H. Rehman, Y. Kim A feasibility study on photo-production of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ with the nuclear resonance fluorescence // Nuclear Engineering and Technology.- 2019. - vol.51. - p.176-189.

47. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАНАРНЫХ ДЕТЕКТОРОВ.

В.Г.Батий, Н.А.Кочнев, Д.В.Федорченко

ННЦ «Харьковский физико-технический институт» НАН Украины

В течение ближайших лет комплекс НБК будет производить демонтаж, сортировку и первичную переработку строительных конструкций ОУ. Радиоактивное загрязнение демонтируемых металлических конструкций чаще всего носит поверхностный характер. Для оптимизации процесса дезактивации и уменьшения количеств образующихся при этом радиоактивных отходов необходимо предварительное измерение активности и толщины поверхностных загрязнений. Идея методики заключается в измерении спектральных характеристик мягкой области гамма излучения (менее 100 кэВ), выполненных под прямым и острым углами одного участка загрязнённой поверхности. Было проведено математическое моделирование спектральных характеристик излучения, распространяющегося под разными углами из поверхностного загрязнения различной толщины. Проведённое моделирование показало принципиальную возможность создания компактной мобильной автономной установки, позволяющей в полевых условиях с достаточной точностью определять толщину радиоактивно загрязненного слоя и его поверхностную активность. Для изготовления пилотного экземпляра устройства были выбраны коммерческие PIN фотодиоды ВРW34. Были разработаны и изготовлены электронные схемы предварительного усилителя, усилителя-формирователя, программно управляемых дискриминатора и усилителя, АЦП и управляющего микроконтроллера. Были проведены тестовые измерения источника Am241 сквозь стальную пластину толщиной 100 мкм. Полученные результаты хорошо соотносятся с проведённым математическим моделированием. Так же проведённые измерения показали необходимость доработки методики в плане увеличения чувствительности (объёма или количества) применённого детектора.

48. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ X18N10T, ИНДУЦИРОВАННЫЕ ИМПЛАНТАЦИЕЙ ДЕЙТЕРИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОБЛУЧЕНИЯ

*А.Н. Морозов, В.И. Журба, А.В. Мац, С.Н. Утенков,
Н.А. Кочнев, В.В. Селюкова*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

В работе представлены результаты исследования температурных диапазонов удержания дейтерия в аустенитной нержавеющей стали X18H10T, имплантированной дейтерием при разных температурах образцов. Введение дейтерия в образцы осуществлялось имплантацией ионов D_2^+ энергии 24 кэВ в интервале доз $1 \times 10^{15} - 5 \times 10^{18}$ ат.Д/см² при температурах 100, 240, 295, 380, 420 и 600 К. Кинетика развития структурных превращений в имплантационном слое стали прослежена по спектрам термодесорбции дейтерия. Исследование структуры проводилось с помощью ТЕМ. Проведены рентгеноструктурные исследования и измерения магнитных характеристик.

Показано, что при температуре 240 К в спектре термодесорбции дейтерия присутствует один пик, соответствующий фазовому состоянию твердого раствора дейтерия в стали. Отсутствие насыщения на графике зависимости количества десорбированного дейтерия от имплантационной дозы свидетельствует о высокой диффузионной подвижности дейтерия и «разбегании» дейтерия из области внедрения по всему объему образца (характерная для металлов температура, которая достойна иметь свое определение и название).

49. ПРИМЕНЕНИЕ КВАЗИНЬЮТОНОВСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УРАНОВЫХ МАТРИЦ (U_3O_8) В ЯДЕРНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Д.Д. Бурдейный, Д.В. Кутний, А.А. Туркин, С.А. Ванжа

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Гамма-спектрометрия является одним из аналитических методов в ядерной криминалистике, который используют на начальных этапах характеристики радиоактивного материала при его обнаружении в незаконном обороте, в основном, для определения свойств ионизирующего излучения: мощности дозы, поверхностного загрязнения, изотопного состава (^{234}U , ^{235}U , ^{238}U). Возможности гамма-спектрометрии ограничены физическими принципами метода, однако применение математического аппарата для обработки гамма-спектрометрических данных позволяет оценить физические свойства матрицы радиоактивного материала.

Предложен итерационный алгоритм для определения массы изотопов урана, концентрации урана в матрице и плотности матрицы в октаоксиде триурана (U_3O_8) на основе квазиньютоновского метода оптимизации Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно.

