

## СОДЕРЖАНИЕ

### Пленарное заседание 1. Физика ядра и элементарных частиц

- П1.01. ПОДГОТОВКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛИТ ОИЯИ И ННЦ ХФТИ К РАСПРЕДЕЛЕННОМУ АНАЛИЗУ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS (ЦЕРН). О.О. Бунецкий и др. . . . . 17
- П1.02. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ИТФ им.А.И. АХИЕЗЕРА ННЦ ХФТИ. А.Ю. Корчин. . . . . 18

### Секция 1. Фундаментальные исследования при промежуточных и высоких энергиях

- С1.01. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ НА КОЛЛАЙДЕРЕ LHC. Ю.М. Малюта, Т.В. Обиход. . . . . 19
- С1.02. МЕЗОН-НУКЛОННАЯ СИСТЕМА С НЕЛОКАЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ. ОДЕТЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ГРУППЫ ПУАНКАРЕ. П.А. Фролов, В.Ю. Корда. . . . . 19
- С1.03. МОДЕЛЬНО-НЕЗАВИСИМЫЙ АНАЛИЗ ЭЙРИ-СТРУКТУР В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЯХ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ  $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$  И  $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$  ПРИ ЭНЕРГИЯХ 13...22 МэВ/нуклон. А.С. Молев и др. . . . . 20
- С1.04. СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И РАСШИРЕННАЯ СУПЕРСИММЕТРИЧНАЯ КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА. В.П. Березовой, Г.И. Ивашкевич. . . . . 20
- С1.05. СИГНАЛИ КВАРК-ГЛЮОННОЇ ПЛАЗМИ В ЭКСПЕРИМЕНТІ СВМ. М.С. Борисова. . . . . 21
- С1.06. РЕДЖЕЗАЦІЯ В РАССЕЯНИИ КВАРКА НА КВАРКЕ НАЗАД ПРИ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ. Н.В. Бондаренко. . . . . 21
- С1.07. ИЗВЛЕЧЕНИЕ УГЛОВ УНИТАРНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА ИЗ РАСПАДОВ  $V_d^0 \rightarrow \check{D}^* K^0$  И  $V_d^0 \rightarrow D^* K^0$ . В.А. Ковальчук. . . . . 22
- С1.08. ОБРАЗОВАНИЕ ПАР ГЛЮОНОВ В КВАНТОВОЙ ХРОМОДИНАМИКЕ. Н.В. Крупина, А.Ю. Корчин. . . . . 22
- С1.09. СМЕШАННЫЕ СПИНОВЫЕ СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ (Qq). И.И. Гайсак и др. . . . . 22
- С1.10. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОЇ СТРУКТУРИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ПАРНО-ПАРНИХ ЯДЕР В АДІАБАТИЧНОМУ НАБЛИЖЕННІ. Р.М. Плекан та ін. . . . . 23

C1.11.	УДАЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА SMS (ЦЕРН) В СРЕДЕ WLCG. С.Т. Лукьяненко, Л.Г. Левчук . . . . .	23
C1.12.	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕАКЦИИ $^{16}\text{O}(\gamma,4\alpha)$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХ- И ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫХ ФЕЙНМАНОВСКИХ ДИАГРАММ. В.Н. Гурьев. . . . .	24
C1.13.	ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНОГО ТРАКТА СИСТЕМЫ НАКАЧКИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ПРОТОННОЙ МИШЕНИ ЭКСПЕРИМЕНТА СПАСЧАРМ. А.А. Беляев, А.А. Луханин. . . . .	24
C1.14.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $\alpha$ -ЧАСТИЦ В РЕАКЦИИ $^{12}\text{C}(\gamma,3\alpha)$ . С.Н. Афанасьев. . . . .	25
C1.15.	МНОГОЧАСТИЧНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ЯДРА $^4\text{He}$ ЛИНЕЙНО ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ ФОТОНАМИ. Д.В. Гушин, И.В. Догюст. . . . .	26
C1.16.	СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКСПЕРИМЕНТУ МАГНИТНОГО СПЕКТРОМЕТРА НА БАЗЕ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ С ЦИФРОВЫМ СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ НА ВЫХОДЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛУЭ-360. С.Н. Афанасьев и др. . . . .	26
C1.17.	ОБМЕН ДАННЫМИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ SMS И РАБОТА КОМПЛЕКСА RHEDEX НА КЛАСТЕРЕ ННЦ ХФТИ. О.О. Бунецкий и др. . . . .	27
C1.18.	СТРУКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ННЦ ХФТИ: ЭЛЕКТРОННЫЙ КАТАЛОГ ОБОРУДОВАНИЯ. О.О. Бунецкий и др. . . . .	27
C1.19.	МОНИТОРИНГ РАБОТЫ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВК ННЦ ХФТИ. О.О. Бунецкий и др. . . . .	28
C1.20.	ТЕСТИРОВАНИЕ ОПТОВОЛОКОННОГО КАНАЛА МЕЖДУ ВК ННЦ ХФТИ И ЦЕРН. С.С. Зуб и др. . . . .	28

**Секция 2. Ядерно-физические методы в смежных науках**

C2.01.	ВЛИЯНИЕ КЛИНОПТИЛОЛИТА НА ВЫВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДА $^{137}\text{Cs}$ ИЗ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ. А.Ю. Лонин . . . . .	29
C2.02.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЮЩИХ ДЕЗАКТИВИРУЮЩИХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА АЭС. А.Ю. Лонин и др. . . . .	29

C2.03.	ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН. А.Е. Лагутин, Е.А. Городецкая. . . . .	30
C2.04.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $\beta$ -ДИКЕТОНОВ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ. В.А. Бочаров и др. . . . .	30
C2.05.	ПРЕДИКАТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ. М.В. Стец. . . . .	31
C2.06.	ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ МОДЕЛИ. М.В. Стец. . . . .	31
C2.07.	ПРИКЛАДНАЯ ЯДЕРНАЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ АРТЕФАКТОВ. М.В. Стец и др. . . . .	32
C2.08.	РАДИОЭКОЛОГИЯ ГОРНЫХ РЕК КАРПАТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ. Н.И. Симканич и др. . . . .	32
C2.09.	АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ. Д.А. Бакланов и др. . . . .	33
C2.10.	ЗАВИСИМОСТЬ РАДИОНУКЛИДНОЙ ЧИСТОТЫ МЕДИЦИНСКОГО ИЗОТОПА $^{99m}\text{Tc}$ , ПОЛУЧАЕМОГО В РЕАКЦИЯХ НА ПУЧКАХ ПРОТОНОВ, ОТ СТЕПЕНИ ОБОГАЩЕНИЯ МОЛИБДЕНОВОЙ МИШЕНИ ИЗОТОПОМ $^{100}\text{Mo}$ . Д.Ю. Баранков и др. . . . .	33
C2.11.	ОСОБЕННОСТИ ИЗОТОПНОГО ОТНОШЕНИЯ $^{44}\text{Ca}/^{48}\text{Ca}$ У ДЕТЕЙ С ДИСПЛАЗИЕЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ. Н.П. Дикий и др. . . . .	34
C2.12.	СЕЛЕКТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ $^{67}\text{Cu}$ ИЗ ЦИНКА ПРИ ПОМОЩИ ДИАНТИПИРИЛПРОПИЛМЕТАНА. Н.И. Айзацкий и др. . . . .	35
C2.13.	ИЗУЧЕНИЕ ОКИСЛОВ РЗМ МЕТОДОМ АННИГИЛЯЦИИ ПОЗИТРОНОВ. В.Д. Заболотный, Н.П. Дикий. . . . .	36
C2.14.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА ЛИТИЕВЫХ ПЕГМАТИТОВ УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЩИТА. А.А. Вальтер и др. . . . .	36
C2.15.	ТРАНСПОРТ РАДИОАКТИВНОГО НАНОМАГНЕТИТА В ОПУХОЛЕВЫЕ КЛЕТКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ. Н.П. Дикий и др. . . . .	37

C2.16.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ФОТООБРАЗОВАНИЯ $^{178m2}\text{Hf}$ В ИНТЕНСИВНОМ ПУЧКЕ ТОРМОЗНЫХ $\gamma$ -КВАНТОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ СПЕКТРА 30 МэВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕСИ ИЗОТОПОВ ГАФНИЯ. В.А. Бочаров и др. ....	38
C2.17.	РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ГРАНИТОИДОВ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (РАО). Б.В. Борц и др. ....	38
C2.18.	ИОННО-ФОТОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ. И.А. Афанасьева .....	39
C2.19.	МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В КЕРАМИКЕ ШПИНЕЛИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ. С.П. Гоков и др. ....	40

**Пленарное заседание 2. Ядерно-физические исследования**

P2.01.	КОРЕЛЯЦІЙНА СПЕКТРОСКОПІЯ РЕЗОНАНСІВ ЛЕГКИХ ЯДЕР. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ. Ю.М. Павленко, О.К. Горпинич. ....	41
P2.02.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ВЫХОДЫ ОТНОШЕНИЙ АКТИВНОСТЕЙ ИЗОТОПОВ $^{239}\text{Pu}$ , $^{240}\text{Pu}$ И ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ $^{95}\text{Zr}$ , $^{103}\text{Ru}$ , $^{106}\text{Ru}$ , $^{141}\text{Ce}$ , $^{144}\text{Ce}$ ДЛЯ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧАЭС. А.Н. Водин и др. ....	41
P2.03.	ВЫСОКОПороГОВЫЕ ФОТояДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ ВЫШЕ ЭНЕРГИИ ГИГАНТСКОГО ДИПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА. А.Н. Водин. ....	42
P2.04.	ШВИДКІСТЬ АСТРОФІЗИЧНОЇ РЕАКЦІЇ $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ . О.М. Водін та ін. ....	42
P2.05.	НУКЛЕОСИНТЕЗ В ЗВЕЗДАХ. Е.А. Скакун .....	42

**Секция 3. Структура ядра в реакциях на пучках протонов, нейтронов и легких ядер**

C3.01.	РОЛЬ ОБМЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРА ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ТУННЕЛИРОВАНИИ ИХ ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР, РАЗДЕЛЯЮЩИЙ ЭТИ ЧАСТИЦЫ. Л.С. Марценюк и др. ....	43
--------	--	----

C3.02.	ДОСЛІДЖЕННЯ НАЙЛЕГШИХ ЯДЕР ЗА ДОПОМОГОЮ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ. О.К. Горпинич, О.М. Поворозник. . . . .	43
C3.03.	УПРУГОЕ dt-РАССЕЯНИЕ ПРИ ЭНЕРГИИ 37 МэВ. О.О. Белюскина и др. . . . .	44
C3.04.	О СТАБИЛЬНОСТИ ЯДЕР ПО ОТНОШЕНИЮ К ИСПУСКАНИЮ НЕЙТРОНОВ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ГРАНИЦЫ НЕЙТРОННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ. К.А. Гриднев и др. . . . .	44
C3.05.	РАСЧЕТ ВЫХОДОВ НЕЙТРОНОВ, ИСПУЩЕННЫХ ОСКОЛКАМИ ПРИ ДЕЛЕНИИ $^{237}\text{Np}$ ТЕПЛОВЫМИ И БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИ. А.И. Лендьел и др. . . . .	45
C3.06.	СИСТЕМА КИНЕТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ЧАСТИЦ И ЯДЕР И ТЕОРЕМА О ВОССТАНОВЛЕНИИ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ НУКЛИДОВ ПО ДАННЫМ ОБ ИХ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ. А.М. Хильманович. . . . .	46
C3.07.	РОЗПАД БЛЯПОРОГОВОГО РЕЗОНАНСУ $^{10}\text{Be}^*$ (7,54 MeV) В РЕАКЦІЇ $^{58}\text{Ni}(^{14}\text{N}, \alpha^6\text{He})$ . Ю.М. Павленко та ін. . . . .	46
C3.08.	ПРУЖНЕ РОЗСІЯННЯ ДЕЙТРОНІВ ЯДРАМИ $^{208}\text{Pb}$ ПРИ ЕНЕРГІЇ $E_d = 7,3$ MeV. Ю.М. Павленко та ін. . . . .	47
C3.09.	МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗОНАНСОВ НЕЙТРОННО-ИЗБЫТОЧНЫХ ЯДЕР БОРА. А.Г. Артюх и др. . . . .	47
C3.10.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СООТНОШЕНИЯ ВЕТВЕЙ РАСПАДА ОКОЛОПОРОГОВОГО РЕЗОНАНСА $^7\text{Li}^*(7,45 \text{ МэВ})$ В РЕАКЦИИ $^7\text{Li}(\alpha, \alpha)^7\text{Li}^*$ . В.Л. Шаблов и др. . . . .	48
C3.11.	СПЕКТРОСКОПИЯ ЯДРА $^{230}\text{Th}$ В РЕАКЦИИ (p,t). А.И. Левон и др. . . . .	49
C3.12.	g-ФАКТОРЫ $2^+$ СОСТОЯНИЙ В $^{116,118,120}\text{Sn}$ : ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К КОНФИГУРАЦИЯМ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ФЕРМИ. А.И. Левон и др. . . . .	49
C3.13.	РАЗНОГЛАСИЯ В ВЕЛИЧИНАХ ДЕФЕКТОВ МАСС ЯДЕР ТОРИЯ И УРАНА И ЯДЕР ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ (p,t)-РЕАКЦИЙ. А.И. Левон. . . . .	50
C3.14.	ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ЯДРА ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ АНАЛОГОВЫХ РЕЗОНАНСОВ В $^{23}\text{Na}$ . И.В. Ушаков и др. . . . .	50
C3.15.	СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ С РАСШИРЕННЫМ ФАЗОВЫМ ПРОСТРАНСТВОМ. Г.К. Хомяков. . . . .	51

C3.16.	БЕЗМОДЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ ПОТЕНЦИАЛА ЯДРА. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЛЕГКИХ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР. А.Н. Водин и др. .	51
C3.17.	СТРУКТУРА И ПОЛНАЯ СИЛА МАГНИТНОГО ДИПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА В ЯДРЕ <sup>35</sup> Cl. А.С. Качан и др.	52

**Секция 4. Компьютерные технологии в физических исследованиях**

C4.01.	МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ВЫБОРКИ. Ал.А. Олейник, С.А. Субботин. . . . .	53
C4.02.	ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК. Ан.А. Олейник, С.А. Субботин	53
C4.03.	СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СППР, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ. И.А. Макрушан, В.М. Райков. . . . .	54
C4.04.	МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ. И.А. Макрушан. . . . .	54
C4.05.	КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ R-ФУНКЦИЙ. Т.И. Шейко. . . . .	55
C4.06.	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА R-ФУНКЦИЙ. К.В. Максименко-Шейко. . . . .	55
C4.07.	ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Б.Б. Нестеренко, М.А. Новотарский. . . . .	56
C4.08.	МЕТОДИКА ФОРМАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОГРАММ В ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ. М.О. Малахова. . . . .	56
C4.09.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ЕЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ. Е.П. Табачная. . . . .	57
C4.10.	РОЗВІДКА МОДУЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТА З НЕВІДОМИМИ ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ. Н.В. Васильцова. . . . .	57

C4.11.	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ СТРУКТУРОВАНИМИ ДАНИМИ МІЖ ПРОГРАМНИМИ ДОДАТКАМИ. М.В. Євланов та ін. ....	58
C4.12.	РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ХРАНИМОЙ ИНФОРМАЦИИ. И.Ю. Панферова. ....	58
C4.13.	ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА CdZnTe-ДЕТЕКТОРОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО. А.А. Захарченко и др. ....	59
C4.14.	МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОРСАТРОНА “УРАГАН-2М”. С.А. Мартынов и др. ....	59
C4.15.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА ROOT ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФИЗИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ. И.М. Прохорец и др. ....	60
C4.16.	МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СПЕКТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА. И.М. Прохорец и др. ....	60
C4.17.	ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ CUDA ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ В ЗАДАЧАХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ. В.А. Дудник и др. ....	61
C4.18.	АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ВЫЧИСЛЕНИЙ. Ю.В. Мищеряков и др. ....	61
C4.19.	ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА РИСУНКОВ ПАПИЛЛЯРНОГО ТИПА. В.Г.Кобзев. ....	62

**Пленарное заседание 3. Фундаментальные исследования в целях развития ядерно-физических методик для нужд атомной энергетики, медицины и промышленности**

P3.01.	ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ПОМОЩИ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ. Н.П. Дикий. ....	63
P3.02.	К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Ю.И. Ларионов, М.А. Хажмурадов. ....	63
P3.03.	УКРАИНО-АМЕРИКАНСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФОТОЯДЕРНОМУ ПОЛУЧЕНИЮ ИЗОТОПА Cu-67. Н.И. Айзацкий и др. ....	64

П3.04.	УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАММА-ПОЛЕЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ. В.Г. Батий и др. ....	64
--------	---	----

**Секция 5. Фундаментальные исследования в целях развития ядерно-физических методик для нужд атомной энергетики, медицины и промышленности**

C5.01.	ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА БОРА В КАРБИДЕ БОРА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ЯДЕРНОГО МИКРОАНАЛИЗА. В.Н. Бондаренко и др. ....	66
C5.02.	НЕЙТРОННО-РАДИАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ. Н.А. Иванов и др. ...	66
C5.03.	ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМА ВОЛНЫ ФЕОКТИСТОВА В БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Th-U-ЦИКЛА. Ю.П. Мельник и др. ....	67
C5.04.	ЯДЕРНОЕ ГОРЕНИЕ В РЕЖИМЕ ВОЛНЫ ФЕОКТИСТОВА В БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ. Ю.П. Мельник и др. .	67
C5.05.	ВЛИЯНИЕ СНИЖЕНИЯ СРЕДНЕГО ОБОГАЩЕНИЯ ТОПЛИВА В БЫСТРОЙ ЗОНЕ НА ОСНОВНЫЕ НЕЙТРОНОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ “ЯЛІНА-БУСТЕР”. В.В. Бурнос и др. ....	68
C5.06.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРАБОТКИ Pu-239 В ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКЕ УСТАНОВКИ ”ЭНЕРГИЯ +ТРАНСМУТАЦИЯ”. В.А. Воронко и др. ....	68
C5.07.	ГЕНЕРАЦИЯ ПРОТОНОВ МЕГАЭЛЕКТРОНВОЛЬТНЫХ ЭНЕРГИЙ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ВОДО-ВОДЯНОГО РЕАКТОРА. А.В. Ганн, В.В. Ганн. ....	69
C5.08.	ВОССТАНОВЛЕНИЕ СПЕКТРА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ “ЯЛІНА-БУСТЕР” МЕТОДОМ ПОРОГОВЫХ РЕАКЦИЙ. А.И. Киевицкая и др. ....	69
C5.09.	БЕСПРОВОДНЫЙ СЕГМЕНТ СИСТЕМЫ СБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ. Д.К. Михнов, Мохаммед К. Мохаммед. ....	70
C5.10.	ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ. А.В. Михнова, Д.К. Михнов. ....	70



C5.11.	АНАЛИЗ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ АКТИВНОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА РЕАКТОРА ВВЭР МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА. А.А. Захарченко и др. ....	70
C5.12.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ЯДЕРНОЙ ОПАСНОСТЬЮ. И.М. Прохорец и др. ....	71
C5.13.	МЕТОДИКА РАСЧЕТА АКТИВАЦИИ И ТРАНСМУТАЦИИ ИЗОТОПОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ОБЛУЧЕНИЯ. Е.В Рудычев, М.А. Хажмурадов. ....	71
C5.14.	ЭЛЕКТРОННЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ В ОСЕВОМ КАНАЛЕ КРИСТАЛЛА Ni+0,18at.% <sup>13</sup> C. М.В. Ващенко, Н.А. Скакун. ....	72
C5.15.	ИЗМЕРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРОВ ЙОДА И ЕГО ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПОТОКА ВЕНТИЛИРУЕМОГО ВОЗДУХА. В.Г. Колобродов и др. ....	73
C5.16.	РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКИХ СМЕСЕЙ <sup>3</sup> He- <sup>4</sup> He. Р.М. Сибилева и др. ....	73
C5.17.	АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКТИВИРОВАННОГО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАГНЕТИТА. Н.П. Дикий и др. ....	74
C5.18.	МЕТОД АНАЛИЗА КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА РАДИОАКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА. А.Н. Водин и др. ....	74
C5.19.	К ОЦЕНКЕ ЗАПАСА <sup>90</sup> Sr ПО <sup>137</sup> Cs В УКРАИНСКОЙ ЧАСТИ 30-км ЗОНЫ ЧАЭС. А.Н. Водин и др. ....	75

**Секция 6. Исследования по ядерной физике на пучках электронов и фотонов, в том числе на установках СП-95, «Электрон» и на прямом выходе**

C6.01.	ЗАСЕЛЕНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР <sup>84</sup> Rb и <sup>86</sup> Rb ВБЛИЗИ ПОРОГОВ РЕАКЦИЙ (γ,n) <sup>m</sup> . В.М. Мазур и др. ....	76
C6.02.	ЗАВИСИМОСТЬ ИЗОМЕРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ОТ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ В РЕАКЦИИ <sup>74</sup> Se(γ,n) <sup>73m,g</sup> Se. В.М. Мазур и др. ....	76
C6.03.	ТЕРМОДИНАМИКА МАЛЫХ СИСТЕМ: <sup>236</sup> U, СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И УПОРЯДОЧЕНИЕ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ. В.Т. Маслюк и др. ....	77