Експериментальне тестування алгоритма проведено з допомогою сертифікованих уранових стандартів CRM 146 і CRM 969 на основі U_3O_8 з обогаченням від 0,31% до 93,17% по ^{235}U . Показано, що метод має високу швидкість збіжності, а максимальне кількість ітерацій для отримання достовірних результатів не перевищує 7. Розраховані відносні похибки результатів визначення фізичних властивостей матриці U_3O_8 , максимальне значення яких склало 4.8%.

50. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАФИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР NVIDIA VOLTA И NVIDIA TURING ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАТРИЦ И ОПТИМИЗАЦИИ ГРАФИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.

В.А. Дудник, В.И. Кудрявцев, С.А. Ус, М.В. Шестаков
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Приведен обзор новых технологий, реализованных в графических процессорах фирмы NVIDIA архитектуры Volta и архитектуры Turing. Описаны возможности повышения производительности реализаций алгоритмов научно-технических расчётов за счёт использования тензорных ядер архитектуры Turing при разработке вычислительных приложений для обработки матриц со смешанной точностью. Показаны способы оптимизации использования графических вычислительных узлов за счёт применения технологий виртуализации графических вычислений NVIDIA Virtual GPU и NVIDIA GRID vPC и GRID vApps. Даны рекомендации по использованию поддержки этих технологий программными средствами разработки платформы CUDA.

51. АКТИВАЦІЯ ВОДИ ЯК ОСНОВИ РОЗЧИНІВ ПРИ ОПРОМІНЕННІ ПУЧКАМИ ЕЛЕКТРОНІВ З ЕНЕРГІЄЮ ДО 20 МЕВ

І.Л. Семісалов, О.О. Шопен, С.Г. Карпусь, В.Й. Касілов
ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

Пучки електронів з енергією до 10 МеВ широко використовуються в технології радіаційної обробки (знезараження) медичної, харчової та фармацевтичної продукції, стічних вод та їх осадів, модифікації матеріалів, тощо. Ефективність даного процесу обумовлена насамперед за рахунок забезпечення відповідної дози опромінення, але обмежена глибиною проникнення пучку електронів в об'єкт опромінення. В роботі проведено аналіз можливості використання пучку електронів з енергією до 20 МеВ в процесі радіаційної обробки водних розчинів, а саме активації гальмівним випромінюванням води як їх основи. При використанні значень перерізів фотоядерних реакцій на ядрах кисню, передбачених комп'ютерним кодом TALYS 1.9, розраховано залишкову радіоактивність води, що обумовлена утворенням радіоактивних ізотопів ^{15}O ($T_{1/2}=112,24$ с) та ^{17}N ($T_{1/2}=4,17$ с). При

дозі опромінення 1 Гр і енергії електронів 20 МеВ кількість утворених ядер складає $6,2 \cdot 10^9$ та $9,8 \cdot 10^5$ відповідно, що свідчить про можливе використання пучків електронів заданої енергії для радіаційного знезараження водних розчинів.

52. ВИКОРИСТАННЯ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ СТИЧНИХ ВОД ТА ЇХ ОСАДІВ

*О.О. Шопен¹, Г.Д. Коваленко¹, В.Й. Касілов¹, С.С. Кочетов¹,
В.В. Братішко², С.О. Каленик¹, С.Г. Карпусь¹*

¹ ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

² Національний університет біоресурсів та природокористування

В Україні накопичення осадів побутових та виробничо-господарських вод є важливою екологічною проблемою, оскільки вони являють собою екологічно небезпечний матеріал завдяки високому вмісту важких металів та наявності високого бактеріологічного забруднення[1]. Розробка альтернативних більш ефективних шляхів обробки (знезараження) стічних вод та їх осадів є важливим завданням з охорони природного середовища та вимагає проведення комплексних досліджень. Одним з перспективних шляхів обробки (знезараження) стічних вод та їх осадів є впровадження радіаційних технологій при використанні прискорювачів електронів. Використання електронних пучків в технології обробки стічних вод та їх осадів дозволяє вирішити важливе завдання з їх утилізації шляхом переробки в органічно-мінеральні суміші для сільського господарства або для виробництва біогазу.