C6.04.	О КАТАЛОГЕ ГАММА-СПЕКТРОВ ПРОДУКТОВ АКТИВАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ МИКРОТРОНА. О.А. Парлаг и др. ....	77
C6.05.	ВЫХОДЫ ОСКОЛКОВ ФОТОДЕЛЕНИЯ $^{237}\text{Np}$ и $^{241}\text{Am}$ . О.А. Парлаг и др. ....	78
C6.06.	ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ $^{112}\text{Sn}(\gamma, p)^{111}\text{In}^{m.g.}$ . В.С. Бохінюк та ін. ....	79
C6.07.	ИЗОМЕРНИ ВІДНОШЕННЯ ДЛЯ ВАЖКИХ УЛАМКІВ ФОТОПОДІЛУ ЯДЕР ТОРІЮ ТА УРАНУ ПОБЛИЗУ ЕФЕКТИВНОГО ПОРОГУ ПОДІЛУ. В.С. Бохінюк та ін. . . .	79
C6.08.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАКЦИИ ДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ФОТОННОГО ПУЧКА. В.В. Деняк и др. ....	79
C6.09.	ЗАВИСЯЩИЕ ОТ СПИНОВ ИМПУЛЬСНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НУКЛОНОВ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ ЯДРЕ $^3\text{He}$ . В.В. Котляр, А.А. Щеглова. ....	80
C6.10.	ДЕЛЕНИЕ ЯДРА $^{238}\text{U}$ ФОТОНАМИ ВБЛИЗИ ПОРОГА. В.И. Касилов, В.М. Хвастунов. ....	80
C6.11.	РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ КОНВЕРТЕР ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БОЛЬШОЙ ЯРКОСТЬЮ. Е.З. Биллер и др. ....	81
C6.12.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В УСТАНОВКЕ ГАММА-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ В КОНТЕЙНЕРЕ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА. А.Ю. Буки и др. . . .	81
C6.13.	КУЛОНОВСКИЕ ЭНЕРГИИ ЯДЕР $^6\text{Li}$ и $^7\text{Li}$ . А.Ю. Буки и др. ....	82
C6.14.	НАСЫЩЕНИЕ КУЛОНОВСКИХ ПРАВИЛ СУММ В СЛУЧАЕ ЯДРА $^6\text{Li}$ . А.Ю. Буки и др. ....	82
C6.15.	ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ НА ИМПУЛЬСНОМ ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ. В.И. Касилов и др. ....	83
C6.16.	ФОТОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ИЗОТОПАХ СЕРЕБРА И РОДИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ ВЫШЕ 35 МэВ. О.А. Бесшейко и др. ....	83
C6.17.	ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ С МНОЖЕСТВЕННЫМ ВЫЛЕТОМ НЕЙТРОНОВ НА ИЗОТОПАХ ИНДИЯ. О.А. Бесшейко и др. ....	84

C6.18.	ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ПРОДУКТОВ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ С ВЫЛЕТОМ ПРОТОНОВ НА ЯДРАХ ЖЕЛЕЗА И ЦИРКОНИЯ. О.А. Бесшейко и др.	84
C6.19.	МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СЕЧЕНИЙ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ЛУ-40 ННЦ ХФТИ. О.А. Бесшейко и др.	85

**Пленарное заседание 4. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц**

P4.01.	ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 100 МэВ. Н.И. Айзацкий и др.	86
P4.02.	ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАПУСК ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ-ИНЖЕКТОРА НАКОПИТЕЛЯ НЕСТОР. Н.И. Айзацкий и др.	86
P4.03.	СТАТУС ПРОЕКТА ХАРЬКОВСКОГО ИСТОЧНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР. В. Андросов и др.	87
P4.04.	СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО СОЗДАНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР. А. Мыщыков.	87
P4.05.	ПРОЕКТЫ ILC/CLIC И НАШЕ В НИХ УЧАСТИЕ. Е.В. Буляк.	88

**Секция 7. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц**

C7.01.	КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СТРУКТУРЫ УСКОРИТЕЛЕЙ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ. И.Г. Игнатьев и др.	89
C7.02.	ПРЕРЫВАТЕЛЬ ИОННЫХ ПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАПИЛЛЯРОВ. А.Е. Лагутин.	89
C7.03.	ПОЛЯРИЗАЦИЯ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НЕСФЕРИЧЕСКОМ РАССЕИВАТЕЛЕ. Н.В. Бондаренко.	89
C7.04.	ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ИТЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА. А.М. Горбань.	90

C7.05.	ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ВНЕШНЕЙ ЦЕПИ В МОДЕЛЯХ УСКОРИТЕЛЬНЫХ ДИОДОВ. Г.Э. Саруханян, А.М. Горбань . . . . .	90
C7.06.	АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУЭ-300 С НОВОЙ ИНЖЕКТОРНОЙ СИСТЕМОЙ. С.П. Гоков и др. . . . .	91
C7.07.	ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА В НАКОПИТЕЛЕ Н-100М - ИСТОЧНИКЕ КОМПТОНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР. В.Г. Гревцев и др. . . . .	92
C7.08.	ВОЗБУЖДЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ИМПЕДАНСНОГО ВИБРАТОРА РЕЛЯТИВИСТСКИМ ТОЧЕЧНЫМ ЗАРЯДОМ В КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ. С.Д. Приймак . . . . .	92
C7.09.	ВОЗБУЖДЕНИЕ СВЯЗАННОГО ВИБРАТОРА РЕЛЯТИВИСТСКИМ ТОЧЕЧНЫМ ЗАРЯДОМ В КОРОТКОЗАМКНУТОМ КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ. С.Д. Приймак . . . . .	93
C7.10.	ВОЗБУЖДЕНИЕ КИЛЬВАТЕРНЫХ ВОЛН ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ СГУСТКОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАЗМЕННО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ. В.А. Киселев и др. . . . .	93
C7.11.	РАЗРАБОТКА ВЧ-СИСТЕМЫ НАКОПИТЕЛЯ НЕСТОР. В.П. Андросов и др. . . . .	94
C7.12.	ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МУЛЬТИПОЛЬНОГО СОСТАВА КВАДРУПОЛЬНЫХ ЛИНЗ. А.М. Гвоздь и др. . . . .	94
C7.13.	МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ МАГНИТНО-ИНДУКЦИОННЫХ МОНИТОРОВ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ. В.И. Троценко, В.Е. Иващенко. . . . .	95
C7.14.	О ФАЗОВОЙ ДИНАМИКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ КИЛЬВАТЕРНОЙ ВОЛНЫ В ПЛАЗМЕ. И.Н. Онищенко, В.И. Маслов. . . . .	96
C7.15.	КОД МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПТОНОВСКИХ КОЛЕЦ. Е.В. Буляк. . . . .	96

**Секция 8. Физика детекторов излучений**

C8.01.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ Si-ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ $\beta$ -ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ. А.А. Мазилков, Н.И. Маслов. . . . .	97
--------	--	----

C8.02.	СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПУЧКА ГАММА-КВАНТОВ И ЭЛЕКТРОНОВ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ $\beta$ -АКТИВНОСТИ. Н.И. Айзацкий и др. ....	97
C8.03.	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ. Г.П. Васильев и др. ....	98
C8.04.	ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ МОДУЛИ КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Г.П. Васильев и др. ....	98
C8.05.	МАГНИТОПОЗИТРОНИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ И ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ. Е.П. Прокопьев. ....	99
C8.06.	АТОМ ПОЗИТРОНИЯ В АТМОСФЕРЕ ФОНОНОВ КРИСТАЛЛОВ. Е.П. Прокопьев. ....	99
C8.07.	КОМПЛЕКСЫ УИЛЛЕРА В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ. Е.П. Прокопьев ....	100
C8.08.	ВИРОБНИЦТВО КВАРКОНІЯ: НЕСПОДІВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НА RHIC ТА ПЕРЕДБАЧЕННЯ ДЛЯ LHC. О.О. Ісаєв ....	100
C8.09.	ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АННИГИЛЯЦИОННЫХ ГАММА-КВАНТОВ ПОЛЯРИЗОВАННОГО ОРТОПОЗИТРОНИЯ В СЛАБОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ. С.К. Андрухович и др. ...	101
C8.10.	ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРОШКОВ АКТИВИРОВАННОГО <i>l</i> -ТЕРФЕНИЛА И РЕЖИМОВ ИХ ПРЕССОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ. Л.А. Андрущенко и др. ....	101
C8.11.	МІКРОСТРІПОВИЙ МЕТАЛЕВИЙ ДЕТЕКТОР. В.М. Пугач та ін. ....	102
C8.12.	МІКРОПІКСЕЛЬНИЙ ДЕТЕКТОР MEDPIX2 В ФОКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ МАС-СПЕКТРОМЕТРА. А.В. Чаус та ін. ....	102
C8.13.	ПОИСК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УСКОРИТЕЛЯ НА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛИКРИСТАЛЛЕ. В.И. Нагайченко, А.В. Щагин	103
C8.14.	СЦИНТИЛЛЯТОРЫ НА ОСНОВЕ ПРЕССОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ АКТИВИРОВАННОГО ПАРАТЕРФЕНИЛА. О.В. Зеленская и др.	103
C8.15.	СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ ПО АТОМНОМУ НОМЕРУ И МАССЕ НА ОСНОВЕ СИЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ CsI:Tl. А.Л. Шпилинская и др. ....	103

- C8.16. СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР В ОБЪЕМЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ. А.Н. Довбня и др. . . . . . 104
- C8.17. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ АМОРФНО-МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ ИЗЛУЧЕНИЕМ. А.Н. Довбня и др. . . . . . 105

**Пленарное заседание 5. Фундаментальные исследования процессов взаимодействия ультрарелятивистских частиц с монокристаллами и веществом, физика детекторов излучений**

- П5.01. МЕХАНИЗМЫ РОЖДЕНИЯ МГНОВЕННЫХ ФОТОНОВ В РАССЕЯНИИ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ. В.В. Котляр и др. 106
- П5.02. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ГЕНЕРАЦИИ КОГЕРЕНТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МИШЕНИ. С.В. Блажевич и др. . . . . . 106
- П5.03. КРЕМНИЕВЫЕ КООРДИНАТНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЙ. Н.И. Маслов . . . . . 107
- П5.04. ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ЛУЭ–300. А.Ю. Буки и др. 107
- П5.05. ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ТОНКОМ СЛОЕ ВЕЩЕСТВА. А.С. Фомин и др. . . . . . 108
- П5.06. ПУЧОК КОГЕРЕНТНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ в МАХ-lab ЛАБОРАТОРИИ. К. Fissum et al. . . . . . 109

**Секция 9. Фундаментальные исследования процессов взаимодействия ультрарелятивистских частиц с монокристаллами и веществом**

- C9.01. ОБНАРУЖЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ БОЛЬШОЙ ЭНЕРГИИ ИЗОГНУТЫМ КРИСТАЛЛОМ. Н.Ф. Шульга. . . 110
- C9.02. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОФИЛЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ИОНОВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. М.И. Братченко и др. . . . . . 110

C9.03.	СКЕЙЛИНГИ ХАРАКТЕРИСТИК СКОЛЬЗЯЩЕГО ОТРАЖЕНИЯ ИОНОВ ОТ ПОВЕРХНОСТЕЙ С НАНОРАЗМЕРНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ. М.А. Скоробогатов и др. ....	111
C9.04.	ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ НЕКОГЕРЕНТНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ. Н.Ф. Шульга и др. ....	111
C9.05.	ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ С ПОМОЩЬЮ КРИСТАЛЛ-ДИФРАКЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МОЗАИЧНЫХ КРИСТАЛЛОВ. Д.А. Бакланов и др. ....	112
C9.06.	ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА НАНОКРИСТАЛЛИТОВ. А.В. Шагин .....	112
C9.07.	ДЛИНА КОГЕРЕНТНОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. А.В. Шагин .....	113
C9.08.	ДВИЖЕНИЕ И ИЗЛУЧЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ В ДЕФОРМИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ. Н.Ф. Шульга, В.В. Бойко .....	113
C9.09.	МОДУЛЯЦИЯ ЦУГА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. А.В. Шагин .....	114
C9.10.	ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВКЛАДЫ ПРИ И ДПИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ЭЛЕКТРОНА, ПАДАЮЩЕГО НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ ПЛАСТИНКУ ПОД МАЛЫМ УГЛОМ К ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ. С.В. Блажевич, А.В. Носков. ....	114
C9.11.	МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕНСИВНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Г.Л. Бочек и др. ....	114
C9.12.	СПЕКТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 200 МэВ В КРИСТАЛЛАХ АЛМАЗА И КРЕМНИЯ ПРИ АКСИАЛЬНОЙ И ПЛОСКОСТНОЙ ОРИЕНТАЦИИ. К. Fissum et al. ....	115

**Секция 10. Физические и экологические вопросы эксплуатации и модернизации ускорителей и ядерно-физических установок**

C10.01.	РАСЧЕТ СПЕКТРА ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЧЕНИЙ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ЛУ-40 ННЦ ХФТИ. А.Н. Водин и др. ....	116
C10.02.	МОНИТОРИРОВАНИЕ ВЫХОДА РЕЗОНАНСНЫХ (p, $\gamma$ )-РЕАКЦИЙ НА ЭСУ-5. В.М. Мищенко .....	116
C10.03.	ДИНАМИКА ДОЗОВЫХ ЗАТРАТ ПЕРСОНАЛА УСКОРИТЕЛЕЙ. А.В. Мазилев и др. ....	117
C10.04.	РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ СРЕДИ ПЕРСОНАЛА УСКОРИТЕЛЕЙ. А.В. Мазилев и др. ....	117
C10.05.	ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ПЛАНИРОВАНИЯ ДОЗОВЫХ ЗАТРАТ. А.В. Мазилев, И.А. Стадник .....	118
C10.06.	МОДЕРНИЗАЦИЯ СПЕКТРОМЕТРА PDP С ПОВЫШЕННЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ. А.Е. Лагутин и др. ....	118
C10.07.	ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГАММА-КВАНТОВ. Н.А. Иванов и др. ....	119
C10.08.	ДВУХСЕКЦИОННАЯ ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА. Н.А. Иванов и др. ....	119
C10.09.	ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОТРОНОМ М-30 НА БАЗЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА. Н.И. Романюк и др. ....	119
C10.10.	АНАЛИЗ РАБОТЫ УСКОРИТЕЛЯ ЛУЭ-300 В 2008 ГОДУ. С.П. Гоков и др. ....	120



## Пленарное заседание 1. Физика ядра и элементарных частиц.

### П1.01. ПОДГОТОВКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛИТ ОИЯИ И ННЦ ХФТИ К РАСПРЕДЕЛЕННОМУ АНАЛИЗУ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS (ЦЕРН)

*О.О. Бунецкий<sup>1</sup>, Е.С. Горбенко<sup>1</sup>, С.С. Зуб<sup>1</sup>, В.В. Кореньков<sup>2</sup>, Л.Г. Левчук<sup>1</sup>,  
С.Т. Лукьяненко<sup>1</sup>, В.В. Мицын<sup>2</sup>, Д.А. Олейник<sup>2</sup>, В.Ф. Попов<sup>1</sup>, Д.В. Сорока<sup>1</sup>,  
П.В. Сорокин<sup>1</sup>, Е.А. Тихоненко<sup>2</sup>, В.В. Трофимов<sup>2</sup>, И.А. Филозова<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, г.Харьков, Украина;  
<sup>2</sup>Объединенный институт ядерных исследований, г.Дубна, Россия

В эксперименте CMS, как и в других подготавливаемых на коллайдере LHC (ЦЕРН) экспериментах, потребуется с высокой скоростью обрабатывать беспрецедентный для физики высоких энергий поток информации. Это накладывает жесткие условия на вычислительные комплексы (ВК), создаваемые для обработки данных. Для обработки и анализа данных, аккумулируемых в экспериментах LHC, создана разветвленная грид-инфраструктура, называемая LHC-грид (WLCG), элементами которой являются ВК ЛИТ ОИЯИ и ННЦ ХФТИ. На их базе создаются так называемые региональные центры 2-го яруса WLCG. Вычислительные ресурсы этих центров выделяются прежде всего для анализа уже обработанных (или частично обработанных) данных CMS и других экспериментов LHC. Это предполагает обеспечение должной конфигурации элементов WLCG (в частности, хранилищ информации) на узлах комплексов и надежности функционирования как грид-служб, так и специализированного программного обеспечения для реконструкции и анализа событий, зарегистрированных детектором CMS. Обсуждаются степень готовности ВК ЛИТ ОИЯИ и ННЦ ХФТИ к запуску LHC и получению первых физических данных, а также результаты крупномасштабных тестов CMS по проверке грид-инфраструктуры эксперимента.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Национальной академии наук Украины (НАНУ), выделенными на основании конкурса совместных научных проектов РФФИ и НАНУ на 2008-2009 гг. (проект РФФИ № 08-07-90410-Укр\_а и договор НАНУ № 36/30-2008).

П1.02. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ИТФ им.А.И. АХИЕЗЕРА ННЦ  
ХФТИ

*А.Ю. Корчин*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В докладе содержится обзор основных направлений исследований по физике высоких энергий, которые развиваются в ИТФ им. А.И. Ахиезера. В частности, рассмотрены:

- Образование мезонов, барионов и фотонов в процессах электрон-позитронной аннигиляции. Развитие подходов и моделей, основанных на низкоэнергетическом пределе Стандартной Модели. Построение моделей для адронных распадов тау-лептона и вычисление ширин распадов. Взаимосвязь с процессами электрон-позитронной аннигиляции в адроны и изучение точности закона сохранения векторного тока.

- Теоретическая поддержка экспериментов PRIMEX, проводимых в Лаборатории им. Джефферсона (TJNAF, USA) по высокоточному измерению времени жизни псевдоскалярных мезонов в эффекте Примакова. Вычисления сечений рождения электрон-позитронных пар на ядрах и комптоновского рассеяния на электроны при энергиях фотонов 5...10 ГэВ.

- Исследования и моделирование процессов образования тяжелых кварков (чарм, боттом, топ), связанных состояний кварков и В-мезонов (В-барионов) в адрон-адронных столкновениях на большом адронном коллайдере в ЦЕРНе. Изучение проявления цветовой симметрии КХД в спектрах В-мезонов.

Содержится краткий обзор и других направлений.

## **Секция 1. Фундаментальные исследования при промежуточных и высоких энергиях**

### **С1.01. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ НА КОЛЛАЙДЕРЕ LHC**

*Ю.М. Малюта, Т.В. Обиход*

*Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

Работа посвящена исследованию фазовых переходов микроскопических черных дыр в контексте теории D-бран и суперструн. Микроскопическая черная дыра интерпретируется как квазимолекулярная структура, состоящая из двух D-бран, соединенных суперструной. Если суперструна тахионная, то черная дыра стабильна. В противном случае происходит распад черной дыры. Для конкретных примеров вычислены стенки стабильности и описаны фазовые переходы через них.

Полученные результаты важны с экспериментальной точки зрения, так как они связаны с поисками микроскопических черных дыр в коллаборации ATLAS на коллайдере LHC.

1. P.S. Aspinwall. D-branes on toric Calabi-Yau varieties // *arXiv*: 0806.2612 [hep-th].

2. S.B. Giddings, M.L. Mangano. Comments on claimed risk from metastable black holes // *arXiv*: 0808.4087 [hep-ph].

### **С1.02. МЕЗОН-НУКЛОННАЯ СИСТЕМА С НЕЛОКАЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ. ОДЕТЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ГРУППЫ ПУАНКАРЕ**

*П.А. Фролов, В.Ю. Корда*

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

В мезон-нуклонной системе произведено нелокальное расширение трилинейного взаимодействия типа Юкавы с псевдоскалярной связью в импульсном пространстве путем введения в каждую вершину взаимодействия вещественных Лоренц-скалярных обрезающих функций (форм-факторов). С помощью алгебраического подхода, аналогичного [1], генераторы Лоренц-бустов выведены из коммутационных соотношений алгебры группы Пуанкаре в мгновенной форме релятивистской динамики. Метод унитарных одевающих преобразований [2,3] применен к оператору Гамильтона с исследуемым нелокальным взаимодействием. С помощью алгебраического подхода генераторы бустов выведены из коммутационных соотношений алгебры группы Пуанкаре, что автоматически обеспечивает релятивистскую инвариантность теории после процедуры одевания.

1. H.Kita // *Prog. Theor. Phys.* 1966, v. 35, p. 934; 1968, v. 39, p. 1332; 1970, v. 43, p. 1364; 1972, v. 47, p. 2140; 1972, v. 48, p. 2422.

2. A.V. Shebeko, M.I. Shirokov // *Phys. Part. Nucl.* 2001, v. 32, p. 31.

3. V.Yu. Korda, L. Canton, A.V. Shebeko // *Ann. Phys.* 2007, v. 322, p. 736.

### С1.03. МОДЕЛЬНО-НЕЗАВИСИМЫЙ АНАЛИЗ ЭЙРИ-СТРУКТУР В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЯХ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$ И $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ ПРИ ЭНЕРГИЯХ 13...22 МэВ/НУКЛОН

*А.С. Молев, В.Ю. Корда, Л.П. Корда, В.Ф. Клепиков*  
*Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины,*  
*г.Харьков*

С помощью модельно-независимого подхода [1], основанного на формализме матрицы рассеяния с применением эволюционного алгоритма, проанализированы угловые зависимости дифференциальных сечений упругого рассеяния  $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$  в области энергий налетающих ядер 13...22 МэВ/нуклон. Использованный S-матричный подход позволяет извлекать ядерную часть матрицы рассеяния как комплексную функцию орбитального момента непосредственно из имеющихся экспериментальных данных о ядро-ядерном рассеянии. Показано, что количественное описание рассмотренных сечений  $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$ - и  $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ -рассеяния обеспечивается использованием модуля матрицы рассеяния (мнимой части ядерной фазы) и действительной части ядерной фазы, являющимися плавными монотонными функциями орбитального момента.

1. V.Yu. Korda, A.S. Molev, L.P. Korda // *Phys. Rev.* 2005, v. C72, p. 014611.

### С1.04. СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И РАСШИРЕННАЯ СУПЕРСИММЕТРИЧНАЯ КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

*В.П. Березовой, Г.И. Ивашкевич*  
*Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Одним из основных уравнений для описания динамики стохастических систем является уравнение Фоккера-Планка (ФП). Хорошо известна связь уравнения ФП с гамильтонианом  $N=2$  суперсимметричной квантовой механики (СКМ) [1], что позволяет использовать ее аппарат для получения точных решений и связей для различных стохастических моделей.

В рамках расширенной  $N=4$  СКМ [2] предложен метод получения новых существенно-нелинейных точнорешаемых стохастических моделей, плотности вероятностей которых имеют сходную временную зависимость. Отличительной особенностью этого подхода является наличие параметрического произвола в получаемых моделях, что позволяет в широком диапазоне изменять форму входящих в уравнение Ланжевена потенциалов. Для Ornstein-Uhlenbeck процесса получены семейства новых нелинейных стохастических моделей и вычислены соответствующие плотности вероятностей. Предложенный подход позволяет использовать многообразие точнорешаемых квантово-механических потенциалов для получения новых моделей стохастических систем.

Работа поддержана грантами INTAS (2006-7928) и НАНУ-РФФИ № 38/50-2008.

1. H. Risken. The Fokker-Plank Equation. Methods of Solutions and Applications. New York: Springer, 1999, 472 p.

2. В.П. Березовой, А.И. Пашнев // *ТМФ* 1988, т. 74, с. 392.

#### C1.05. СИГНАЛИ КВАРК-ГЛЮОННОЇ ПЛАЗМИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ СВМ

*М.С. Борисова*

*Інститут ядерних досліджень НАН України, м.Київ*

Дослідження фазової діаграми Квантової хромодинаміки в області дуже високих хімічних баріонних потенціалів будуть проведені в рамках експерименту СВМ (Compressed Baryonic Matter) на базі майбутнього прискорювача SIS-300 (проект FAIR, GSI). Головними напрямками досліджень експериментальної програми СВМ є визначення ядерного рівняння стану при високих баріонних густинах, пошук фазового переходу першого роду від адронної до партонної речовини та визначення місцеположення критичної точки на фазовій діаграмі. Експеримент СВМ як експеримент наступного покоління буде оснащений швидкими детекторами з високою роздільною здатністю. Експеримент представить виміри з адронних та лептонних каналів. В роботі представлено дизайн детектора СВМ, аналіз сигналів переходу деконфайнмента та обговорюється знаходження експериментальних спостережуваних величин, підходящих в якості діагностичних проб кварк-глюонної плазми.

#### C1.06. РЕДЖЕЗАЦІЯ В РАССЕЙАНИИ КВАРКА НА КВАРКЕ НАЗАД ПРИ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

*Н.В. Бондаренко*

*ІНЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Обсуждаются вопросы реджезации в рассеянии кварка на кварке назад и результат Киர்шнера-Липатова в главном дважды логарифмическом приближении [1-3]. Формулируется интерпретация лестничной амплитуды в терминах волновых функций светового конуса в условиях рассеяния назад. Показано, что для барион-барионного рассеяния эффекты реджезации должны проявляться в полную силу начиная с 50 ГэВ.

1. R. Kirschner // *Yad. Fiz.* 1981, v. 34, p. 546; *Phys. Lett.* 1981, v. B98, p. 451.

2. R. Kirschner, L.N. Lipatov // *Zh.E.T.F.* 1982, v. 83, p. 488; *Phys. Rev.* 1982, v. D26, p. 1202; *Nucl. Phys.* 1983, B213, p. 122.

3. M.V. Bondarenko // *arXiv*: 0812.2886 [hep-ph].

### С1.07. ИЗВЛЕЧЕНИЕ УГЛОВ УНИТАРНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА ИЗ РАСПАДОВ $B_d^0 \rightarrow \check{D}^{*0} K^{*0}$ И $B_d^0 \rightarrow D^{*0} K^{*0}$

*В.А. Ковальчук*

*Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера НИЦ ХФТИ, г.Харьков*

Показано, что времени-зависимый угловой анализ каскадных распадов  $B_d^0(t) \rightarrow \check{D}^{*0}/D^{*0}(\rightarrow \check{D}^0/D^0(\rightarrow g)\pi^0)K^{*0}(\rightarrow K_S\pi^0)$ ,  $B_d^0(t) \rightarrow \check{D}^{*0}/D^{*0}(\rightarrow \check{D}^0/D^0(\rightarrow \check{g})\pi^0)K^{*0}(\rightarrow K_S\pi^0)$ ,  $B_d^0(t) \rightarrow \check{D}^{*0}/D^{*0}(\rightarrow \check{D}^0/D^0(\rightarrow g)\gamma)K^{*0}(\rightarrow K_S\pi^0)$ ,  $B_d^0(t) \rightarrow \check{D}^{*0}/D^{*0}(\rightarrow \check{D}^0/D^0(\rightarrow \check{g})\gamma)K^{*0}(\rightarrow K_S\pi^0)$ , где  $g \equiv K^{*+}K^-$  ( $\check{g} \equiv K^{*+}K^+$ ), позволит определить слабую фазу  $\gamma$  и угол  $\alpha$  унитарного треугольника без теоретических неопределенностей, а также амплитуды переходов  $B_d^0 \rightarrow \check{D}^{*0}K^{*0}$  и  $B_d^0 \rightarrow D^{*0}K^{*0}$ .

### С1.08. ОБРАЗОВАНИЕ ПАР ГЛЮОНОВ В КВАНТОВОЙ ХРОМОДИНАМИКЕ

*Н.В. Крупина<sup>1</sup>, А.Ю. Корчин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина;*  
<sup>2</sup>*НИЦ "Харьковский физико-технический институт"*

Процесс образования пары глюонов при столкновении кварка и антикварка и обратный процесс образования кварк-антикварковой пары при столкновении двух глюонов рассчитаны в рамках пертурбативной КХД. Получены и проанализированы дифференциальные и полные сечения данных реакций. Показано, что пренебрежение массой кварков в кварковых пропагаторах приводит к возникновению в выражениях для дифференциальных сечений коллинеарных расходимостей или массовых сингулярностей (при углах рассеяния  $\theta = 0$  и  $\theta = \pi$ ), что в свою очередь приводит к расходящимся полным сечениям. При учете масс кварков полные сечения процессов логарифмически зависят от массы кварка,  $\sigma \sim s^{-1} \ln(s/m_q^2)$ , что отражает вышеупомянутую массовую сингулярность. Как и ожидалось, полные сечения уменьшаются с увеличением энергии кварка.

### С1.09. СМЕШАННЫЕ СПИНОВЫЕ СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ (Qq)

*И.И. Гайсак<sup>1</sup>, В.И. Жаб<sup>1</sup>, П. Мури<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ужгородский национальный университет, г.Ужгород, Украина;*  
<sup>2</sup>*Университет П.Й. Шафарика, г.Кошице, Словакия*

В рамках потенциальной модели получена система дифференциальных уравнений для описания смешанных спиновых состояний в qQ-системах. Смешивание синглетной и триплетной спиновых компонент обусловлено антисимметричной спин-орбитальной составляющей потенциала кварк-кварковых взаимодействий. Полученная система уравнений является аналогом хорошо известным уравнениям для волновой функции дейтрона,

которая имеет две орбитальные компоненты благодаря тензорным нуклон-нуклонным силам. Приводятся результаты численных решений задачи на связанные состояния для странных мезонов. В качестве кварк-кваркового потенциала взят корнельский потенциал со смешанной Лоренц-структурой. Для модельного потенциала, содержащего только кулонову компоненту, найдено точное решение. Проводится анализ спектра и волновых функций модели с точным решением и численными расчетами для реалистичного потенциала.

#### С1.10. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОЇ СТРУКТУРИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ПАРНО-ПАРНИХ ЯДЕР В АДІАБАТИЧНОМУ НАБЛИЖЕННІ

*Р.М. Плекан, В.Ю. Пойда, І.В. Хіміч*

*Ужгородський національний університет, м.Ужгород*

У рамках адіабатичної тричастинкової моделі ядра [1-3] проведено теоретичний опис стаціонарних станів парно-парного ядра, що моделюється як система, що складається із відповідного остова і двох валентних нуклонів. В основі запропонованої моделі лежить припущення про адіабатичний характер корельованого руху валентних нуклонів у ядрі.

Ефективність адіабатичного наближення проілюстрована на прикладі чисельних розрахунків енергетичного спектру низьколежачих збуджених станів цілого ряду парно-парних ядер та відповідних енергій спарювання валентних нуклонів. З'ясовано, що за рахунок залишкової взаємодії валентних нуклонів має місце тонка структура енергетичного спектру  $E(J)$  по сумарному кутовому моменту ядра.

1. М.М. Капустей, Р.М. Плекан, В.Ю. Пойда, І.В. Хіміч // *УФЖ*. 2001, т. 46, с. 524.
2. I.V. Khimich, R.M. Plekan, V.Yu. Pojda // *Rad. Phys. Chem.* 2003, т. 68, с. 159.
3. Р.М. Плекан, В.Ю. Пойда, І.В. Хіміч // *УФЖ*. 2004, т. 49, с. 743.

#### С1.11. УДАЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS (ЦЕРН) В СРЕДЕ WLCG

*С.Т. Лукьяненко, Л.Г. Левчук*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики НИЦ ХФТИ, г.Харьков*

Анализ данных с коллайдера LHC (ЦЕРН) будет осуществляться распределенно на основе грид-технологий, используя ресурсы “всемирного LHC-грид” (WLCG). В эксперименте CMS такой анализ предполагается выполнять при помощи программного комплекса “CMS Remote Analysis Builder” (CRAB), который представляет собой связующее звено между пользовательской программой анализа, запущенной с локального вычислительного узла (принадлежащего, например, вычислительному

комплексу ННЦ ХФТИ), и удаленными данными. Показана структура основных конфигурационных файлов, позволяющих запустить задачу, реализующую некоторый алгоритм анализа, на определенный вычислительный узел WLCG, имеющий массив необходимых для данного анализа данных. Рассмотрена система мониторинга задач в среде WLCG, отправленных при помощи CRAB. В качестве примера использования CRAB рассмотрен анализ наборов данных, полученных методом Монте-Карло в сеансах массовой генерации событий, с целью выделения массивного бозона Хиггса по его распадам  $H^0 \rightarrow Z^0 Z^0 \rightarrow e^+ e^- (\mu^+ \mu^-) + \nu^2 \nu$ .

### С1.12. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕАКЦИИ $^{16}\text{O}(\gamma, 4\alpha)$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХ- И ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫХ ФЕЙНМАНОВСКИХ ДИАГРАММ

*В.Н. Гурьев*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г. Харьков*

Проведен анализ механизма реакции  $^{16}\text{O}(\gamma, 4\alpha)$  в области энергий фотонов 15...45 МэВ в приближении трех- и четырехугольных фейнмановских диаграмм при взаимодействии фотонов с кластерами ядер  $^8\text{Be}$  и  $^{12}\text{C}$ . Получены формулы для расчета положения резонансов в энергетической зависимости полных сечений реакции с учетом особенностей амплитуд четырехугольных диаграмм и спектров возбуждения ядер  $^8\text{Be}$  и  $^{12}\text{C}$ . Проведенные по ним оценки согласуются с экспериментальными данными, полученными с использованием фотоэмульсий на пучках тормозных фотонов. Рассмотрена возможность проявления корневых особенностей треугольных диаграмм в виде “призраков” ядер  $^8\text{Be}$ ,  $^8\text{Be}^*$  и  $^{12}\text{C}^*$  в системах возбуждения  $2\alpha$ - и  $3\alpha$ -частиц в конечном состоянии. Проведены расчеты энергетических зависимостей  $\alpha$ -частиц в фотонных вершинах треугольных  $^8\text{Be}$  и  $^{12}\text{C}$  диаграмм, которые свидетельствуют о возможном вкладе также парциального канала  $^{16}\text{O}(\gamma, 2 \cdot ^8\text{Be}) 2 \cdot ^8\text{Be}$ .

### С1.13. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНОГО ТРАКТА СИСТЕМЫ НАКАЧКИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ПРОТОННОЙ МИШЕНИ ЭКСПЕРИМЕНТА СПАСЧАРМ

*А.А. Беляев, А.А. Луханин*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г. Харьков*

Разработан и изготовлен стенд в ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ для исследования характеристик элементов волноводного тракта диапазона 70 ГГц, состоящий из высокочастотного генератора мощностью 100 мВт, модулятора высокочастотной мощности, измерительного и развязывающего аттенуаторов, измерительной линии P1-40, селективного микровольтметра и



других приборов. Проведены измерения коэффициентов затухания в волноводах, изготовленных из материалов с малой теплопроводностью в области сверхнизких температур, для передачи ВЧ мощности на основных типах волн в круглых и прямоугольных волноводах. Предложен волноводный тракт для системы накачки поляризации поляризованной протонной мишени эксперимента СПАСЧАРМ (г.Протвино, Россия), с малой теплопроводностью и полным коэффициентом затухания ВЧ мощности не более 5.3 дБ.

Работа выполнена при поддержке гранта № 37/30 совместного проекта НАН Украины и Российского фонда фундаментальных исследований.

#### С1.14. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $\alpha$ -ЧАСТИЦ В РЕАКЦИИ $^{12}\text{C}(\gamma,3\alpha)$

*С.Н. Афанасьев*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

При экспериментальном исследовании реакции полного  $\alpha$ -частичного фоторасщепления ядра углерода определено, что реакция идет с образованием на промежуточном этапе ядра  $^8\text{Be}$  в основном или возбужденном состояниях –  $^{12}\text{C}(\gamma,\alpha)^8\text{Be}^*$ . Построены экспериментальные угловые распределения в системе центра ядра  $^8\text{Be}$  при образовании его в разных возбужденных состояниях и определены подгоночные функции. Полученные результаты согласуются с данными расчетов распада  $^8\text{Be}(J^\pi) \rightarrow 2\alpha(0^+)$ .

Измерены парциальные сечения каналов образования ядра  $^8\text{Be}$  [1]. Обнаружено, что образование возбужденных состояний ядра  $^8\text{Be}$  происходит в узких интервалах энергии  $\gamma$ -кванта, а парциальные сечения имеют резонансную форму, что может свидетельствовать об образовании составного ядра  $^{12}\text{C}^*$ . В предположении модели образования составного ядра  $^{12}\text{C}$  выполнен анализ экспериментальных распределений по кинетической энергии в рамках диаграмм Далитца. Сравнение с расчетом [2] позволило определить квантовые числа соответствующих уровней ядра  $^{12}\text{C} J_0^\pi$ .

Измерены угловые распределения  $\alpha$ -частицы в процессе  $^{12}\text{C}(J_0^\pi) \rightarrow \alpha(0^+) + ^8\text{Be}(J^\pi)$ . Полученные распределения подогнаны полиномами Лежандра. Выполнен расчет вида угловых распределений  $\alpha$ -частицы исследуемого процесса. Не удалось обнаружить амплитуду, согласующуюся с экспериментом. Можно сделать вывод о том, что процесс образования составного ядра  $^{12}\text{C}^*$  не является доминирующим.

1. С.Н. Афанасьев, А.Ф. Ходячих // *Ядерная физика* 2008, т. 71, с. 1859-1869.

2. C. Jacquot, Y. Sakamoto, M. Jung, L. Girardin // *Nucl. Phys. A* 1973. v. 201, p. 247-263.

## С1.15. МНОГОЧАСТИЧНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ЯДРА ${}^4\text{He}$ ЛИНЕЙНО ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ ФОТОНАМИ

*Д.В. Гуцин, И.В. Догюст*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

В связи с проектированием магнитного спектрометра со стримерной камерой с цифровым съемом информации и с целью дальнейшего исследования фотоядерных процессов на поляризованных пучках фотонов проведены методические работы по возможности изучения реакций  ${}^4\text{He}(\gamma, \text{pn})$ . Обработаны полученные ранее методом стримерной камеры на линейно поляризованном пучке фотонов с энергией в пике 40, 60 и 80 МэВ события с выходом протон-нейтронных пар. Получена зависимость сечения реакции  ${}^4\text{He}(\gamma, \text{pn})$  от энергии  $\gamma$ -квантов. Пучок линейно поляризованных фотонов получался в результате когерентного тормозного излучения (КТИ) пучка электронов в монокристаллической мишени. В отличие от экспериментальных данных на неполяризованных пучках фотонов, в которых угловые распределения по азимутальному углу изотропны, в случае линейно поляризованных  $\gamma$ -квантов подобные зависимости представляют интерес. Приведены угловые распределения продуктов реакции  ${}^4\text{He}(\gamma, \text{pn})$  при энергиях  $\gamma$ -квантов 40 и 60 МэВ.

## С1.16. СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКСПЕРИМЕНТУ МАГНИТНОГО СПЕКТРОМЕТРА НА БАЗЕ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ С ЦИФРОВЫМ СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ НА ВЫХОДЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛУЭ-360

*С.Н. Афанасьев, А.Л. Беспалов, Е.С. Горбенко, Д.В. Гуцин,  
И.В. Догюст, Ю.В. Жебровский, А.А. Зыбалов, Р.Т. Муртазин,  
В.Ф. Попов, П.В. Сорокин, А.Ф. Ходячих*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

С целью исследования многочастичных фотоядерных реакций при энергии  $\gamma$ -квантов до 60 МэВ создается экспериментальный комплекс на базе трекового 4л-детектора в магнитном поле с быстрым цифровым съемом информации.

Произведена модернизация магнитного спектрометра со стримерной камерой (СК): изменено размещение основных узлов магнитного спектрометра; проведены восстановительно-наладочные работы генератора импульсов высокого напряжения (ГИН); изготовлены новое формирующее устройство для формирования высоковольтных импульсов, новые корпус и электроды СК, новый делитель напряжения для контроля параметров высоковольтного импульса; реконструирована, отлажена и испытана система газообеспечения СК; сконструирован, изготовлен и отлажен телескоп сцинтиляционных счетчиков, построенных на базе сцинтиляционных тайлов

со светопередачей по шифтерным волокнам для запуска СК от космических частиц для проведения наладочных работ на спектрометре.

Разрабатывается система фотографирования рабочей области СК. Съемка будет производиться стереофотоаппаратом с тремя синхронизированными цифровыми камерами, находящимися в вершинах равностороннего треугольника. Проведен поиск и сравнительный анализ цифровых систем фотографирования. Создан стенд для анализа и расчета оптических констант стереофотоаппарата. Разработан алгоритм вычисления положения центра оптической оси и распределения дисторсии. Исследовано влияние электрического и магнитного полей на работоспособность тестовой фотокамеры. Разрабатываются программы для обработки цифровых файлов изображений и локализации треков.

### **С1.17. ОБМЕН ДАННЫМИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS И РАБОТА КОМПЛЕКСА PHEDEX НА КЛАСТЕРЕ ННЦ ХФТИ**

*О.О. Бунецкий, С.С. Зуб, А.С. Приставка, Д.В. Сорока, П.В. Сорокин  
Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Обсуждаются вопросы передачи данных в эксперименте CMS и сертификации (commissioning) канала связи кластера ННЦ ХФТИ. Дается классификация трансфертных ссылок между ярусами CMS/WLCG инфраструктуры, которые используются для диагностирования различных уровней готовности центра к сертификации. Оценивается надежность канала связи, работа хранилища данных (SE) и srm инфраструктуры (т.е. SRM, gfiр) вычислительного комплекса (ВК) ННЦ ХФТИ. Описывается процесс наладки службы PhEDEx и ее мониторинг в CMS. Приводятся примеры использования служб PhEDEx и SRM для обмена данными между хранилищем данных ВК ННЦ ХФТИ и ЦЕРН.