В доповіді представлено технологічні основи обробки стічних вод та їх осадів з використанням пучків електронів та опис дослідницького устаткування на базі лінійних прискорювачів електронів з енергією 10 та 30 МеВ відповідно, що використовуються у відділі фундаментально-прикладних ядерних досліджень Інституту фізики високих енергій та ядерної фізики ННЦ ХФТІ. Визначено можливості використання вищезгаданого дослідницького устаткування для удосконалення технології опромінення (в тому числі для знезараження) стічних вод та їх відходів та визначення в них вмісту хімічних елементів (відповідно до вимог ДСТУ 7369:2013[2]) за допомогою фотоактиваційного методу аналізу[3] при використанні гальмівного випромінювання лінійного прискорювача електронів з енергією до 30 МеВ.

1. Фоміна І. Г. Підвищення екологічної безпеки шляхом утилізації осадів біологічних очисних споруд (на прикладі Харківської області) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 "Екологічна безпека" / Фоміна Ірина Геннадіївна – Харків, 2015. – 15 с.

2. Національний стандарт України. ДСТУ 7369:2013. «Стічні води: Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення». Київ. Мінекономрозвитку України. 2014. 7с.
3. SEGEBADE, Chr; WEISE, Hans-Peter. Comparison of sensitivity estimates for low energy photon and classical gamma-ray spectroscopy applied to photon activation analysis. *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 1978, 45.1: p.209-220.

53. ВПЛИВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ОПРОМІНЕННЯ
НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ БАКТЕРІЙ
ESCHERICHIA COLI TA STAPHYLOCOCCUS AUREUS

*О.О. Шопен¹, Д.В. Вінніков¹, С.Г. Карпуть¹, В.Й. Касілов¹, С.С. Кочетов¹,
С.О. Каленик¹, І.П. Висеканцев², І.А. Буряк², Л.В. Степанюк²*

¹ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

²Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України

Представлено попередні результати експериментальних досліджень з опромінення *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus* в інтервалі доз від 0,6 кГр до 25 кГр. Встановлено залежність пригнічення росту вказаних бактерій від дози опромінення та визначено мінімальну необхідну дозу для їх повного знищення, що складає 1,25 кГр.

54. ВЫХОД ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ ИЗ КОМПАКТНОЙ
МИШЕНИ ДЕЛЯЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА, АКТИВИРУЕМОЙ НА ЛИНЕЙНОМ
УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ

*С.А. Каленик, С.Г. Карпуть, В.И. Касилов, С.С. Кочетов, О.А. Шопен
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

В работе [1] предложен новый метод получения замедленных нейтронов, основанный на использовании запаздывающих нейтронов после их замедления в нейтронной и нейтронзахватной терапии. Рассмотрены варианты создания устройства на выходе линейного ускорителя электронов для активации компактных образцов из делящихся материала. Приводятся результаты экспериментальных исследований выхода запаздывающих нейтронов из компактной мишени, содержащей делящийся материал, в зависимости от энергии ускоренных электронов, активирующих данную мишень. Обсуждается вопрос о практическом использовании этих нейтронов в нейтронной и нейтронзахватной терапии.

1. В.И. Касилов, С.П. Гоков, А.Н. Довбня и др. «О возможности использования запаздывающих нейтронов деления в формировании пучков для ядерной медицины» Тезисы ХХІІІ международного семинара по ускорителям заряженных частиц. 08-14 сентября 2013 г. Алушта, Крым.

55. МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ СОПРОВОЖДАЮЩЕГО ФОНА ГАММА-КВАНТОВ И БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПУЧКОВ ДЛЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

*С.А. Каленик, С.Г Карпусь, В.И. Касилов, С.С. Кочетов, О.А. Шопен
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Предложена схема формирователя пучков тепловых и эпитепловых нейтронов, состоящего из замедлителя, отражателя, поглотителя, коллиматора и фильтра сопровождающего гамма-излучения. Приводятся результаты экспериментальных исследований соотношений эффект/фон при переходе от радиальной геометрии к касательной для оптимальных толщин замедлителя и фильтра сопровождающего гамма-излучения и быстрых нейтронов. Обсуждаются варианты биологической защиты формирователя замедленных нейтронов при расположении его вне бункера ускорителя.