### **С1.18. СТРУКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ННЦ ХФТИ: ЭЛЕКТРОННЫЙ КАТАЛОГ ОБОРУДОВАНИЯ**

*О.О. Бунецкий, С.С. Зуб, С.Т. Лукьяненко, Л.Г. Левчук,  
Д.В. Сорока, А.С. Приставка, П.В. Сорокин*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Вычислительный комплекс (ВК) ННЦ ХФТИ является многофункциональным. Помимо обслуживания задач пользователей ННЦ ХФТИ, он является, с одной стороны, региональным грид-центром для обработки и анализа экспериментальной информации с Большого адронного коллайдера (ЦЕРН), а с другой – узлом Украинского академического грида. В то же время ВК ННЦ ХФТИ является гетерогенным комплексом, объединяющим различные по своей архитектуре вычислительные узлы. Кроме того, часть этих узлов (как, например, узлы распределенного

хранилища данных с суммарной емкостью дисковых массивов ~45 ТБайт) выделена для выполнения серверных функций. Для систематизации информации по имеющемуся оборудованию ВК ННЦ ХФТИ разработан электронный каталог его аппаратных элементов. Для удобства пользования каталогом используется наглядный веб-интерфейс.

#### С1.19. МОНИТОРИНГ РАБОТЫ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВК ННЦ ХФТИ

*О.О. Бунецкий, С.С. Зуб, С.Т. Лукьяненко, Л.Г. Левчук,  
Д.В. Сорока, А.С. Приставка, П.В. Сорокин*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

На базе вычислительного комплекса (ВК) ННЦ ХФТИ создается региональный грид-центр для обработки и анализа данных эксперимента CMS (ЦЕРН). Выполнение этой задачи требует обеспечения высокой надежности узлов ВК и его сетевой инфраструктуры. При этом особое значение имеет постоянный мониторинг качества электропитания и температуры окружающей среды в помещении ВК ННЦ ХФТИ. Такой мониторинг осуществляется с использованием возможностей источников бесперебойного питания (ИБП) APC Smart UPS RT 5000. Обсуждается система контроля целостности жестких дисков в RAID массивах дискового хранилища данных. Также приводятся особенности конфигурации систем оповещения о работе структурных элементов ВК ННЦ ХФТИ.

Работа поддержана грантом молодых ученых НАН Украины 2007-2008 гг.

#### С1.20. ТЕСТИРОВАНИЕ ОПТОВОЛОКОННОГО КАНАЛА МЕЖДУ ВК ННЦ ХФТИ И ЦЕРН

*С.С. Зуб, В.И. Косинов, П.Р. Пелех, А.А. Раздольский, Д.В. Сорока  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Приведены результаты измерения пропускной способности канала, временной стабильности и потерь информации при различных уровнях его ограничения в интервале до 1 Гбит/с.

## Секция 2. Ядерно-физические методы в смежных науках

### С2.01. ВЛИЯНИЕ КЛИНОПТИЛОЛИТА НА ВЫВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДА $^{137}\text{Cs}$ ИЗ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ

*А.Ю. Лонин*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

В результате Чернобыльской аварии произошло загрязнение окружающей среды долгоживущими радионуклидами. На пострадавших территориях, которые не вышли из хозяйственного оборота, а это составляет порядка 93% от всей загрязненной территории, продолжают жить и работать люди. На данный момент радионуклиды могут накапливаться в продуктах питания и воде. Поэтому возникает угроза внутреннего радиоактивного облучения. Создание профилактических средств является одним из основных решений возникшей проблемы.

Клиноптилолит характеризуется своей полной нетоксичностью и дешевизной, что значительно упрощает вопросы обеспечения населения профилактическими средствами для выведения радионуклидов из организма.

Опыты *in vivo* проводились с целью определения времени введения клиноптилолита (за 4 дня до введения цезия-137 и непосредственно после введения цезия-137) и определения наиболее оптимальной дозы.

На протяжении всего эксперимента производилась регистрация радиоактивности подопытных животных при помощи гамма-анализатора с германий-литиевым детектором большого объема.

### С2.02. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЮЩИХ ДЕЗАКТИВИРУЮЩИХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА АЭС

*А.Ю. Лонин<sup>1</sup>, А.П. Красноперова<sup>2</sup>, Г.Д. Юхно<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики  
ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

Целью работы было проведение сравнительного анализа моющих дезактивирующих средств, используемых на АЭС Украины и России. В качестве объектов исследований были выбраны следующие моющие дезактивирующие средства: “Защита” (Россия), комплексообразующая рецептура ДЕЗ-1 (Россия), “АБСП” ДЕЗ-1-5 (Украина), “ЩИТ-С2” (Украина), а также моющее средство для дезактивации на основе цеолитов разработки ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ и ХНУ им.В.Н. Каразина.

В ходе работы определялись основные технические характеристики моющих дезактивирующих средств (коэффициент дезактивации, наличие абразивного эффекта). Дезактивирующую активность моющих средств определяли в отношении радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Полученные результаты свидетельствуют о том, что моющее средство для дезактивации

на основе цеолитов обладает более высокими значениями коэффициента для дезактивации. Моющее средство для дезактивации на основе цеолитов характеризуется отсутствием абразивного эффекта.

### C2.03. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

*А.Е. Лагутин<sup>1</sup>, Е.А. Городецкая<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup>Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, г.Минск;*

*<sup>2</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г.Минск*

Принципиально важная особенность сектора бионанотехнологий – их междисциплинарность, требующая объединения усилий биологов, физиков, химиков, медиков. Использование нетрадиционных плазменно-пучковых методов приводит к стимуляции витальности семян коллекции ЦБС НАН Беларуси, снижению микробиологической зараженности поверхности, повышению их всхожести. Речь идет о влиянии на такой важный параметр как фитобиологическое состояние, установлении зависимости приобретаемых семенами специфических свойств от условий обработки, оценке экологических рисков, возникающих в связи с развитием сектора. Кроме того, можно ожидать, что применение этих методов позволит решать и фундаментальные биологические задачи. Полученные результаты сравниваются с результатами работ других авторов.

### C2.04. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $\beta$ -ДИКЕТОНОВ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ

*В.А. Бочаров<sup>1</sup>, В.А. Цымбал<sup>1</sup>, И.В. Корнус<sup>2</sup>, В.В. Мельник<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Научно-исследовательский комплекс “Ускоритель” ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*

Для применения  $\beta$ -дикетонатов в качестве хелатирующих агентов при экстракционном выделении медицинских изотопов необходимо полное изучение их свойств: кислотно-основных (поскольку  $\beta$ -дикетонаты являются слабыми кислотами), активности молекул и анионов, таутомерного равновесия, растворимости  $\beta$ -дикетонатов металлов. Енольная форма  $\beta$ -дикетоната является наиболее реакционноспособной и определяет кислотно-основные свойства, а также вступает во взаимодействие с ионами металлов. Поскольку все реакции  $\beta$ -дикетонатов в водных растворах проходят в присутствии нейтральных солей, большинство наших исследований проведено при значениях ионной силы от 0,1 до 3,0 на различных солевых фонах. Хлориды и нитраты щелочных металлов обладают высаливающим действием на молекулы и ионы  $\beta$ -дикетонатов, всаливающим действием обладает перхлорат натрия. Для оценки поведения  $\beta$ -дикетонатов и  $\beta$ -дикетонатов в сверхкритическом углекислом газе изучали распределение ацетилацетона между водными растворами фоновых солей и нормальным

гексаном, растворимость ацетилацетонатов меди и цинка в воде, гексане, а также в других органических растворителях. В результате изучения таутомерного равновесия ацетилацетона и растворимости ацетилацетонатов установлено, что наибольшим высаливающим действием на хелатные (циклические) структуры обладает хлорид калия, тогда как на молекулы ацетилацетона наибольшим высаливающим действием обладает хлорид натрия. Экспериментальные данные по константам протонирования анионов, коэффициентам активности, растворимости аппроксимированы полиномами, включающими значения ионной силы в степени  $1/3$  и  $2$ .

## С2.05. ПРЕДИКАТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

*М.В. Стец*

*Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород*

Непредикативность (НП) метрологии в прикладной ядерной гамма-спектрометрии (ПЯГС) следует из НП метрологии (для измерения признака  $A$  необходимо знание признака  $A$ ) в целом. Предполагается, однако, что НП метрологии в целом условна, так как ее задачей, по определению, есть получение количественных характеристик признака  $A$ , который уже распознан некоторой внешней системой. В ПЯГС такой системой могут быть относительные эффективности ТВ регистрации гамма-квантов в аппаратурных гамма-спектрах (АГС) образцов.

Показано, что если есть последовательность АГС образца, вплоть до появления в АГС линий фоновых гамма-активных нуклидов (ГАН); есть возможность построения значений ТВ, как функций энергий гамма-квантов, тогда есть возможность построения асимптоты, связывающей значения ТВ образца с абсолютными значениями ТВ стандартов гамма-излучения, в АГС которых есть линии хотя бы одного фонового ГАН образца.

Определенные таким образом ТВ для каждого АГС включают в себя произведение различных коэффициентов  $B$ , учитывающих самопоглощение, просчеты, совпадения и т.п., и, в конечном итоге, состав и форму. Поэтому рассмотренная здесь метрология ТВ в большинстве случаев предикативна.

## С2.06. ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ МОДЕЛИ

*М.В. Стец*

*Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород*

Рассматриваются модели гамма-спектрометрических лабораторий активационного анализа (АА), решающих аналитические проблемы (АП) в различных материальных средах и процессах. В системном подходе АП, как система, взаимодействует с экспериментальной системой (ЭС), создавая тем

самым надсистему – аналитическую проблемно–экспериментальную систему (АПЭС), входящую в множество {АПЭС}. Понятия АПЭС и {АПЭС} имеют аналоги в других моделях. В популяционной модели {АПЭС} - это популяция вычислительных моделей (систем уравнений АА); в логико-аксиоматическом подходе каждая АПЭС - система аксиом (входных данных и отношений) и теорем (результатов АА); в оптимизационных моделях {АПЭС} - это множество АПЭС–реализаций (единичных экспериментов) и их автооптимальных аналитических решений, определяющих направления эволюции лаборатории; в семантической модели, основанной на представлениях теории определений, {АПЭС}- множество операциональных детерминаций понятий (как системы усложняющихся экспериментальных знаний). Рассмотрение нескольких формальных моделей целесообразно для создания адекватной компьютерной модели.

## С2.07. ПРИКЛАДНАЯ ЯДЕРНАЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ АРТЕФАКТОВ

*М.В. Стец<sup>1</sup>, В.Т. Маслюк<sup>1</sup>, В.М. Бузаи<sup>2</sup>, О.М. Матьовка<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород;*

*<sup>2</sup>Ужгородский национальный университет, г.Ужгород*

Длительная практика прикладной ядерной гамма-спектрометрии (ПЯГС) образцов окружающей среды (в том числе образцов почв, глин и изделий из них) показывает, что их гамма-активность определяется в основном гамма-активными нуклидами (ГАН), входящими в ряды Th232, U235, U238, а также K40 и Cs137. При увеличении определенным образом систематизированной выборки проявляются и отличительные признаки.

Значения удельных гамма-активностей указанных ГАН, определенных в образцах керамических изделий различных типов (строительный кирпич, черепица, керамическая посуда), а также образцов почв и глин, использованы в статистических мерах сходства и различия, основанных на оценке гипотез. Рассмотрены возможности и ограничения ПЯГС керамических артефактов для решения некоторых задач идентификации и археологии.

## С2.08. РАДИОЭКОЛОГИЯ ГОРНЫХ РЕК КАРПАТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

*Н.И. Симканич, В.Т. Маслюк, О.А. Парлаз*

*Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород*

Представлены данные низкофоновых исследований содержания гамма-активных нуклидов (ГАН) рядов урана <sup>238</sup>U (<sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi, <sup>226</sup>Ra), тория <sup>232</sup>Th (<sup>212</sup>Pb, <sup>212</sup>Bi, <sup>228</sup>Ac, <sup>208</sup>Tl), а также <sup>40</sup>K и техногенного <sup>137</sup>Cs в донных отложениях 3-х из 5-ти наибольших рек Закарпатья: рр. Уж, Латорица и



Боржава. Расстояние между точками пробоотбора выбиралось в пределах 10...20 км, перепад высот по руслу рек составлял 200...300 м. Пробоотбор осуществлялся на протяжении 2006-2008 гг., предметом исследования были временные (сезонные) и пространственные корреляции удельного содержания генетически связанных ГАН указанных природных рядов, что важно для оценки роли и влияния геохимических [1] и техногенных факторов на их равновесие. Дополнительный анализ о степени равновесия ГАН дает многомерный корреляционный анализ данных радиоспектроскопических исследований. Обсуждается механизм сезонного самоочищения гор от тяжелых металлов и ГАН. Авторы благодарны Фронтасьевой М.В. за многочисленные консультации по теме работы.

1. Н.А. Титарева. Геохимия изотопов радиоактивных элементов (U, Th, Ra). <http://geo.web.ru/db/disser/view.html/mid=1171496>.

## С2.09. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

*Д.А. Бакланов, И.Е. Внуков, Ю.В. Жандармов, Р.А. Шатохин  
Белгородский государственный университет, г.Белгород, Россия*

Обсуждаются возможности использования механизмов излучения при осевом и плоскостном каналировании, параметрического рентгеновского излучения и дифрагированного тормозного излучения в совершенных и мозаичных кристаллах для медицинских приложений с учетом минимизации дозовых нагрузок и достижимых интенсивностей излучения для применения в маммографии, ангиографии по краю полосы фотопоглощения и других медицинских приложениях. Проведено сопоставление получаемых с помощью этих механизмов выходов излучения с требуемыми для практического использования. Работа выполнена при частичной поддержке программы внутренних грантов БелГУ.

## С2.10. ЗАВИСИМОСТЬ РАДИОНУКЛИДНОЙ ЧИСТОТЫ МЕДИЦИНСКОГО ИЗОТОПА $^{99m}\text{Tc}$ , ПОЛУЧАЕМОГО В РЕАКЦИЯХ НА ПУЧКАХ ПРОТОНОВ, ОТ СТЕПЕНИ ОБОГАЩЕНИЯ МОЛИБДЕНОВОЙ МИШЕНИ ИЗОТОПОМ $^{100}\text{Mo}$

*Д.Ю. Баранков, В.А. Воронко, П.А. Демченко,  
Ю.Т. Петрусенко, В.В. Сотников  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В ближайшее время в ННЦ ХФТИ предполагается запуск изохронного циклотрона CV-28 с регулируемой энергией легких ионов (протоны, дейтроны, ионы гелия-3 и альфа-частицы). На циклотроне CV-28 можно нарабатывать как традиционные, так и перспективные медицинские

радиоизотопы. В настоящей работе на примере медицинского изотопа Тс-99m (для регионального использования) и радионуклида-генератора Мо-99-Тс-99m отработана методика оценки возможности получения на циклотроне CV-28 радиоизотопов с заданной радиохимической чистотой и выбора оптимальных условий их производства (тип ускоряемых частиц, выбор оптимальной энергии, длительность облучения, требуемая степень обогащения мишеней). В частности, показано, что на циклотроне CV-28 возможно получение радиопрепаратов  $^{99m}\text{Tc}$  на пучке протонов в количестве до 100 и более диагностических доз за смену (6 часов работы ускорителя), что представляется вполне достаточным для обеспечения потребностей Харьковского региона. Получение генератора технеция  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  в требуемых количествах на циклотроне CV-28 невозможно (ни на протонах, ни на дейтронах). Оптимальная энергия протонов для получения наиболее радиохимически чистого  $^{99m}\text{Tc}$  составляет  $\sim 21$  МэВ. Для получения  $^{99m}\text{Tc}$  на пучке протонов необходимо использовать обогащенные по  $^{100}\text{Mo}$  мишени. В зависимости от условий облучения и выделения  $^{99m}\text{Tc}$  степень обогащения должна быть не менее 55...80% (при энергии протонов  $\sim 21$  МэВ). Для получения большого количества препарата (длительное облучение мишени и использование в течение суток) степень обогащения должна быть не менее 80%. Отметим, что возможность использования мишеней с обогащением до 80% может уменьшить их стоимость по сравнению с более высокообогащенными мишенями, которые необходимо использовать при других энергиях протонов.

## С2.11. ОСОБЕННОСТИ ИЗОТОПНОГО ОТНОШЕНИЯ $^{44}\text{Ca}/^{48}\text{Ca}$ У ДЕТЕЙ С ДИСПЛАЗИЕЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

*Н.П. Дикий<sup>1</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>, Ю.В. Ляшко<sup>1</sup>, Е.П. Медведева<sup>1</sup>, Д.В. Медведев<sup>1</sup>,  
О.В. Охаткина<sup>3</sup>, В.Л. Уваров<sup>2</sup>, Т.В. Фролова<sup>3</sup>, И.Д. Федорец<sup>4</sup>, В.И. Боровлев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский комплекс "Ускоритель" ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

<sup>3</sup>*Харьковский национальный медицинский университет, г.Харьков;*

<sup>4</sup>*Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина, г.Харьков*

Дисплазия соединительной ткани (ДСТ) представляет собой аномалию тканевой структуры коллагена, что приводит к снижению прочности органов и систем. Целью работы являлось изучение кальциевого гомеостаза у детей с ДСТ и установление степени его нарушения. Увеличение или уменьшение примембранной концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  существенно изменяет внутриклеточные каскады управления и является наиболее ранним маркером оценки нарушений кальциевого гомеостаза. Поэтому для выяснения нарушений обмена кальция на клеточном уровне наиболее информативным является определение изотопного соотношения  $\text{Ca}^{44}/\text{Ca}^{48}$ . Анализ изотопного соотношения  $^{44}\text{Ca}/\text{Ca}^{48}$  в волосах проведен у 187 детей с ДСТ в возрасте

9...17 лет. Для определения соотношения  $^{44}\text{Ca}/\text{Ca}^{48}$  использовали ядерные реакции, вызванные тормозным излучением электронного ускорителя. Анализ структурно-функционального состояния костной ткани (СФС КТ) проводился с учетом показателей ультразвуковой денситометрии на аппарате "Sonost 2000".

При анализе показателей денситометрии установлено, что остеопеническая нарушения разной степени тяжести имеют 79,9% детей. У всех детей с ДСТ имело место снижение индекса  $^{44}\text{Ca}/\text{Ca}^{48}$  до 0,81 (норма 1,0). Установлено, что степень снижения индекса  $^{44}\text{Ca}/\text{Ca}^{48}$  находится в корреляционной зависимости от тяжести остеопенических нарушений ( $r=0,67$ ,  $p<0,001$ ). Обнаруженное нарушение кальциевого гомеостаза необходимо учитывать в комплексной программе лечения и реабилитации данного контингента больных, а именно, назначение препаратов магния и кальция позволит улучшить качество жизни данной группы пациентов.

## С2.12. СЕЛЕКТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ $^{67}\text{Cu}$ ИЗ ЦИНКА ПРИ ПОМОЩИ ДИАНТИПИРИЛПРОПИЛМЕТАНА

*Н.И. Айзацкий<sup>2</sup>, Н.П. Дикий<sup>1</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>, Ю.В. Ляшко<sup>1</sup>,  
Е.П. Медведева<sup>1</sup>, Д.В. Медведев<sup>1</sup>, В.Л. Уваров<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики  
ННЦ ХФТИ, г. Харьков;*

*<sup>2</sup>Научно-исследовательский комплекс "Ускоритель" ННЦ ХФТИ, г. Харьков*

Радионуклид  $^{67}\text{Cu}$  представляет значительный интерес для радиоиммунной терапии [1]. Экстракция органическими реагентами позволяет реализовать автоматизацию процесса выделения радиоактивного изотопа. Использование диантипирилпропилметана (ДАППМ) позволяет получить коэффициент распределения более  $10^3$  для меди и около  $10^4$  для цинка, что соответствует отношению цинка в исходном и конечном растворе  $10^{-7}$ . Разработана методика выделения  $^{67}\text{Cu}$  из сернокислого раствора (1 моль/л) цинка (2 моль/л) с добавлением йодистого калия (0,1 моль/л) при помощи ДАППМ (0,02 моль/л), растворенного в хлороформе.

В реэкстракте  $^{67}\text{Cu}$  при помощи фотометрического анализа с использованием дитизона было измерено содержание меди и цинка. Среднее содержание цинка в реэкстракте составило 0,1 мкг/мл, что соответствует его концентрации в растворе радиофармпрепарата  $3 \cdot 10^{-6}$ . Данная концентрация цинка позволяет использовать  $^{67}\text{Cu}$  для радиоиммунной терапии.

1. R. Schwarzbach, K. Zimmermann, P. Blauenstein, et al. // *Appl. Radiat. Isot.* 1995, v. 46, n. 5, p. 329-336.

## С2.13. ИЗУЧЕНИЕ ОКИСЛОВ РЗМ МЕТОДОМ АННИГИЛЯЦИИ ПОЗИТРОНОВ

*В.Д. Заболотный, Н.П. Дикий*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Измерено доплеровское уширение линий аннигиляции позитронов (ДУЛ) в порошках окислов редкоземельных металлов Ce, Eu, Gd, Yb, Lu. Изучена зависимость ДУЛ от состава окисла и его отжига. Известна чувствительность ДУЛ к импульсному распределению электронов, геометрии дефектов кристаллической решетки.

Для измерения ДУЛ была использована установка, состоящая из детектора на основе высокочистого Ge ( $D=14$  мм,  $U=900$  В) с предусилителем, усилителя “ORTEK-537”, аналого-цифрового преобразователя на 8192 канала и ПК. Энергетическое разрешение по линии  $^{137}\text{Cs}$  661.6 кэВ составило 1,75 кэВ при загрузке до 10 кГц. Отжиг порошков проводился в автоклаве при температуре 165°C в течение 1...4 часов. Для измерения спектров был использован источник позитронов  $^{22}\text{NaCl}$  (капля высушенного солевого раствора, нанесенная на майларовую фольгу в конверте из никеля). На две компоненты удалось разложить спектры для  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Lu}_2\text{O}_3$ . Не обнаружено заметного влияния заполнения электронами 4f-оболочки на доплеровское уширение линий, что позволяет утверждать о незначительной вероятности аннигиляции позитронов на электронах 4f-оболочки в редкоземельных металлах.

## С2.14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА ЛИТИЕВЫХ ПЕГМАТИТОВ УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЩИТА

*А.А. Вальтер<sup>3</sup>, Н.П. Дикий<sup>1</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>, Г.К. Ерёменко<sup>3</sup>,  
Ю.В. Ляшко<sup>1</sup>, Е.П. Медведева<sup>1</sup>, Д.В. Медведев<sup>1</sup>,  
В.Е. Сторижко<sup>3</sup>, В.Л. Уваров<sup>2</sup>, В.И. Боровлев<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики  
ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Научно-исследовательский комплекс “Ускоритель” ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>3</sup>Институт прикладной физики НАН Украины, г.Сумы*

Rb-Sr-датирование при помощи масс-спектрометрических определений и химической экстракции элементов позволило определить важные для планетологии и геологии временные рубежи ранней Солнечной системы и Земли. Нами были предложены [1] прямые ядерно-физические методы датирования, отличающиеся при несколько меньшей чувствительности и точности недеструктивностью и избирательностью определений.

Ядерные реакции  $^{87}\text{Sr}(e, e^-)^{87\text{m}}\text{Sr}$  и  $^{87}\text{Rb}(\gamma, n)^{86}\text{Rb}$  использовались для изучения возраста палеопротерозойских слюд (биотит и др.) месторождений Украинского щита. Использовались электроны с энергией 10 МэВ для

возбуждения  $^{87m}\text{Sr}$  и тормозное излучение с максимальной энергией 23 МэВ для определения содержания  $^{87}\text{Rb}$ . Интенсивность  $\gamma$ -линий и характеристического излучения от облученных образцов измерялась Ge(Li)-детектором ( $\Delta_{1/2}=3,2$  кэВ для 1333 кэВ) и детектором на основе сверхчистого Ge ( $\Delta_{1/2}=295$  эВ для 5,9 кэВ). Применялись эталоны  $\text{SrCO}_3$  естественного и обогащенного  $^{87}\text{Sr}$  изотопного состава и соединения Rb.

В образцах Rb-биотита Станковатского пегматитового литиевого месторождения (Шполяно-Ташлыкский рудный район, Кировоградская область) концентрация  $^{87}\text{Sr}$  и  $^{87}\text{Rb}$  изменялось в пределах 85,4...225,5 и 2290...7290 мкг/г соответственно, что отвечает возрасту пород  $(2,09...2,43) \cdot 10^9$  лет. Эти определения подтверждают более древний возраст щелочных пегматитов по сравнению с вмещающими гранитами  $((1,9...2,0) \cdot 10^9$  лет). Колебания значений возраста по современным представлениям отражает воздействие более молодых метасоматирующих растворов, участвующих в формировании вмещающих гранитов.

1. Н.П. Дикий, А.Н. Довбня, Ю.В. Ляшко и др. // *ВАНТ. Серия "Ядерно-физические исследования"*. 2004, № 5, с. 85-88.

## С2.15. ТРАНСПОРТ РАДИОАКТИВНОГО НАНОМАГНЕТИТА

### В ОПУХОЛЕВЫЕ КЛЕТКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Н.П. Дикий<sup>1</sup>, Ю.В. Ляшко<sup>1</sup>, Д.В. Медведев<sup>1</sup>, Е.П. Медведева<sup>1</sup>, И.Д. Федорец<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики*

*ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

Проведен анализ использования радиоактивного наномангнетита для концентрирования его в опухоли. Время полувыведения наномангнетита размером 9,4 нм в крови составляет около 7 мин [1]. Если при этом использовать магнитное поле, то время полувыведения при наличии градиента магнитного поля 1 Тл/м может составлять несколько часов [2]. Значительное влияние на процесс локализации наночастиц в опухоли оказывает концентрация магнетита [2]. Предлагается использовать наведенную активность  $^{53}\text{Fe}$  с  $T^{1/2}=8,53$  мин и максимальной энергией позитронов 2,5 МэВ, получаемую в реакции  $^{54}\text{Fe}(\gamma, n)^{53}\text{Fe}$  при помощи тормозного излучения электронного ускорителя, для транспорта наномангнетита в область опухоли при наложении магнитного поля. Использование магнитного поля с градиентом 0,1...2 Тл/м позволит концентрировать наночастицы магнетита размером меньше 20 нм в опухоли в течение нескольких периодов полураспада  $^{53}\text{Fe}$ .

1. L.M. Lacava, Z.G.M. Lacava, M.F. De Silva, et al. // *Biophys. J.* 2001, v. 80, p. 2483-2486.

2. W. Yuill, C.E. Seeney, J. Klostergaard // Abstracts 6<sup>th</sup> Int. Conf. "Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers", Krems, Austria, May 2006.

## С2.16. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ФОТООБРАЗОВАНИЯ $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ В ИНТЕНСИВНОМ ПУЧКЕ ТОРМОЗНЫХ $\gamma$ -КВАНТОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ СПЕКТРА 30 МэВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕСИ ИЗОТОПОВ ГАФНИЯ

*В.А. Бочаров, И.Г. Гончаров, А.Н. Довбня,  
С.С. Кандыбей, В.И. Нога, Ю.Н. Ранюк, О.С. Шевченко  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В работе [1] рассмотрена возможность фотообразования  $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ . Незадолго до этого нами был запланирован и проведен эксперимент по определению количественных характеристик образования изомера  $^{178\text{m}2}\text{Hf}$  в фотоядерных реакциях в области гигантского резонанса. Облучение проводилось на линейном импульсном ускорителе КУТ-20 НИК “Ускоритель” в течение 500 часов. Тормозное излучение генерировалось пучком электронов с энергией 30 МэВ и током 200 мкА в результате взаимодействия с вольфрамовой мишенью толщиной 0,4 см. Спектрометрический анализ облученного образца гафния проводился с помощью GeLi-спектрометра с энергетическим разрешением 2,5 кэВ для энергии 1333 кэВ. Из-за чрезмерно высокой активности образца первые измерения были проведены через 4 месяца после окончания облучения. В спектре доминировали линии радиоактивных изотопов гафния, образовавшихся в сопутствующих реакциях, поэтому пришлось сделать двухлетний перерыв с последующим радиохимическим отделением фракции гафния. Однако линии  $^{178\text{m}2}\text{Hf}$  в гафниевой фракции обнаружены не были. Анализ полученных спектров с привлечением данных об эффективности детектора и характеристиках распада свидетельствует о том, что если в облученной мишени и накопились атомы  $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ , то их меньше, чем  $4,5 \cdot 10^9$ . Изомерное отношение в эксперименте оказалось меньше  $1,6 \cdot 10^{-5}$ .

1. Б.С. Ишханов, И.А. Лютиков, С.И. Павлов // *Вестн. Моск. ун-та. Физ. астрон.* 2004, № 6, с. 25.

## С2.17. РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ГРАНИТОИДОВ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (РАО)

*Б.В. Бори, Е.П. Березняк, Э.П. Шевякова, Л.А. Саенко, П.Н. Бездверный  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Ранее были проведены эксперименты по воздействию различных видов излучения на отдельные минералы, составляющие гранитные породы с целью определения их радиационной устойчивости [1,2]. Изучены изменения, происходящие в их структуре при радиационном воздействии. Решение проблемы размещения РАО в природных гранитных массивах Украины

требует поиска критериев для оценки их радиационной стойкости. Установлено, что предельная доза внешнего облучения, которая может быть набрана в природных условиях на протяжении 1,5 миллионов лет, составляет  $\sim 3 \cdot 10^9$  рад [2-3]. Предложена схема проведения ускоренных лабораторных испытаний в условиях имитационного облучения электронами пяти разновидностей гранитоидов, различающихся по минералогическим и химическим особенностям. Проведены расчеты распределения поглощенной дозы и длины свободного пробега электронов по глубине в исследуемых горных породах. Энергии электронов будут превышать реальные, с целью ускоренного набора материалом требуемой поглощенной дозы. Полученные результаты послужат обоснованием для выбора наиболее перспективных разновидностей гранитоидных пород в качестве объектов при долговременном хранении РАО [3].

1. В.Б. Дубровский. Влияние облучения на свойства горных пород. Материалы и конструкции защиты ядерных установок. М. 1974, 220 с.

2. Э.П. Шевякова, Е.В. Лифшиц, Р.Ф. Поляшенко. О радиационной стойкости природных минералов различных структурных типов // *ВАНТ, сер. ФРП и РМ*. 1989, вып. 3(50), с. 81-85.

3. Э.В. Собонович, В.М. Шестопапов, Р.Л. Белевцев и др. Состояние проблемы захоронения радиоактивных отходов в Украине и геологические аспекты их изоляции // *Проблеми Чернобильської зони відчуження*. 1996, вип. 3, с. 5-15.

## С2.18. ИОННО-ФОТОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ

*И.А. Афанасьева, В.В. Бобков, С.П. Гокон<sup>1</sup>, В.В. Грицына,  
О.В. Сухоставец, Д.И. Шевченко*

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

*<sup>1</sup>ННЦ "Харьковский физико-технический институт"*

Представлены результаты исследования основных параметров ионно-фотонной эмиссии (спектральный состав, квантовый выход и пространственное распределение излучения отлетающих от поверхности возбужденных частиц) с целью выяснения процессов, приводящих к формированию возбужденных частиц при ионной бомбардировке органических красителей. Бомбардировка производилась ионами  $Ag^+$  с энергией 20 кэВ и плотностью тока  $10 \text{ мкА} \cdot \text{см}^{-2}$ . Эмиссионные спектры в области длин волн 250.0...800.0 нм регистрировались фотоэлектрической системой, работающей в режиме счета отдельных импульсов. В работе исследовались три типа мишеней: (1) жидкая мишень: глицерин и раствор в глицерине красителей, которые были нанесены на поверхность пористого графита; (2) мишень-таблетка, изготовленная из порошка красителей без каких-либо добавок; (3) насыщенный водный и спиртовой растворы

красителей, нанесенные на поверхность пористого графита и высушенные в вакууме. Определены механизмы, которые приводят к отлету возбужденных частиц при ионном облучении органических объектов.

## С2.19. МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В КЕРАМИКЕ ШПИНЕЛИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

*С.П. Гоков<sup>1</sup>, В.Т. Грицына<sup>2</sup>, В.И. Касилов<sup>1</sup>, С.С. Кочетов<sup>1</sup>, А.О. Москвитин<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”;  
<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина

Проведены исследования стабильных дефектов в магнийалюминиевой шпинели после облучения электронами с энергией 16 МэВ при плотности тока 2.5 мкА/см<sup>2</sup>. Интегральные дозы облучения составляли  $4.2 \cdot 10^{16}$ ,  $1.1 \cdot 10^{17}$  и  $3.3 \cdot 10^{17}$  электрон/см<sup>2</sup>. Тип и концентрация дефектов определялись по спектральному положению и интенсивности оптических полос поглощения, образовавшихся на решеточных дефектах кристаллов. Спектр поглощения содержит две широкие области поглощения: в видимой – с энергией фотонов 2...4 эВ и в УФ-области (энергия фотонов 4...6 эВ), которые, в свою очередь, представляются в виде суперпозиции ряда элементарных полос. Разложением спектров поглощения на составляющие гауссианы была выделена полоса при 2.8 эВ, обусловленная дырочными центрами на катионных вакансиях, и полоса при 3.8 эВ, идентифицированная с дырочными центрами на дефектах антиструктуры ( $Mg^{2+}_{Al}$ )<sup>0</sup>. В УФ-области спектров поглощения были выделены полосы при 4.15, 4.75 и 5.3 эВ, обусловленные электронными центрами на дефектах антиструктуры ( $Al^{3+}_{Mg}$ )<sup>0</sup> и анионных вакансиях с захватом одного (F<sup>+</sup>-центры) или двух электронов (F-центры) соответственно. В указанном интервале доз облучения концентрация дырочных центров (дефектов в катионной подрешетке) практически не изменилась, в то время как концентрация электронных центров (дефектов в анионной подрешетке) растет пропорционально дозе облучения. Используя полуэмпирическую формулу Смакулы, была определена максимальная концентрация F-центров, которая составила  $1.1 \cdot 10^{17}$  дефектов/см<sup>3</sup>. Таким образом, эффективность образования стабильных дефектов электронами с энергией 16 МэВ составила 0.33 дефекта/электрон. Анализируются процессы, приводящие к различной эффективности образования стабильных дефектов в катионной и анионной подрешетках шпинельной структуры.



## Пленарное заседание 2. Ядерно-физические исследования

### П2.01. КОРЕЛЯЦІЙНА СПЕКТРОСКОПІЯ РЕЗОНАНСІВ ЛЕГКИХ ЯДЕР. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Ю.М. Павленко, О.К. Горпинич*

*Інститут ядерних досліджень НАН України, м.Київ*

Наведено огляд результатів досліджень характеристик резонансів легких ядер в реакціях, у вихідних каналах яких утворюється три або більше кінцевих частинок. Основна увага приділяється результатам, отриманим із використанням методу кореляційної спектроскопії резонансів, який ґрунтується на реєстрації обох продуктів розпаду резонансів та сумуванні подій з однаковим відносним імпульсом. Такий підхід дозволяє ідентифікувати процеси розпаду резонансів в той чи інший канал як в тричастинкових реакціях, так і в реакціях з числом кінцевих продуктів  $n > 3$ . Аналізуються перспективи подальшого застосування кореляційних методів, зокрема для досліджень екзотичних нестабільних ядер, а також для визначення розподілу гілок розпаду резонансів.

### П2.02. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ВЫХОДЫ ОТНОШЕНИЙ АКТИВНОСТЕЙ ИЗОТОПОВ $^{239}\text{Pu}$ , $^{240}\text{Pu}$ И ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ $^{95}\text{Zr}$ , $^{103}\text{Ru}$ , $^{106}\text{Ru}$ , $^{141}\text{Ce}$ , $^{144}\text{Ce}$ ДЛЯ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧАЭС

*А.Н. Водин<sup>1</sup>, С.Н. Олейник<sup>1</sup>, Э.А. Рудак<sup>2</sup>, И.В. Ушаков<sup>1</sup>, О.И. Ячник<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, Украина;*

*<sup>2</sup>Институт физики НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь*

Для ближней зоны ЧАЭС (до 60 км от ЧАЭС) сделан сравнительный анализ экспериментальных спектров отношений активностей  $\rho = A(X_1)/A(X_2)$ , где  $X_1$  – жестко связанные с топливной матрицей осколки деления  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ;  $X_2$  – осколки деления с переменной «летучестью»  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ; изотопы плутония  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ . Показано, что в отношении жестко связанных с топливной матрицей осколков деления  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$  изотопы плутония и рутения ведут себя сходным образом, что подтверждает выводы ранних работ [1,2]. Работа поддержана грантами М/68-2008 МОН Украины и ГПФИ “Поля и частицы”, задание 32 Республики Беларусь.

1. И.А. Лебедев и др. // Труды 1-й Всесоюзной конференции “Радиационные аспекты Чернобыльской аварии”, т. 2, С.-П., 1993, с. 211.

2. И.А. Лебедев и др. // *Атомная энергия*. 1992, т. 72, вып. 6, с. 593.

## П2.03. ВЫСОКОПОРОГОВЫЕ ФОТОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ ВЫШЕ ЭНЕРГИИ ГИГАНТСКОГО ДИПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА

*А.Н. Водин*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г. Харьков*

Дан обзор исследований высокопороговых фотоядерных реакций с вылетом нескольких нуклонов в области граничной энергии тормозных гамма-квантов до 100 МэВ. Обсуждаются вопросы, связанные с изучением ядер, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности. Рассмотрены аспекты применимости данных по этим реакциям для прикладных задач.

## П2.04. ШВИДКІСТЬ АСТРОФІЗИЧНОЇ РЕАКЦІЇ $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$

*О.М. Водін<sup>1</sup>, І.В. Ушаков<sup>1</sup>, І.А. Шаповал<sup>2</sup>, Г.Е. Туллер<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики ННЦ ХФТІ, м.Харків;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет ім.В.М. Каразіна, м.Харків*

Експериментально виміряно переріз реакції  $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$  в області енергій протонів  $E_p = 1965 - 2190$  кеВ. Досліджено 15 резонансів, які відповідають рівням компаунд-ядра  $^{37}\text{Cl}$ . Для кожного з них визначено енергетичне положення та сила резонансу  $S$ . Крім того, для деяких резонансів було визначено спін  $J$  та повну радіаційну ширину  $\Gamma_\gamma$ . На основі цих даних було розраховано швидкість  $N_A \langle \sigma v \rangle$  реакції  $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ . Повний переріз реакції  $\sigma$  визначено як суму резонансних та нерезонансних внесків до механізму ядерної реакції. При цьому, внесок ізольованих та вузьких резонансів до повної швидкості реакції було розраховано згідно [1]. Показано, що внесок розглянутих резонансів до повної швидкості реакції  $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$  в інтервалі зоряних температур  $0,01 \dots 10 \cdot T_\odot$  є незначним. Проте, при температурах більше  $1,0 \cdot T_\odot$  він стає порівняним із внеском реакції  $^{36}\text{S}(p,\alpha)^{33}\text{P}$  до повної швидкості реакції протонів на ядрах  $^{36}\text{S}$ .

1. C. Iliadis et al. // *The Astrophysical J. Sup. Series*. 2001, v. 134, p. 151.

## П2.05. НУКЛЕОСИНТЕЗ В ЗВЕЗДАХ

*Е.А. Скаун*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Рассматриваются различные звездные сценарии образования встречающихся в природе изотопов. Особое внимание обращается на  $\gamma$ -процесс, в результате которого синтезировались так называемые  $p$ -ядра - ядра нейтронодефицитных стабильных изотопов с массовыми числами между  $A=74$  и  $A=196$ . Для моделирования этого процесса требуется достоверная информация по поперечным сечениям множества ядерных реакций и таким данным, как массы и времена жизни большого количества ядер. Измерения сечений  $(p,\gamma)$ - и  $(p,n)$ -реакций на ядрах среднего атомного веса начаты с использованием ускорителя Ван де Граафа ННЦ ХФТИ.

### **Секция 3. Структура ядра в реакциях на пучках протонов, нейтронов и легких ядер**

#### **С3.01. РОЛЬ ОБМЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРА ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ТУННЕЛИРОВАНИИ ИХ ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР, РАЗДЕЛЯЮЩИЙ ЭТИ ЧАСТИЦЫ**

*Л.С. Марценюк, С.П. Майданюк, В.С. Ольховский  
Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

Процессы взаимодействия между квантовыми объектами в ряде случаев можно достаточно точно аппроксимировать, представив потенциал взаимодействия в виде прямоугольного квантового барьера [1-3]. К числу вопросов, которые до настоящего времени вообще не исследовались, относится вопрос о влиянии обменного взаимодействия на процессы туннелирования частиц в поле прямоугольного потенциального барьера, теоретической разработке которого и посвящена настоящая работа. Было получено выражение для обменного интеграла  $V$  и проведен анализ зависимости  $V$  от параметров тождественных частиц и характеристик квантового барьера. Показано, что поскольку величина обменной энергии изменяет фазовые характеристики волновых функций, которые описывают процессы туннелирования, то обменные процессы при одновременном туннелировании тождественных частиц влияют на временные характеристики туннелирования.

1. Л. Ландау. Квантовая механика. М.: Наука, 1974, 750 с.
2. Д. Бом. Квантовая теория. М.: Наука, 1965, 727 с.
3. G. Privitera, G. Salesi, V.S. Olkhovsky, E. Recami. Tunnelling times: An elementary introduction // *Rivista del Nuovo Cim.* 1974, v. 26, n. 4, p. 55.

#### **С3.02. ДОСЛІДЖЕННЯ НАЙЛЕГШИХ ЯДЕР ЗА ДОПОМОГОЮ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ**

*О.К. Горпинич, О.М. Поворозник  
Институт ядерных исследований НАН Украины, м.Київ*

Як відомо, більшість збуджених станів найлегших ядер є нестабільними, а деякі ядра незв'язані і в основному стані. Утворення таких ядер досліджується за допомогою кореляційних експериментів при відповідних кінематичних умовах, що гарантують виникнення саме цього ядра. Шляхом ресстрації збігів продуктів розпаду встановлюються схеми збудження таких ядер, як:  ${}^4\text{H}$ ,  ${}^5\text{He}$ ,  ${}^5\text{Li}$ ,  ${}^8\text{Be}$  та інших. Використання такої методики дало можливість уточнити енергії збудження та ширини відомих рівнів та спостерігати нові збуджені стани ядер  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{Be}$ , визначити енергії їх збудження та ширини. В кореляційних експериментах встановлюються моди

розпаду ядер та їх співвідношення. Наявність цих даних та нових даних про збуджені стани найлегших ядер стимулює розвиток теорії ядерної взаємодії, а кореляційні методики є потужним засобом дослідження найлегших ядер.