56. КОМПАКТНЕ ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ НА ОСНОВІ ВИСОКОВОЛЬТНОГО РОЗРЯДУ В ДЕЙТЕРІЇ. (ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ)

*С.Г. Карпусь, В.Й. Касілов, С.О. Каленик, С.С. Кочетов,
Р.Т. Муртазин, Л.Д. Салій, С.О. Шопен*

ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины

Розробка компактних джерел нейтронів дозволяє суттєво розширити можливості проведення фундаментально-прикладних досліджень в області генерації, формування та використання потоків нейтронів. В тезах представлено попередні результати досліджень з розробки компактного джерела нейтронів на основі високовольтного розряду (до 100 кВ) високої частоти (~ 72 кГц) в атмосфері дейтерію для генерації потоку високоенергетичних нейтронів ($E_{\text{сер}} \sim 2,5$ МеВ) з інтенсивністю $\sim 10^6$ н/с при споживаній потужності в розряді до 100 Вт, що дасть змогу підвищити ефективність утворення потоків нейтронів за рахунок DD-реакції не тільки в об'ємі розряду, а й в матеріалі електродів. На даному етапі розроблено та випробувано джерело високої напруги, що забезпечує стабільну роботу розрядного проміжку.

57. СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПОТОКУ ШВИДКИХ ТА ТЕПЛОВИХ НЕЙТРОНІВ НА КАНАЛІ ВИХОДУ ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ЛПЕ-300

*В.Й. Касілов, С.С. Кочетов, С.О. Каленик, С.О. Шопен, С.Г. Карпусь
ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України*

Представлено результати з розробки конструкції системи вимірювання в автоматичному режимі потоків миттєвих та запізнілих нейтронів, що складається з газового лічильника СМН-11 та системи блоків сповільнення і поглинання нейтронів. Розглянуто можливості використання зазначеної системи для реєстрації потоків нейтронів в бункері прискорювача в залежності від режиму опромінення зразків при виконанні ядерно-фізичних досліджень з генерації та контролю потоків нейтронів.

58. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ БЫСТРЫХ И ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ С РАСТВОРАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ

*А.Ю. Буки, С.П. Гокон, Ю.Г. Казаринов, С.Г. Карпусь, С.А. Каленик, В.В.
Кантемиров, В.И. Касілов, С.С. Кочетов, Е.В. Рудычев, М.А. Хажмурадов, В.В.
Цяцько, Е.В. Цяцько, О.А. Шопен, О.И. Ярьсько
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

В работе проводилось исследование процессов взаимодействия быстрых, тепловых и эпитепловых нейтронов с водным и спиртовым растворами органических красителей: метиленовый синий (МС) – $C_{16}H_{18}N_3Cl$ и метиловый оранжевый (МО) – $C_{14}H_{14}N_3O_3SNa$. Облучение проводилось на ускорителе электронов ЛУЭ-300. Вольфрамовая мишень облучалась пучком электронов линейного ускорителя с энергией 20 МэВ и мощностью 300 Вт. Пробирки с растворами органических красителей устанавливались перпендикулярно оси прохождения электронного пучка на расстоянии 10 см от нейтронопроизводящей мишени. При этом, в месте расположения облучаемых объектов был получен поток нейтронов плотностью 10^7 н/(см²·с), Полный поток нейтронов в эксперименте составлял 10^{11} н/см². В работе было проведено несколько экспериментов: облучаемые объекты устанавливались с 5-ти сантиметровой свинцовой защитой без отоплителя и с 5-ти сантиметровой свинцовой защитой с 4 см полиэтиленового отоплителя. Приведен анализ оптических спектров поглощения всех исследованных образцов. При установке свинцовой защиты без отоплителя наблюдался 10 – процентный развал молекул красителя за счет их взаимодействия с потоками быстрых нейтронов. После установки за свинцовой защитой 4 см полиэтиленового отоплителя, развала молекул красителя на тепловых нейтронах, практически, не наблюдалось. При добавлении в растворы 4% борной кислоты, при взаимодействии с потоками тепловых и эпитепловых нейтронов наблюдался 30 % развал молекул красителя за счет захвата тепловых нейтронов ядрами бора с последующим развалом на ядро лития и высокоэнергетичную α – частицу, взаимодействие которых с

раствором, в свою очередь, приводило к дополнительному разрушению молекул органических красителей.

59. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОНІВ І ГАММА-КВАНТІВ В ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ (8-25 МеВ) З ОСАДЖЕНИМИ НА САПФІРОВИХ ПІДКЛАДЦЯХ РОЗЧИНАМИ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ

О. Буки, С. Гоков, С. Каленик, Ю. Казарінов, В. Кантеміров, С. Карпуть, В. Касілов, С. Кочетов, В. Цяцько, Е. Цяцько, О. Шопен, О. Яресько
ННЦ “Харьківський фізико-технічний інститут” НАН України

У даній роботі досліджувалася радіаційна стійкість осажденного на підкладку з сапфіру спиртового розчину органічного барвнику: діамантового зеленого - $C_{27}H_{34}N_2O_4S$ при його опроміненні високоенергетичними електронами та гама-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 30⁰С, контроль температури проводився з використанням термопарного датчика.