### С3.03. УПРУГОЕ dt-РАССЕЯНИЕ ПРИ ЭНЕРГИИ 37 МэВ

*О.О. Белоускина, В.И. Гранцев, В.В. Давидовский, К.К. Кисурин,  
С.Е. Омельчук, Г.П. Палкин, Ю.С. Рознюк, Б.А. Руденко,  
Л.С. Салтыков, В.С. Семенов, Л.И. Слюсаренко,  
Б.Г. Стружко, В.К. Тартаковский, В.А. Шитюк  
Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

Угловые распределения дейтронов с энергией 37 МэВ получены в диапазоне углов рассеяния  $15^{\circ} \leq \theta_{\text{л.с.}} \leq 58^{\circ}$  (л.с.) из анализа спектров упругого рассеяния дейтронов ядрами трития, а в диапазоне  $46,6^{\circ} \leq \theta_{\text{л.с.}} \leq 111,4^{\circ}$  (л.с.) – из анализа спектров тритонов отдачи. Анализ угловых распределений dt-рассеяния проведен с использованием микроскопической дифракционной модели с учетом NN-взаимодействия. Угловые распределения дейтронов успешно описываются моделью в области основного максимума ( $\theta_{\text{ц.м.}} \leq 60^{\circ}$ ) при всех рассматриваемых энергиях дейтронов. Предложено объяснение природы появления широкого вторичного максимума при низких энергиях дейтронов. Показано, что своим появлением он обязан интерференции квантовой и классической изотропной амплитуд, а также влиянию структуры взаимодействующих ядер. Характерные особенности угловой зависимости сечений в области углов рассеяния  $60^{\circ} \leq \theta_{\text{ц.м.}} \leq 130^{\circ}$  удалось объяснить только качественно, используя феноменологическое квазиклассическое приближение.

### С3.04. О СТАБИЛЬНОСТИ ЯДЕР ПО ОТНОШЕНИЮ К ИСПУСКАНИЮ НЕЙТРОНОВ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ГРАНИЦЫ НЕЙТРОННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

*К.А. Гриднев<sup>1,2</sup>, В. Грайнер<sup>2</sup>, В.Н. Тарасов<sup>3</sup>, Д.К. Гриднев<sup>2</sup>,  
В.И. Куприков<sup>3</sup>, В.В. Пилипенко<sup>3</sup>, Д.В. Тарасов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики Санкт-Петербургского университета, Россия;

<sup>2</sup>Институт теоретической физики им. И. Гёте, г. Франкфурт, Германия;

<sup>3</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, Украина

На основе метода Хартри–Фока с эффективными силами Скирма проведено исследование свойств основного состояния четно–четных изотопов С, О, Ne, Mg, Si, S, Ar, Fe, Ni, Zn, Zr, Hg, Pb с избытком нейтронов, в том числе и экстремально нейтроноизбыточных изотопов у границы нейтронной стабильности. Расчеты с силами Ska и SkM\* предсказывают существование островов стабильности по отношению к испусканию одного или двух нейтронов вблизи  $^{40}\text{O}$ ,  $^{76}\text{Ar}$ ,  $^{110}\text{Ni}$ ,  $^{152}\text{Zr}$ ,  $^{278}\text{Pb}$ . Для этих изотопов

показано, что добавление нейтронов к нестабильному ядру с избытком нейтронов может восстановить его стабильность, что связано с полным заполнением нейтронной подоболочки с большим значением углового момента. При частичном заполнении такой подоболочки соответствующие ей состояния находятся в области непрерывного спектра, а по мере ее заполнения опускаются в область дискретного спектра. Для нейтроноизбыточных изотопов Hg и Pb в основном состоянии в области массовых чисел  $A \sim 220$  предсказывается появление супердеформации распределений плотности нейтронов и протонов с  $\beta \sim 0.6$ .

### С3.05. РАСЧЕТ ВЫХОДОВ НЕЙТРОНОВ, ИСПУЩЕННЫХ ОСКОЛКАМИ ПРИ ДЕЛЕНИИ $^{237}\text{Np}$ ТЕПЛОВЫМИ И БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИ

*А.И. Лендель<sup>1</sup>, О.А. Парлаз<sup>1</sup>, В.Т. Маслюк<sup>1</sup>, Ю.В. Кибкало<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород;*  
*<sup>2</sup>Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

Информация о зависимости числа испускаемых нейтронов от массы осколков деления  $\nu_f(M)$  представляет интерес для описания особенностей динамики процесса деления. Непосредственное измерение  $\nu_f(M)$  - сложная задача, поэтому имеется довольно ограниченное число таких экспериментальных данных. До сих пор для оценки  $\nu_f(M)$  в области легких и тяжелых осколков деления широко используется простая линейная зависимость. Однако следует заметить, что в этом случае сглаживается тонкая структура распределений  $\nu_f(M)$ , которая во многих случаях надежно установлена. Поэтому разработка новых подходов для оценки зависимости  $\nu_f(M)$  является по-прежнему актуальной задачей. Для расчета значений  $\nu_f(M)$  преимущественно применяются подходы, в которых используются экспериментальные параметры первичных (до испускания нейтронов) фрагментов деления, а также такие, где использована комбинация параметров, как первичных, так и вторичных (после испускания нейтронов) осколков деления. Кроме того, существуют альтернативные подходы для расчета  $\nu_f(M)$ , в которых применяются экспериментальные данные только вторичных продуктов деления, полученных радиохимическими и спектрометрическими методами. В данной работе используется алгоритм расчета  $\nu_f(M)$  посредством решения системы интегральных уравнений [1,2] на основе экспериментальных данных о полных выходах продуктов деления в конечном состоянии [3]. Получены значения  $\nu_f(M)$  и восстановленные массовые распределения первичных фрагментов при делении ядер  $^{237}\text{Np}$  тепловыми и быстрыми нейтронами.

1. J. Terrell // *Phys. Rev.* 1962, v. 127, p. 880.
2. А.И. Лендел и др. // *Науковий Вісник УжНУ. Серія "Фізика"* 2008, №1.
3. T.R. England, B.F. Rider // *LA-UR-94-3106, ENDF-349*, 1994, 173 p.

С3.06. СИСТЕМА КИНЕТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ЧАСТИЦ И ЯДЕР  
И ТЕОРЕМА О ВОССТАНОВЛЕНИИ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ  
ОБРАЗОВАНИЯ НУКЛИДОВ  
ПО ДАННЫМ ОБ ИХ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ

*А.М. Хильманович*

*Институт физики им.Б.И. Степанова НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь*

Проводится обобщение основных уравнений экспериментальной ядерной физики низких энергий, включающее и случай, когда ядра мишени могут перемещаться в произвольных направлениях. Обобщение выполнено для системы, содержащей ядра и частицы любого типа, в результате чего получена система интегрально-дифференциальных уравнений. Уравнения представляют собой систему нелинейных интегрально-дифференциальных уравнений для неизвестных функций  $N_i$  ( $\langle r_i \rangle$ ,  $\langle \Omega_i \rangle$ ,  $E_i$ ,  $t$ ). Постоянными, связывающими физические величины в уравнениях, являются дважды дифференциальные сечения и постоянные радиоактивного распада.

Решением системы уравнений являются функции распределения ядер в фазовом пространстве. Задание граничных и начальных условий определяет модель исследуемой системы. Должно быть учтено гравитационное взаимодействие частиц, а также заданы функции флуктуации плотностей первичного вещества. В статистической физике существует понятие корреляционной функции, характеризующей отклонение функции распределения, определяемой кинетическим уравнением. В решаемой задаче для этих целей вводится функция флуктуации  $f$  ( $\langle r_i \rangle$ ,  $\langle \Omega_i \rangle$ ,  $E_i$ ,  $t$ ), играющая определяющую роль на ранней стадии формирования такой системы.

Если согласие не будет найдено, то это будет означать, что заданные начальные значения функций распределения  $N_i$  ( $\langle r_i \rangle$ ,  $\langle \Omega_i \rangle$ ,  $E_i$ ,  $t = 0$ ) и флуктуации  $f$  ( $\langle r_i \rangle$ ,  $\langle \Omega_i \rangle$ ,  $E_i$ ,  $t = 0$ ) не являются адекватными и требуется их вариация. В противном случае - случае соответствия рассчитанных значений распространенности изотопов имеющимся на настоящий момент данным по конкретному объекту - можно считать, что условия его образования и дальнейшая история его существования являются установленными.

С3.07. РОЗПАД БІЛЯПОРОГОВОГО РЕЗОНАНСУ  $^{10}\text{Be}^*(7,54 \text{ MeV})$   
В РЕАКЦІЇ  $^{58}\text{Ni}(^{14}\text{N}, \alpha^6\text{He})$

*Ю.М. Павленко, В.О. Кива, І.М. Коломісць, О.К. Горпинич,*

*В.М. Добріков, О.І. Іваницький*

*Институт ядерних досліджень НАН України, м.Київ*

Із застосуванням методу кореляційної спектроскопії резонансів в реакції  $^{58}\text{Ni}(^{14}\text{N}, \alpha^6\text{He})$  при енергії  $E(^{14}\text{N}) = 125 \text{ MeV}$  ідентифіковано малоімовірний розпад біляпорогового резонансу ядра  $^{10}\text{Be}^*$  з енергією збудження  $7,54 \text{ MeV}$  в канал  $\alpha^6\text{He}$ , що підтверджує дані, отримані іншими авторами при

дослідженні тричастинкових реакцій з легкими ядрами [1]. Згідно з [1], ймовірність розпаду резонансу  $^{10}\text{Be}^*(7,54 \text{ MeV})$  в канал  $\alpha+^6\text{He}$  становить всього  $(3,5 \pm 1,2) \cdot 10^{-3}$ . Можливість спостереження вказаного резонансу в реакції  $^{58}\text{Ni}(^{14}\text{N}, \alpha^6\text{He})$  забезпечується високим значенням ефективного тілесного кута реєстрації продуктів розпаду та сумуванням подій з однаковою відносною імпульсом.

1. J.A. Liendo et al. // *Phys. Rev.* 2002, v. C65, p. 034317.

### С3.08. ПРУЖНЕ РОЗСІЯННЯ ДЕЙТРОНІВ ЯДРАМИ $^{208}\text{Pb}$ ПРИ ЕНЕРГІЇ $E_d = 7,3 \text{ MeV}$

*Ю.М. Павленко, К.О. Теренецький, В.П. Вербицький, І.П. Дряпаченко,  
Е.М. Можжухін, В.М. Добріков, Ю.Я. Карлишев, О.К. Горпинич,  
О.І. Рундель, Т.О. Корзина, О.І. Іваницький  
Інститут ядерних досліджень НАН України, м.Київ*

Диференціальні перерізи пружного розсіяння дейтронів ядрами  $^{208}\text{Pb}$  вимірювалися на прискорювачі ЕГП-10К ІЯД НАН України при енергії  $E_d = 7,3 \text{ MeV}$  в діапазоні кутів  $\theta = 40 \dots 160^\circ$ . В результаті аналізу отриманих експериментальних даних виявлено немономонний характер кутової залежності перерізів пружного розсіяння  $d + ^{208}\text{Pb}$ , а також значно більші відхилення цих перерізів від перерізів резерфордівського розсіяння, ніж передбачено теоретичними розрахунками [1], що враховують розщеплення та поляризацію дейтронів в кулонівському полі важких ядер. Подібний характер мають і кутові розподіли пружного розсіяння  $d + ^{124}\text{Sn}$  при енергіях  $E_d = 5,0 \dots 5,5 \text{ MeV}$  та  $d + ^{58}\text{Ni}$  при енергіях  $E_d = 3,5$  та  $4,5 \text{ MeV}$  [2]. Отримані дані вказують на необхідність детальніших досліджень процесів підбар'єрного розсіяння дейтронів та інших слабкозв'язаних ядер, зокрема  $^6\text{He}$ .

1. В.П. Вербицький, К.О. Теренецький // *Ядерная физика.* 1992, т. 55, с. 362.

2. Yu.N. Pavlenko, K.O. Terenetsky, V.P. Verbitsky et al. // *2 Intern. Conf. "Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy (June 09-15, 2008)". Book of Abstracts.* Kyiv. 2008, p. 179.

### С3.09. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗОНАНСОВ НЕЙТРОННО-ИЗБЫТОЧНЫХ ЯДЕР БОРА

*А.Г. Артюх<sup>1</sup>, А.Н. Воронцов<sup>1,2</sup>, В.Е. Ковтун<sup>3</sup>, Е.И. Коцый<sup>3</sup>, В.В. Осташко<sup>2</sup>,  
Ю.Н. Павленко<sup>2</sup>, А.Н. Пономаренко<sup>2</sup>, Ю.М. Середа<sup>1,2</sup>, А.И. Рундель<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Объединенный институт ядерных исследований, г.Дубна, Россия;  
<sup>2</sup>Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев, Украина;  
<sup>3</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина, Украина*

Для исследований резонансов экзотических легких ядер создана экспериментальная установка, основным элементом которой является время-пролетный фрагмент-сепаратор КОМБАС [1]. Для получения вторичных

пучков нейтронно-избыточных ядер бора планируется использовать реакции фрагментации ядер первичных пучков  $^{18}\text{O}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ . Использование сепаратора КОМБАС с уникальными возможностями сепарации вторичных ядер позволит получить новые прецизионные данные о характеристиках резонансов нейтронно-избыточных изотопов  $^{12-15}\text{B}$  в широком энергетическом диапазоне (от пороговых энергий до энергий возбуждения в десятки МэВ), а также исследовать угловые корреляции кластеров.

1. A.G. Artukh et al. // *Nucl. Instr. and Meth.* 1999, v. 426, p. 605.

### СЗ.10. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СООТНОШЕНИЯ ВЕТВЕЙ РАСПАДА ОКОЛОПОРОВОГО РЕЗОНАНСА $^7\text{Li}^*(7,45 \text{ МэВ})$ В РЕАКЦИИ $^7\text{Li}(\alpha, \alpha)^7\text{Li}^*$

В.Л. Шаблов<sup>1</sup>, Ю.Н. Павленко<sup>2</sup>, И.А. Тырас<sup>1</sup>,  
Н.Л. Дорошко<sup>2</sup>, Т.А. Корзина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Обнинский государственный технический университет атомной  
энергетики, г.Обнинск, Россия;

<sup>2</sup>Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев, Украина

В рамках модифицированной теории взаимодействия в конечном состоянии исследована энергетическая зависимость соотношения ветвей распада в реакции  $^7\text{Li}(\alpha, \alpha)^7\text{Li}^*$  околопорогового резонанса  $^7\text{Li}^*(7,45 \text{ МэВ})$  по каналам  $\alpha+t$  и  $^6\text{Li}+n$ . Расчеты показывают, что в области энергий налетающих  $\alpha$ -частиц  $E_\alpha > 30 \text{ МэВ}$  вероятность распада в канал  $^6\text{Li}+n$  не зависит от энергии и равна значению, полученному при исследовании изолированного резонанса  $^7\text{Li}^*(7,45 \text{ МэВ})$  в бинарных реакциях. При  $E_\alpha < 30 \text{ МэВ}$  должно наблюдаться существенное уменьшение вероятности распада в канал  $^6\text{Li}+n$ , что обусловлено влиянием кулоновского поля сопутствующей  $\alpha$ -частицы на распад неизолированного резонанса  $^7\text{Li}^*(7,45 \text{ МэВ})$ . Результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными, полученными при энергии  $E_\alpha = 27,2 \text{ эВ}$  [1] и указывают на целесообразность экспериментальных исследований при разных энергиях во входном канале трехчастичных реакций.

1. Yu.N. Pavlenko, V.L. Shablov, O.S. Bondarenko et al. // *Nuclear Physics and Atomic Energy.* 2007, v. 2, n. 20, p. 65.



### СЗ.11. СПЕКТРОСКОПИЯ ЯДРА $^{230}\text{Th}$ В РЕАКЦИИ (p,t)

*А.И. Левон<sup>1</sup>, Г. Грав<sup>2</sup>, Ю. Айзерман<sup>2</sup>, Р. Гертенбергер<sup>2</sup>,  
Н.Ю. Ширикова<sup>3</sup>, А.В. Сушков<sup>3</sup>, П. Тирольф<sup>2</sup>, Г.-Ф. Вирс<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев, Украина;*

<sup>2</sup>*Физический факультет Людвиг-Максимилианс-Университета,  
г.Мюнхен, Германия;*

<sup>3</sup>*Объединенный институт ядерных исследований, г.Дубна, Россия*

Спектры возбуждений в деформированном ядре  $^{230}\text{Th}$  были изучены в реакции (p,t). Угловые распределения тритонов измерены для 200 возбужденных состояний. Путем сравнения экспериментальных угловых распределений и вычисленных в приближении связанных каналов обнаружены двадцать четыре  $0^+$ -возбуждения. Присвоены спины до  $6^+$  включительно для большинства других возбужденных состояний. Выделены последовательности состояний, которые могут трактоваться как коллективные полосы. Для них определены моменты инерции, которые свидетельствуют, что для  $0^+$ -возбуждений приблизительно одинаково вероятны одно- и дуэфонная квадрупольные и дуэфонная октупольная структуры. Расчеты в рамках модели взаимодействующих бозонов (МВБ) дают для них преимущественно октупольную структуру, а в рамках квазичастично-фононной модели (КФМ) – преимущественно квадрупольную структуру. Приращение спектроскопических факторов в (p,t)-реакции для  $0^+$ ,  $2^+$ ,  $4^+$ -возбуждений хорошо воспроизводится в рамках КФМ. Обе модели дают правильное число  $0^+$ -возбуждений, однако занижают число  $2^+$  и  $4^+$ -возбуждений.

### СЗ.12. g-ФАКТОРЫ $2^+$ СОСТОЯНИЙ В $^{116,118,120}\text{Sn}$ : ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К КОНФИГУРАЦИЯМ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ФЕРМИ

*А.И. Левон<sup>1</sup>, М.Ц. Ист<sup>2</sup>, А.Е. Стучберн<sup>2</sup>, А.Н. Вилсон<sup>2</sup>,  
П.М. Давидсон<sup>2</sup>, Т. Кибели<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев, Украина;*

<sup>2</sup>*Департамент ядерной физики, Австралийский национальный университет,  
г.Канберра, Австралия*

Имеющиеся данные по изотопам олова указывают, что  $2^+$  состояния имеют сложную структуру: 2p-2h и 4p-4h протонные конфигурации и/или нейтронные возбуждения через  $N=50$  оболочечную щель [1]. Измерение g-факторов может быть проверкой этой информации. Эксперимент выполнен с использованием 190 МэВ пучка  $^{58}\text{Ni}$  тандема в Канберре и мишеней из естественного Sn и Pd. Все изотопы изучались одновременно техникой переходных полей. Известные  $g(2^+, \text{Pd})$  значения использовались для калибровки. Положительные g-факторы в  $^{118}\text{Sn}$  и отрицательные g-факторы в  $^{116,120}\text{Sn}$  могут быть объяснены, если доминирующими конфигурациями в

$2^+$ -состояниях являются:  $(s_{1/2}d_{5/2})_{2^+}$  в  $^{116}\text{Sn}$ ,  $(d_{3/2})_{2^+}$  и  $^{118}\text{Sn}$  и  $(h_{11/2})_{2^+}$  в  $^{120}\text{Sn}$ . Количественно  $g$ -факторы в  $^{116,118,120}\text{Sn}$  могут быть сравнены с оболочечными вычислениями с помощью программы OXBASH [2]. Эти вычисления воспроизводят тенденцию изменений  $g$ -факторов количественно, а также близкие к нулю  $g$ -факторы этих состояний.

1. C.Vaman et al. // *Phys. Rev. Lett.* 2007, v. 99, p. 162501.

2. B.A.Brown et al. Oxbash for Windows PC // *Michigan State University, report.* No MSU-SCL 1289, 2004.

### СЗ.13. РАЗНОГЛАСИЯ В ВЕЛИЧИНАХ ДЕФЕКТОВ МАСС ЯДЕР ТОРИЯ И УРАНА И ЯДЕР ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ (p,t) РЕАКЦИЙ

*А.И. Левон*

*Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

В [1] изучались  $0^+$ -возбуждения в актинидных ядрах  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$  и  $^{232}\text{U}$  в реакции (p,t). Для калибровки энергетической шкалы были измерены спектры тритонов из реакций  $^{186}\text{W}(p,t)$  и  $^{184}\text{W}(p,t)$  при тех же установках магнитного спектрометра. В процессе анализа экспериментальных результатов было обнаружено, что значения  $Q$  (следовательно, и дефекты масс) для реакций (p,t) на ядрах  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  и  $^{234}\text{U}$  оказались в противоречии с таковыми для реакций на ядрах  $^{186}\text{W}$  и  $^{184}\text{W}$ . Если значение  $Q$  для  $^{232}\text{Th}(p,t)$ -реакции, полученное из данных в таблице масс [2], берется как исходное, тогда значения  $Q$  и для  $^{230}\text{Th}(p,t)$  и  $^{234}\text{U}(p,t)$ -реакций согласуются со значениями, вычисленными согласно [2]. В то же время значения  $Q$  для реакций  $^{186}\text{W}(p,t)$  и  $^{184}\text{W}(p,t)$  отличаются значительно от вычисленных величин. И наоборот, если за исходное берется значение  $Q$  для реакции  $^{184}\text{W}(p,t)$ , тогда с ним согласуется  $Q$  для реакции  $^{186}\text{W}(p,t)$  и находятся в противоречии значения  $Q$  для реакций  $^{232}\text{Th}(p,t)$ ,  $^{230}\text{Th}(p,t)$  и  $^{234}\text{U}(p,t)$ , вычисленные согласно [2]. Разногласия достигают величины 12.5 кэВ при максимальной ошибке 3.0 кэВ.

1. H.-F. Wirth, G. Graw, S. Christen, D. Cutoiu, Y. Eisermann, C. Günther, R. Hertenberger, J. Jolie, A.I. Levon, O. M ller, G. Thiamova, P. Thirof, D. Tonev, N.V. Zamfir // *Phys.Rev.* 2004, v. C69, p. 044310-1-13.

2. G. Audi, A.H. Wapstra, C. Thibault // *Nucl. Phys.* 2003, v. A729, p. 337.

### СЗ.14. ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ЯДРА ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ АНАЛОГОВЫХ РЕЗОНАНСОВ В $^{23}\text{Na}$

*И.В. Ушаков, Г.К. Хомяков, А.Н. Водин*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Изучен  $\gamma$ -распад резонансов, возбуждаемых в реакции  $^{22}\text{Ne}(p,\gamma)^{23}\text{Na}$  при  $E_p = 1623, 1721, 1803$  и  $1835$  кэВ. Предварительно они были исследованы как компоненты тонкой структуры  $d_{5/2}$ -изобарического аналогового состояния

ядра  $^{23}\text{Na}$  [1]. Показано, что в процессе  $\gamma$ -распада главным образом идет заселение низковозбужденных уровней ядра  $^{23}\text{Na}$ , среди которых выделяются ротационные полосы с  $K^\pi = 3/2^+$  и  $K^\pi = 1/2^+$ , основанные на седьмой [202 3/2] и девятой [211 1/2] орбитах схемы Нильссона, соответственно. Интенсивности M1-переходов сравнивались с расчетами в рамках модели Нильссона. Из полученных результатов следует, что ядро  $^{23}\text{Na}$  при возбуждении изменяет свою форму с вытянутой на сплюснутую.

1. А.Н. Водин и др. // *Известия РАН. Сер. физ.* 2004, т. 68, № 11, с. 1577.

### С3.15. СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ С РАСШИРЕННЫМ ФАЗОВЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

*Г.К. Хомяков*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г. Харьков*

Движение единичной частицы в квантовой механике с расширенным фазовым пространством параметризуется  $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{p}$  и  $\mathbf{R}$ ,  $Z$  (волновой функцией) либо  $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{p}$  и  $\mathbf{P}$  (волновым вектором). При этом динамика частицы может определяться уравнением Ньютона  $d\mathbf{p}/dt = -\text{grad } U$ , а для переменных квантования [1] должны использоваться уравнения: для волновой  $Z$ -функции  $-m \cdot \hbar^2 \cdot d\mathbf{R}/dt = \mathbf{p}^2 \cdot \mathbf{p} \cdot Z$ ,  $m \cdot dZ/dt = (\mathbf{R}, \mathbf{p})$ , либо  $\hbar \cdot m \cdot d\mathbf{P}/dt = i \cdot [\mathbf{p}\mathbf{p} - \mathbf{P}\mathbf{P}] \cdot \mathbf{v}$  - для волнового вектора. Если величина  $\gamma$  фиксирует отдельную траекторию, то для волновой функции Шредингера, представляющей ансамбль заданного  $n$ -го состояния, имеем  $\Psi(\mathbf{r}) = \int c(\mathbf{r}) \cdot Z(\mathbf{r}, \mathbf{r}) \cdot d\mathbf{r}$ . Для определения  $\gamma$ -составляющих  $n$ -го стационарного состояния должны использоваться условия вида Бора-Зоммерфельда [2], но с заменой  $p_i$  на волновой вектор  $P_i$  для каждой отделяющейся переменной.

1. Г.К. Хомяков // Научн. ведом. БелГУ, сер. физ., 2000, №1 (10), с.130.

2. A. Sommerfeld. *Atombau und Spektrallinien*. Iband. Braunschweig. 1951, 694 p. (in Russian).

### С3.16. БЕЗМОДЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ ПОТЕНЦИАЛА ЯДРА. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЛЕГКИХ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР

*А.Н. Водин<sup>1</sup>, Л.П. Корда<sup>1</sup>, В.Ю. Корда<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ННЦ "Харьковский физико-технический институт";*

<sup>2</sup>*Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины, г. Харьков*

Анализируя способность модели Нильссона описывать спектры энергий и квантовые характеристики основных и одночастичных возбужденных состояний легких ядер, мы обнаружили в ряде важных случаев неудовлетворительное описание экспериментальных данных в рамках такого подхода. Для более глубокого анализа вопроса мы развиваем безмодельный подход на основе эволюционного алгоритма [1], который позволяет

извлекать информацию о форме ядра непосредственно из экспериментальных данных без каких-либо модельных представлений.

В рамках нашего подхода эволюционный алгоритм генерирует различные формы аксиально-симметричного одночастичного потенциала (заданные численным образом), рассчитывает энергетические спектры ядер, их квантовые характеристики, вероятности электромагнитных переходов между уровнями и т. д. и отбирает те потенциалы, которые наиболее успешно воспроизводят экспериментальные данные.

1. V.Yu. Korda, A.S. Molev, L.P. Korda // *Phys. Rev.* 2005, v. C72, p. 014611.

### СЗ.17. СТРУКТУРА И ПОЛНАЯ СИЛА МАГНИТНОГО ДИПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА В ЯДРЕ $^{35}\text{Cl}$

*А.С. Качан, И.В. Кургуз, И.С. Ковтуненко, В.М. Мищенко, С.Н. Утенков  
Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Ранее, из анализа  $\gamma$ -распада резонансно-подобной структуры (РПС), наблюдаемой в реакции  $^{34}\text{S}(p,\gamma)^{35}\text{Cl}$  [1], нами был идентифицирован М1-резонанс на основном состоянии  $^{35}\text{Cl}$ . Силы резонансов, необходимые для определения полной силы М1-резонанса ( $S_{\text{EW}}^{\text{M1}} = \sum_k E_k B_k(\text{M1}\uparrow)$ ), были определены из анализа функции возбуждения данной реакции, измеренной с помощью NaI(Tl)-детектора.

Анализ экспериментальных результатов показывает, что полная сила М1-резонанса в  $^{35}\text{Cl}$  значительно меньше ожидаемой из анализа правила сумм Курата (полученного в рамках оболочечной модели). Поэтому нами были проведены дополнительные эксперименты для уточнения сил резонансов в реакции  $^{34}\text{S}(p,\gamma)^{35}\text{Cl}$ . В работе силы резонансов при  $E_p = 1212, 1891, 1900, 2791, 2869$  кэВ, распадающихся преимущественно в основное состояние и составляющих РПС, были определены из сравнения интенсивностей  $\gamma$ -линий, образующихся при распаде изучаемых резонансных уровней, с интенсивностью  $\gamma$ -линии с  $E_\gamma = 4388$  кэВ, соответствующей переходу с резонансного уровня при  $E_p = 1212$  кэВ (сила и схема распада которого хорошо известны) на состояние 3163 кэВ. Для измерения  $\gamma$ -спектров применялся Ge(Li)-детектор разрешением 3,2 кэВ для  $E_\gamma = 1332$  кэВ.

Получены распределения вероятностей магнитных дипольных переходов на основном, первом и втором возбужденных состояниях ядра  $^{35}\text{Cl}$ . Эти распределения имеют резонансный характер. Полная сила магнитного дипольного резонанса на основном состоянии равна  $(8,6 \pm 1,7) \text{ МэВ} \cdot \mu_N^2$  и соответствует значению, ожидаемому из анализа правила сумм Курата.

1. А.С. Качан и др. // *Ядерная физика*. 1996, т. 59, № 4, с. 16.

## **Секция 4. Компьютерные технологии в физических исследованиях**

### **С4.01. МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ВЫБОРКИ**

*А.А. Олейник, С.А. Субботин*

*Запорожский национальный технический университет*

При построении численных моделей физических процессов на основе выборок данных, характеризующихся большой размерностью, возникает необходимость решения задачи отбора информативных признаков, которая заключается в сокращении размерности выборки путём выделения признаков, наиболее полно характеризующих изучаемый объект или процесс.

Для решения данной задачи предлагается использовать модифицированный метод оптимизации на основе моделирования роя частиц (Particle Swarm Optimization, PSO), основанный на случайном поиске, а также учитывающий недостатки базового метода PSO, связанные с возможностью лавинообразного изменения скорости частиц. В разработанной модификации предложены процедуры, выполняющие контроль над изменением скорости частиц. Предложенный метод исследовался при моделировании коэффициента упрочнения деталей энергетических установок. Результаты исследования показали эффективность предложенного метода.

### **С4.02. ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*А.А. Олейник, С.А. Субботин*

*Запорожский национальный технический университет*

В процессе эксплуатации деталей авиадвигателей их поверхностный слой воспринимает наибольшие нагрузки и подвергается физико-химическому воздействию окружающей среды, что приводит к ухудшению служебных свойств деталей газотурбинных двигателей и сокращению срока их безопасной эксплуатации.

Поэтому для повышения несущей способности деталей применяются методы упрочнения, позволяющие улучшать свойства поверхностного слоя. Актуальной является задача построения математической модели коэффициента упрочнения, позволяющей сокращать время, необходимое для проведения технической диагностики изделий после упрочнения, и увеличивать вероятность принятия правильных решений относительно возможности использования упрочненных деталей.

Исходная выборка содержала значения шестнадцати признаков, характеризующих выбранные режимы обработки, физико-механические и геометрические характеристики упрочняемых деталей. Синтез нейросетевой модели коэффициента упрочнения выполнялся с помощью методов

эволюционного поиска. Построенная модель обеспечивает высокую точность аппроксимации и позволяет оценивать значения коэффициента упрочнения без проведения испытаний деталей авиадвигателей на усталость.

#### С4.03. СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СППР, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

*И.А. Макрушан, В.М. Райков*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
iyс@kture.kharkov.ua*

Рассматривается интегрированный подход к разработке функциональной структуры интеллектуальной СППР для многокритериальных задач принятия решений в управлении организационными системами. Интегрированный подход позволяет рационально сочетать логическое мышление, опыт, знание и интуицию эксперта с использованием широкого круга математических методов и моделей оптимизации ресурсов, выполнением вычислительных экспериментов при выработке управленческих решений.

При разработке системы управления базой алгоритмов, как подсистемы интеллектуальной СППР, используется подход на основе событий и процедур, обрабатывающих эти события. Предлагается модульный подход формирования алгоритмов. Разработанная база алгоритмов (БА) содержит 17 общих и 15 специфических модулей. Декомпозиция алгоритмов на общие и специфические модули и типизация общих модулей позволяет уменьшить объем БА более чем в 2 раза.

#### С4.04. МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

*И.А. Макрушан*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
iyс@kture.kharkov.ua*

Рассматриваются вопросы управления моделями в интеллектуальных СППР для решения многокритериальных задач. В настоящее время отсутствуют универсальные процедуры автоматизации моделирования, ориентированные на широкую предметную область (ПрО).

Целесообразно создавать системы, специализированные по допустимому классу моделируемых процессов (классу задач) и универсальные по поддерживаемым функциям, т.е. системы которые могут решать широкий класс задач за счет использования субъективных компонент модели. Такие модели менее формализованные, более универсальные и более адекватно отображают ситуацию за счет привлечения в качестве параметров модели субъективных предпочтений ЛПР.

В этих условиях перспективным подходом к повышению эффективности принятия решений в управлении организационными системами представляется разработка системы управления базой моделей, которая отвечала бы соответствующим данной ПрО требованиям.

#### С4.05. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ R-ФУНКЦИЙ

*Т.И. Шейко*

*Институт проблем машиностроения им.А.Н. Подгорного НАН Украины;  
Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

Компьютерный век породил теорию R-функций, позволившую решить обратную задачу аналитической геометрии и разработать единый подход к проблеме построения координатных последовательностей для основных вариационных и проекционных методов [1,2]. Рассматриваются новые конструктивные средства, направленные на совершенствование методов описания геометрических объектов, и технологии для автоматизации процесса построения их уравнений. Реализация метода R-функций и его возможностей проиллюстрирована на примерах решения некоторых задач исследования физических полей, в том числе для композитных сред.

1. В.Л. Рвачев. Теория R-функций и некоторые её приложения. Киев: Наукова Думка, 1982, 552 с.

2. V.L. Rvachev, T.I. Sheiko // *Appl. Mech. Rev.* 1995, v. 48, n. 4, p. 151-188.

#### С4.06. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА R-ФУНКЦИЙ

*К.В. Максименко-Шейко*

*Институт проблем машиностроения им.А.Н. Подгорного НАН Украины;  
Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

В криволинейных неортогональных координатах построены математические модели движения вязкой несжимаемой жидкости по скрученным каналам неклассического поперечного сечения и исследованы температурные поля при ламинарном течении в бесконечных скрученных трубах, трубах с винтовыми вставками и винтовым оребрением. С помощью R-функций [1-3] построены нормализованные уравнения поверхностей с винтовым типом симметрии и структуры решения. Вычислительный эксперимент проводился в условиях эксплуатации системы ПОЛЕ. Задание геометрической информации и физических констант в виде буквенных параметров позволило проводить многовариантные расчеты и исследовать влияние параметра закрутки на распределение гидродинамических и температурных полей.

1. В.Л. Рвачев. Теория R-функций и некоторые её приложения. Киев: Наукова думка, 1982, 552 с.
2. В.Л. Рвачев, К.В. Максименко-Шейко // *Мат. методы и физ.-мех. поля.* 2003, т. 46, № 2, с. 81-88.
3. К.В. Максименко-Шейко // *Доп. НАН України.* 2003, № 1, с. 25-28.

#### С4.07. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Б.Б. Нестеренко, М.А. Новотарский  
Институт математики НАН Украины, г.Киев*

Рассмотрены основные топологии графов, лежащих в основе параллельных вычислительных структур. Приведено обоснование эффективности использования циркулянтных графов для построения параллельных вычислительных структур. Предложена топология, объединяющая семейство трехмерных циркулянтных графов в виде решетчатого куба со стороной, кратной нечетной степени двойки. Задана функция достижимости на данном графе и доказана теорема о его диаметре. На основе исследований свойств топологии предложенного графа разработан алгоритм маршрутизации, обеспечивающий прокладку основной и альтернативной трасс между двумя произвольными вершинами графа, длина которых не превышает его диаметра. Рассмотрен пример применения данного алгоритма при реализации вычислительного процесса решения краевых задач математической физики на дискретных клеточных сетях.

#### С4.08. МЕТОДИКА ФОРМАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОГРАММ В ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ

*М.О. Малахова  
Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

При разработке и модернизации автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) часто возникает необходимость синтеза аппаратной реализации известных алгоритмов либо наоборот – необходимость в программной реализации отдельных функций аппаратуры. Для этого желательно иметь формальный механизм взаимного преобразования различных представлений алгоритма. Предпринята попытка разработки методики такого преобразования в применении к параллельным алгоритмам, регулярно использующим средства синхронизации. В докладе представлены предлагаемый набор правил преобразования и апробация методики на примере отображения авторского варианта алгоритма задачи «читатели-писатели» в его аппаратную реализацию.



#### С4.09. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ЕЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

*Е.П. Табачная*

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

При построении распределенных вычислительных систем (ВС), каковыми являются большинство систем автоматизации научных исследований (АСНИ), встает задача минимизации стоимости системы при сохранении заданных производительности и предельного времени обработки событий. Существенное влияние на производительность оказывают характеристики потока команд в системе, такие как максимальная интенсивность, вариация интенсивности, различные требования к предельному времени обработки и т.п. Методом имитационного моделирования исследована чувствительность показателя производительности к характеристикам потока команд для нескольких конфигураций ВС.

#### С4.10. РОЗРОБКА МОДУЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТА З НЕВІДОМИМИ ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*Н.В. Васильцова*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

У теперішній час більшість сучасних SCADA-систем мають у своєму складі або тільки типові алгоритми безпосереднього цифрового управління технологічними процесами (PI- і PID-алгоритми), або такі алгоритми зовсім відсутні. Але відомо, що типові PI- і PID-алгоритми не забезпечують високу якість управління об'єктами з великим запізнюванням. В той же час для якісного управління технологічним процесом необхідно мати математичну модель об'єкта управління (ОУ).

В роботі надається модуль ідентифікації об'єкта, що реалізує розроблений алгоритм, який визначає коефіцієнт підсилення, постійну часу, постійну запізнювання об'єкта за допомогою знімання кривої відгуку ОУ на прямокутний імпульс. Амплітуда імпульса задається користувачем залежно від характеру та властивостей ОУ. З метою підвищення точності ідентифікації модуль може здійснювати поліноміальне згладжування кривої відгуку ОУ за допомогою як класичного методу найменших квадратів, так і стійких методів. Після цього згладжувана імпульсна крива використовується для побудови перехідної характеристики ОУ. За спеціальними формулами розраховуються параметри передавальної функції моделі ОУ першого порядку з запізнюванням. Також розраховується коефіцієнт перерізування, який показує, в скільки разів можна збільшити період опитування для даного інформаційного каналу без втрати точності регулювання. Цей коефіцієнт у подальшому використовується при встановленні періоду перерахунку каналу управління для регулятора. Отримані значення параметрів ОУ можуть

використовуватися в модулях регулювання і в модулях настроювання PID закона за параметрами ОУ.

#### С4.11. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ СТРУКТУРОВАНИМИ ДАНИМИ МІЖ ПРОГРАМНИМИ ДОДАТКАМИ

*М.В. Євланов, І.Ю. Панфьорова, В.А. Никитюк  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

Актуальною проблемою розвитку автоматизованих інформаційних систем є проблема створення простого і надійного механізму обміну даними між різноманітними додатками, які базуються на різних апаратно-програмних платформах, працюють в розподіленому середовищі, використовуючи власні внутрішні формати.

В роботі запропонована технологія вирішення задачі імпортування даних з однієї інформаційної системи в іншу в рамках технології моніторингу процесів, які відбуваються на об'єкті.

Для практичної реалізації технології розроблено засіб імпортування даних із зовнішніх джерел (модулів автоматизованих інформаційних систем) у сховища даних, які використовуються як спеціалізовані джерела інформації для наступного проведення її аналітичної обробки. З використанням технології NET був розроблений програмний модуль itool.exe. Цей програмний модуль призначений для отримання даних із зовнішніх джерел та збереження цих даних у текстовий файл, який використовується утилітою SQL\*Loader для завантаження даних безпосередньо в сховище. Програмний модуль, який реалізує задачу імпортування даних, розроблено з підтримки модулів, що підключаються, забезпечує з'єднання та отримання даних з різних СУБД. Як проміжний формат даних використовується формат даних XML.

Як приклади використання концепції обміну структурованими даними розроблено програмні модулі імпортування даних для роботи з СУБД Oracle та MS SQL.

#### С4.12. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ХРАНИМОЙ ИНФОРМАЦИИ

*И.Ю. Панфорова  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Анализируются методы и подходы к проектированию динамических систем, которые учитывают изменчивость информационных систем и объекта автоматизации. Реализация данных подходов невозможна без разработки новых методов динамического моделирования баз данных (БД) ИС. Данные методы должны учитывать зависимость структуры проектируемой БД от временных характеристик хранимой информации. В

ходе динамического моделирования БД ИС предлагается графовый подход, который основан на выполнении следующих действий: определение на этапе концептуального проектирования БД временных характеристик хранимых данных; выделение сущностей, содержащих конъюнктурную, прогностическую и асимптотическую информацию; организация связей между сущностями путем создания “деревьев”, “корнями” которых будут сущности, хранящие асимптотические данные, “ветвями” – сущности, хранящие прогностические данные, а “листьями” – сущности, хранящие конъюнктурные данные.