При аналізі спектрів поглинання було встановлено, що осаджений розчин барвника володіє на порядок більшою радіаційною стійкістю 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 спектри поглинання фактично не мали ні яких змін.

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 аналоги.

60. КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ, СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ННЦ ХФТИ В 2019 ГОДУ

Мазілов А.А., Богонос Н.А., Никулина В.Я., Сосипатров М.В., Ткаченко В.Н., Яремко О.И.

ННЦ “Харьковський фізико-технічний інститут” НАН України

Представлены данные о радиационной обстановке на основных объектах, в санитарно-защитной и наблюдаемой зонах ННЦ ХФТИ в 2019 году. Данные

включают в себя мощность эквивалентной дозы на рабочих местах персонала категорий «А» и «Б», эффективную дозу внешнего и внутреннего облучения персонала, содержание урана в воздухе рабочих помещений, в атмосферном воздухе, атмосферных выпадениях и осадках, сбросах производственных сточных вод, радиационный гамма-фон на территории промплощадки и в жилом массиве «Пятихатки».

Приводятся данные контроля за уровнем магнитного, электромагнитного и лазерного излучения, контроля за содержанием вредных химических веществ (включая вещества 1 класса химической опасности бериллий и бенз/а/пирен) в воздухе рабочих помещений, приземном слое атмосферы и почвенном покрове за 2019 год.

Все результаты получены метрологически аттестованной лабораторией Радиационных исследований и охраны окружающей среды.

61. МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ БЕРИЛЛИЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ННЦ ХФТИ

*Ткаченко В.Н., Гордиенко Ю.А., Мазилов А.А., Никулина В.Я., Сосипатров М.В.
ННЦ “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины*

Обеспечение радиэкологической безопасности является одним из важнейших приоритетов деятельности лаборатории «Радиационных исследований и охраны окружающей среды» ННЦ ХФТИ.

Антропогенные факторы загрязнения сточных вод приводят к наличию в них механических, химических и биологических примесей, которые подлежат удалению очистными сооружениями. Сточные воды являются неотъемлемой частью производственной деятельности института и могут негативно влиять на окружающую среду. По этой причине к качеству сбрасываемых сточных вод предъявляются жесткие требования. Особую опасность представляет наличие бериллия – токсичного, канцерогенного и мутагенного элемента, который относится к веществам первого класса опасности.

Представлены данные мониторинга содержания бериллия в сточных водах ННЦ ХФТИ за период с 2008 по 2019 гг. до и после очистки. В основу технологического процесса очистки стоков положен метод полного обессоливания воды на ионообменных смолах с предварительной химико-механической очисткой.

В результате проведенных комплексных работ достигается оптимальная степень очистки, и таким образом, содержание бериллия в сточных водах не превышает предельно допустимых концентраций и находится под контролем.

62. FUTURE OF ACCELERATOR AND LASER DRIVEN SUBCRITICAL SYSTEMS FOR SPENT FUEL TRANSMUTATION

Karel Katovsky

Brno University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Communication, Department of Electrical Power Engineering, Technicka 10, 61600 Brno, Czech Republic

This thesis is focused on research and development of subcritical nuclear reactor systems driven by external neutron source in the form of particle accelerator or high intense laser. Such a reactor has a high level of inherent safety, unprecedented neutron economy, and high-energy neutron spectrum. These properties make together a unique facility, which is capable to incinerate-transmute spent nuclear fuel from thermal nuclear reactors and used thorium or depleted uranium as a fuel. Submitted work concludes to the necessity of further intensive research and the need of wide international collaboration. It is also necessary to focus not only on accelerator driven reactors, but also to laser driven subcritical nuclear reactors, which could serve for spent fuel transmutation and sustainable safe nuclear power of the future.

63. ИЗМЕРЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ОТКЛИКА ЯПУ ИН ННЦ ХФТИ

*П. Гладких, А. Зелинский, В. Иващенко, И. Карнаухов,
А. Тертичный, Г. Туллер.*

ННЦ Харьковский физико-технический институт, г. Харьков

В работе приведены результаты измерений импульсного отклика подкритической сборки-источника нейтронов ННЦ ХФТИ при различных параметрах электронного пучка на мишени. Обнаружена существенная разница показаний детекторов нейтронов при изменении положения пучка на нейтрон-образующей мишени. Проведено Монте-Карло моделирование импульсного отклика в таких условиях. Предложена модификация структуры фокусировки оконечной части линейного ускорителя для стабилизации положения пучка на мишени.

64. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА ЮЛЫ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ИСХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ НЕКОТОРЫХ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ СИСТЕМ

В.А. Буц

ННЦ "Харьковский физико-технический институт", г. Харьков

Показано, что принцип юлы может быть использован для стабилизации исходных (начальных) состояний некоторых классических и квантовых систем. Такая особенность принципа юлы продемонстрирована на простых примерах. Наиболее важным результатом работы является доказательство факта, что стабилизацию возбужденных состояний квантовых систем можно реализовать воздействием не на саму квантовую систему, а, воздействуя на состояния, в которые система должна перейти. Потенциально этот результат может быть использован для стабилизации возбужденных ядерных систем.

65. ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРА-32 НА НЕЙТРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ И ОСАДОЧНОЕ ЕГО ВЫДЕЛЕНИЕ

*А.И.Азаров, В.А.Бочаров, М.А.Должек, А.Ф.Стоянов, В.А.Цымбал
ННЦ "Харьковский физико-технический институт", г. Харьков*

Фосфор-32 это β -эмиттер с максимальной энергией 1,7 МэВ и периодом полураспада $\sim 14,29$ суток может найти применение в медицине для изучения круговорота веществ и лечения рака. В некоторых злокачественных опухолях, особенно головного мозга, P^{32} концентрируется до 500 раз больше, чем в нормальной ткани. Для лучевой терапии P^{32} с активностью, исчисляемой в единицах милликюри, применяют в виде растворимого гидрофосфата натрия ($Na_2H^{32}PO_4$) или нерастворимого фосфата хрома ($Cr^{32}PO_4$).

Предложена конструкция устройства, включающего электростатический ускоритель дейтронов, мишенный комплекс с бериллием или литием, сосуд для сероуглерода или элементарной серы и графитовый замедлитель. Обеспечивается поток тепловых нейтронов на уровне $0,4 \cdot 10^{12} \cdot 1/(см^2 \cdot с)$. Нарботанный фосфор окисляется (бром, азотная кислота) и осаждается в виде фосфоромолибдата аммония. Для очистки полученный полупродукт растворяется в кислоте и пересаживается в виде магнийаммонийфосфата, что в дальнейшем обеспечивает получение чистого конечного продукта.

66. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ АСПЕКТИ РЕЗУЛЬТАТІВ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ МАСИВНИХ ДАНИХ ДЕФЕКТОУТВОРІВ У ТЕПЛООБМІННІЙ ТРУБЧАТЦІ АЕСУ

*Г.Ф. Гладенька, О.В. Єзипко, В.В. Петухов, І.М. Шаповал
ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут", м. Харків*

Щорічний моніторинг дефектоутворів у теплообмінній трубчатці парогенераторів ПГВ 1000М АЕС України з використанням вихрострумового контролю (ВСК) і концентрація даних багатолітніх вимірів у ХФТІ у вигляді репрезентативної (понад 106 вимірів) Бази даних забезпечили фактологічну основу розробки планів майбутніх контролів теплообмінних трубок (ТОТ) парогенераторів з забезпеченням ефективного вибору зон контролю під час його

неповної реалізації. Для побудови процесу еволюції дефектоутворів з використанням великих масивів накопичених даних та урахування особливостей процедур вимірювання створені математична модель та алгоритми частотно-ймовірнісного просторового та часового опису дефектоутворів трубчатки і проведена відповідна математична обробка Баз даних вимірів. Отримані результати просторових та часових залежностей розподілу дефектоутворів різних типів у трубних пучках, що накопичені на ЮУ АЕС за всі роки застосувань ВСК показали особливості розподілу дефектоутворів у місцях закріплення ТОТ, між позиціонуючими решітками і в робочому просторі парогенератора та дозволили відстежити тенденції, фізико-хімічні аспекти утворення дефектів, їх кореляцію з ростом шламу. Результати було підтверджено даними металографічного дослідження вибраних зразків ТОТ з відповідних зон. Проведені дослідження можуть бути використані для оптимізації планування періодичних контролів труб парогенераторів ПГВ-1000М у відповідності до зонального розподілу дефектоутворів з урахуванням особливостей будови парогенераторів.