#### С4.13. ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА CdZnTe-ДЕТЕКТОРОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

*А.А. Захарченко, В.Е. Кутний, А.В. Рыбка, М.А. Хажмурадов  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Проведено моделирование функции отклика (амплитудных спектров) планарного CdZnTe-детектора в диапазоне энергий  $\gamma$ -квантов от 50 кэВ до 3 МэВ с учетом неполного сбора заряда и изменения амплитуды сигнала вследствие наличия шумов детектора и электроники, а также захвата носителей ловушками. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показывает, что при наличии в измеряемом спектре  $^{137}\text{Cs}$  выраженного фотопика 661,67 кэВ (отношение пик/долина больше 2:1) функция отклика CdZnTe-детекторов с низким разрешением по энергии может быть восстановлена по результатам анализа спектров всего от двух источников:  $^{214}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Для более точного учета влияния захвата носителей на ширину фотопика детектора в зависимости от энергии гамма-квантов предпочтительнее использовать источник  $^{152}\text{Eu}$ .

Результаты моделирования дискретной чувствительности дозиметрического блока детектирования на основе CdZnTe-детектора в диапазоне энергий 60...3000 кэВ хорошо согласуются с экспериментальными данными. Показано, что на основе рассмотренной методики можно моделировать отклик CdZnTe-детекторов на  $\gamma$ -излучения с произвольным спектром и рассчитывать эксплуатационные характеристики приборов для дозиметрии и спектрометрии  $\gamma$ -излучения.

#### С4.14. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОРСАТРОНА «УРАГАН-2М»

*С.А. Мартынов, В.П. Воробьева, М.С. Круголь,  
А.Ю. Юркин, М.А. Хажмурадов*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Сформулирована оптимизационная задача расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) торсатрона “Ураган-2М”. Рассмотрены

математические модели и методы расчета НДС, возникающих в элементах конструкции торсатрона. Определена функция цели и система ограничений на управляемые параметры при моделировании на макро- и микроуровнях. Получила развитие теория синтеза проектных решений тороидальных магнитных систем на основе расчетных моделей напряжений и деформаций, возникающих в элементах конструкций. Исследованы основные направления синтеза проектных решений: трехмерное моделирование винтовой обмотки торсатрона; анализ магнитной конфигурации; НДС торсатрона. Для трехмерного моделирования использованы графические программные средства – КОМПАС, AutoCad, SolidWorks. Показано, что под воздействием магнитных полей в элементах конструкций возникают напряжения, характерные объемному напряженному состоянию. Даны количественные оценки такого состояния и приведен математический аппарат. Рассмотрены задачи сеточной сходимости конечно-элементного анализа и адекватность использованных моделей реальной конструкции.

#### С4.15. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА ROOT ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФИЗИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

*И.М. Прохорец, С.И. Прохорец, Е.В. Рудычев, М.А. Хажмурадов*  
*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

ROOT - объектно-ориентированное программное обеспечение, которое по плану разработчиков будет давать возможность проводить генерацию событий, моделирование детекторов, реконструкцию событий, сбор и анализ данных. На данный момент разработчики основной упор делают на анализ и обработку данных. ROOT в дальнейшем можно будет использовать совместно с таким известным набором библиотек, как GEANT4. ROOT может применяться для анализа больших массивов данных, что является весьма актуальным для ЛНС-экспериментов. В работе показаны возможности применения ROOT для эффективного анализа данных математического моделирования и физических экспериментов, а также визуализации радиографических изображений, полученных с помощью MCNPX.

#### С4.16. МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СПЕКТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ОТКЛИКА

*И.М. Прохорец, С.И. Прохорец, М.А. Хажмурадов,*  
*Е.В. Рудычев, Д.В. Федорченко*  
*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Рассмотрена методика восстановления исходных спектров CsI-детектора. Представленная методика основана на использовании полуэмпирических соотношений, описывающих энергетический спектр сцинтилляционного детектора, а также результатов математического моделирования

эффективности регистрации для различных энергий. Полученные зависимости были использованы для фитирования аппаратурных спектров и последующего расчета исходных энергетических спектров. Методика была использована для восстановления спектров реальных источников гамма-излучения, характерных для Чернобыльской АЭС.

#### С4.17. ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ CUDA ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ В ЗАДАЧАХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

*В.А. Дудник, В.И. Кудрявцев, Т.М. Серета, С.А. Ус, М.В. Шестаков  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Описаны возможности технологии CUDA (Compute Unified Device Architecture) — унифицированного программно-аппаратного решения для параллельных вычислений на GPU компании NVIDIA. Даны примеры использования CUDA для ускорения разработки приложений и реализации алгоритмов научно-технических расчетов, выполняемых средствами графических процессоров (GPGPU) ускорителей GeForce восьмого поколения. Описаны основные отличия языка программирования C для GPU от “обычного” C. Приведены сравнения временных характеристик выполнения некоторых основных операций алгоритмов без применения GPU и с использованием возможностей графического процессора GeForce ® 8800.

#### С4.18. АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ВЫЧИСЛЕНИЙ

*Ю.В. Мищеряков, В.Г. Кобзев, А.В. Головахина  
Харьковский национальный университет радиозлектроники*

Развитие технологий делает все более актуальным требование повышения скорости вычислений. Одним из основных направлений для этого является распределение вычислений, что, в свою очередь, привело к необходимости решать задачи, связанные с распараллеливанием как процессов обработки, так и данных. Если распараллеливание процессов связано не только с особенностями предметной области, а и с архитектурой процессоров, то распараллеливание данных в большей степени связано с предметной областью и структурой программного обеспечения для их обработки. В связи с этим можно выделить два основных подхода к распределению вычислений.

- (1) Имеется множество однотипных процессов, предназначенных для обработки большого объема данных, при этом данные являются условно независимыми. Основные задачи - выделение блоков данных приблизительно одинаковой величины и согласование полученных результатов вычислений.
- (2) Имеется множество процессов, при этом данные являются сильно зависимыми (вычисления должны проводиться последовательно). Основные задачи - выделение как можно более независимых блоков данных,

эффективное планирование новых заданий на обработку с учетом последовательности выполняемых заданий, согласование полученных результатов вычислений с учетом взаимозависимости. Эффективность указанных подходов определяется количеством и сложностью решаемых задач, а также степенью взаимосвязи используемых ими данных.

#### С4.19. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА РИСУНКОВ ПАПИЛЛЯРНОГО ТИПА

*В.Г.Кобзев*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

При изучении явлений различной природы результаты нередко представляют собой изображения полей, геометрически схожие с папиллярными узорами. Классификация папиллярных узоров наиболее часто производится на основе анализа формы и частоты линий в их центральной зоне. Многие существующие методы классификации используют пространственно-частотный анализ линий при заданной или выбранной центральной точке узора. Такой анализ основан на изучении частоты повторения папиллярных линий, пересекающих каждый из 6-8 лучей из центральной точки, определенным образом ориентированных в пространстве. Направления соседних лучей чаще всего отличаются на одинаковые угловые величины. Частотная составляющая анализа основана на сравнении степени совпадения периода пересечения папиллярных линий каждым лучом с заранее заданной величиной, что определяется специальным фильтром. Для улучшения результатов анализа предлагается вдоль каждого луча определять период повторения пересечений как величину, на которую указывает максимум значений фильтра при перестройке его параметра в реальном диапазоне изменения шага папиллярных линий. Множество полученных периодов повторений папиллярных линий, соответствующих каждому лучу, детальнее характеризует особенности анализируемого рисунка и является основой для построения новой классификационной процедуры.

### **Пленарное заседание 3. Фундаментальные исследования в целях развития ядерно-физических методик для нужд атомной энергетики, медицины и промышленности**

#### **ПЗ.01. ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ПОМОЩИ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Н.П. Дикий*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Ядерно-физические методы продолжают широко использоваться в исследованиях материалов для научных исследований и технологий. В настоящее время перспектива решения энергетических проблем видится только при использовании ядерного деления и синтеза. Ключевая роль при этом отводится развитию радиационного материаловедения. Использование ядерно-физических методов в решении многих задач радиационного материаловедения остается безальтернативным. Изучение массопереноса при воздействии ядерных излучений, особенно аналогов продуктов деления в защитных оболочках РАО и материалах предполагаемых хранилищ РАО. Использование аннигиляции позитронов для изучения оксидного упрочнения сталей и SiC-композитов, а также распухания при воздействии гелия и других инертных газов.

#### **ПЗ.02. К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Ю.И. Ларионов, М.А. Хажмурадов*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Проблема оценки экономической безопасности предприятий в последнее время приобрела особую актуальность. Это объясняется тем, что эффективность их функционирования и в некоторых случаях существования зависит от степени защищенности экономических интересов. Основными проблемами, подлежащими решению, являются:

- оценка опасности, подверженности риску, уязвимости (чувствительности к риску), взаимодействия с другими рисками;
- определение набора составляющих экономической безопасности;
- формализованное описание свойств предприятия и стабилизирующих факторов с точки зрения экономической безопасности;
- разработка методик комплексной оценки уровня экономической безопасности, поскольку разные составляющие вносят разный вклад в общий комплексный показатель.

Функциональными составляющими экономической безопасности могут быть: зоны риска; количественные оценки рисков; финансовая, кадровая, интеллектуальная, технологическая, экологическая, информационная,

правовая и силовая составляющие. К ним также можно отнести интерфейсную и рыночную составляющие, которые характеризуют надежность взаимоотношений с партнерами.

Обеспечение экономической безопасности предусматривает идентификацию, анализ и оценку угроз по каждой из перечисленных составляющих и разработку системы контроля и управления безопасностью.

### ПЗ.03. УКРАИНО-АМЕРИКАНСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФОТОЯДЕРНОМУ ПОЛУЧЕНИЮ ИЗОТОПА Cu-67

*Н.И. Айзацкий, Е.З. Биллер, А.Н. Довбня, Р.Н. Дронов,  
В.И. Никифоров, В.Л. Уваров, D. Ehst<sup>1</sup>*

*ННЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина;  
<sup>1</sup>Аргоннская национальная лаборатория, США*

Изотоп Cu-67 считается одним из наиболее перспективных для применения в радиоиммунной терапии. Вместе с тем, существующие методы его производства на базе циклотронов и высокопоточных реакторов не удовлетворяют возрастающие потребности медицины. На протяжении последних лет в рамках совместной программы ХФТИ и АНЛ велась разработка технологии производства Cu-67 на линейном ускорителе электронов в реакции  $^{68}\text{Zn}(\gamma, p)^{67}\text{Cu}$ . В сообщении изложены результаты моделирования и оптимизации состава мишенного комплекса для наработки изотопа в условиях ускорителя *Rensselaer Polytechnic Institute (RPI, США)*. Описаны конструкция комплекса и результаты проведенного с его использованием в RPI эксперимента по наработке и выделению Cu-67 из мишени на основе природного цинка.

Работа выполнена в рамках проекта УНТЦ Р-228

### ПЗ.04. УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАММА-ПОЛЕЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

*В.Г. Батий, И.М. Копанец, Н.А. Кочнев, В.В. Селюкова,  
Д.В. Федорченко, М.А. Хажмурадов  
ННЦ "Харьковский физико-технический институт"*

Для проведения измерений угловых и энергетических характеристик гамма-излучения был разработан и изготовлен мобильный коллимированный гамма-спектрометр (КГС) на основе CdZnTe-детектора. К основным преимуществам КГС по сравнению с существующими аналогами относятся небольшие размеры и масса, что позволит более эффективно его использовать в сложных радиационных условиях и в местах с затрудненным доступом, например, в объекте "Укрытие" Чернобыльской АЭС. Кроме того, размеры коллиматора подобраны таким образом, чтобы установку можно



было использовать для физического моделирования процесса измерений при помощи многодетекторных устройств типа ШД-1, ШД-3.

Была разработана оригинальная электронная схема гамма-спектрометра, включающая: предусилитель, усилитель-формирователь, быстрый АЦП AD9200 и схему управления и накопления данными (СУНД). СУНД разработана на основе микропроцессора ATmega88 и позволяет реализовывать ручной и автоматический режимы управления, а также возможность дистанционного управления и передачи данных.

## **Секция 5. Фундаментальные исследования в целях развития ядерно-физических методик для нужд атомной энергетики, медицины и промышленности**

### **C5.01. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА БОРА В КАРБИДЕ БОРА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ЯДЕРНОГО МИКРОАНАЛИЗА**

*В.Н. Бондаренко, А.В. Гончаров, А.П. Данилов, В.И. Сухоставец,*

*В.Р. Татаринов, А.Г. Толстоуцкий*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Карбид бора является перспективным материалом для поглощающих элементов (ПЭЛ). ПЭЛы, изготовленные на основе  $B_4C$ , могут применяться как в реакторах, так и в контейнерах временного хранения отработанного ядерного топлива. Для материалов, применяемых в ядерной энергетике, важен изотопный контроль. Обычно такой контроль осуществляется с помощью масс-спектрометрии, которая является разрушающим методом анализа. В работе рассмотрена возможность контроля соотношения изотопов  $^{10}B$  и  $^{11}B$  в карбиде бора с помощью неразрушающих методов ядерного микроанализа: спектрометрии упругого рассеяния ионов гелия (метод RBS) и регистрации гамма-квантов из реакций, возбуждаемых протонами (метод PIGE). Исследуемые образцы карбида бора приготавливались из порошков методом горячего прессования. Измерения проводились на ускорителе “Сокол” ННЦ ХФТИ. Показано, что указанными методами можно контролировать содержание  $^{10}B$  и  $^{11}B$  в карбиде бора с точностью 1...2%. Возможное практическое применение методов – изотопный контроль материалов ядерной энергетики и экспортный контроль.

### **C5.02. НЕЙТРОННО-РАДИАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

*Н.А. Иванов<sup>1</sup>, Ю.К. Колобов<sup>1</sup>, И.Н. Коробков<sup>2</sup>, Ю.И. Ольшанский<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН, г.Гатчина, Россия;*

*<sup>2</sup>Научно-технический центр “РАТЭК”, г.Санкт-Петербург, Россия*

Разработана математическая модель установки обнаружения взрывчатых веществ на основе нейтронно-радиационного анализа на быстрых нейтронах. С применением метода Монте-Карло и программного пакета MCNP4C проведены расчеты фоновых характеристик и уровней полезного сигнала для среднестатистического багажа авиапассажира. Для определения пространственного распределения концентрации химических элементов C, N, O в багаже использован метод “меченых” нейтронов (API-метод). Рассмотрены возможные направления оптимизации установки.

### С5.03. ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМА ВОЛНЫ ФЕОКТИСТОВА В БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Th-U-ЦИКЛА

*Ю.П. Мельник, В.В. Пилипенко, А.С. Фомин, С.П. Фомин, Н.Ф. Шульга  
Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Исследована возможность реализации режима волны медленного ядерного горения в безопасном реакторе на быстрых нейтронах (волны Феоктистова) для Th-U топливного цикла. Расчеты основаны на решении нестационарного нелинейного диффузного уравнения нейтронного транспорта для цилиндрического гомогенного реактора с использованием концепции радиального баклинга и эффективного многогруппового приближения с учетом ядерной кинетики предшественников запаздывающих нейтронов, процессов выгорания и наработки основных нуклидов Th-U-цикла.

Проведенные расчеты показали принципиальную возможность инициации и распространения волны ядерного горения в Th-U среде со скоростью приблизительно 4 см/год. Добавление с состав реактора даже относительно небольших количеств конструкционного материала и теплоносителя приводит, однако, к невозможности реализации режима волны горения. В этом случае также устанавливается самоподдерживающийся режим ядерного горения, существующий в течение довольно продолжительного периода времени (порядка 30 лет), тем не менее, система не переходит в режим волны горения, бегущей вдоль оси реактора.

### С5.04. ЯДЕРНОЕ ГОРЕНИЕ В РЕЖИМЕ ВОЛНЫ ФЕОКТИСТОВА В БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

*Ю.П. Мельник, В.В. Пилипенко, А.С. Фомин, С.П. Фомин, Н.Ф. Шульга  
Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Для исследования временной эволюции пространственно-энергетических распределений нейтронного потока в безопасном быстром реакторе (БР), работающем в режиме волны ядерного горения Феоктистова (ВФ), разработан код EVOLM2D, который основан на решении многогрупповых нестационарных диффузионных уравнений переноса нейтронов совместно с уравнениями выгорания топлива и ядерной кинетики для предшественников запаздывающих нейтронов для двумерной цилиндрической геометрии БР.

Рассмотрен БР с металлическим топливом U-Pu-цикла с учетом конструкционного материала (Fe) и теплоносителя (Pb-Bi). Изучены особенности иницирования и распространения ВФ, а также выгорания и наработки топливных компонентов в двумерной геометрии БР. Благодаря наличию обратной отрицательной связи по реактивности (режим с внутренней безопасностью) такой БР может длительное время автоматически поддерживаться в состоянии, близком к критическому. Режим ВФ

характеризуется высокой степенью выгорания топлива (порядка 50%). Исследована зависимость скорости распространения ВФ от радиуса реактора.

#### C5.05. ВЛИЯНИЕ СНИЖЕНИЯ СРЕДНЕГО ОБОГАЩЕНИЯ ТОПЛИВА В БЫСТРОЙ ЗОНЕ НА ОСНОВНЫЕ НЕЙТРОНОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ “ЯЛІНА-БУСТЕР”

*В.В. Бурнос, А.И. Киевицкая, А.В. Куликовская, К.К. Рутковская,  
С.М. Садович, А.С. Федоренко, А.Ю. Фоков, Ю.Г. Фоков  
Объединенный институт энергетических и ядерных исследований  
Сосны, г.Минск, Беларусь*

Представлены результаты экспериментальных и расчетных исследований нейтронофизических характеристик подкритической сборки «Яліна-Бустер» с модифицированной активной зоной (после замены металлического топлива 90 % -го обогащения на окисное топливо 36 % -го обогащения в центральной части быстрой зоны): эффективный коэффициент размножения нейтронов  $k_{эф}$ , пространственные распределения плотности потока нейтронов, спектры нейтронов.

Приводится сравнение расчетных и экспериментальных значений уровней подкритичности сборки, расчетных и экспериментальных пространственных распределений плотности потока нейтронов в экспериментальных каналах быстрой и тепловой зон, графитового отражателя при различных внешних источниках нейтронов ( $^{252}\text{Cf}$ , нейтроны реакций синтеза ядер DD и DT).

#### C5.06. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРАБОТКИ Pu-239 В ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКЕ УСТАНОВКИ ”ЭНЕРГИЯ +ТРАНСМУТАЦИЯ”

*В.А. Воронко<sup>1</sup>, Ю.Т. Петрусенко<sup>1</sup>, В.В. Сотников<sup>1</sup>, В.В. Сидоренко<sup>1</sup>,  
И.В. Жук<sup>2</sup>, А.С. Потапенко<sup>2</sup>, А.А. Сафронова<sup>2</sup>, А.И. Киевицкая<sup>2</sup>,  
В.В. Бурнос<sup>2</sup>, М.И. Кривоустов<sup>3</sup>, С.Р. Хашеми-Несхад<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, г.Харьков, Украина;

<sup>2</sup>Объединенный институт энергетических и ядерных исследований  
Сосны, г.Минск, Беларусь;

<sup>3</sup>Объединенный институт ядерных исследований, г.Дубна, Россия;

<sup>4</sup>Сиднейский университет, г.Сидней, Австралия

Одной из важнейших характеристик проектируемых электроядерных реакторов является величина коэффициента воспроизводства ядерного горючего. Эта величина определяется количеством Pu-239, наработанного в результате реакций радиационного захвата нейтронов ураном-238. В работе представлены экспериментальные результаты измерения наработки Pu-239 в бланкете подкритической сборки установки “Энергия+трансмутация” ОИЯИ, г.Дубна. Описаны ядерно-физические методики, с помощью которых

измерена наработка Pu-239. Проведено сравнение между экспериментальными данными и расчетами, выполненными с использованием программы MCNPX 2.5e. Хорошее согласие между измеренными и расчетными данными в бланкете U/Pb сборок свидетельствует, что расчетная модель обеспечивает корректное описание переноса частиц в веществе бланкета.

#### С5.07. ГЕНЕРАЦИЯ ПРОТОНОВ МЕГАЭЛЕКТРОНВОЛЬТНЫХ ЭНЕРГИЙ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ВОДО-ВОДЯНОГО РЕАКТОРА

*А.В. Ганн, В.В. Ганн*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Методом Монте Карло рассчитан спектр быстрых протонов, возбуждаемых в воде быстрыми нейтронами активной зоны. Основным механизмом образования быстрых протонов в замедлителе является упругое рассеяние быстрых нейтронов на ядрах атомов водорода. Показано, что при номинальной мощности реактора поток быстрых протонов на оболочку твэла составляет величину порядка  $0,1 \text{ мкА/см}^2$ , средняя энергия протонов  $\sim 1 \text{ МэВ}$ , а максимальная энергия достигает  $10 \text{ МэВ}$ . Рассмотрен процесс имплантации водорода в циркониевую оболочку твэла. Рассчитан профиль пробегов протонов по толщине оболочки. Средняя глубина проникновения быстрых протонов в циркониевую оболочку составляет  $20 \text{ мкм}$ , а максимальная глубина пробега достигает  $200 \text{ мкм}$ . Обсуждается роль рассмотренного явления в процессах наводороживания циркониевой оболочки твэлов в воде при реакторном облучении.

#### С5.08. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СПЕКТРА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ “ЯЛІНА-БУСТЕР” МЕТОДОМ ПОРОГОВЫХ РЕАКЦИЙ

*А.И. Киевицкая<sup>1</sup>, С.В. Корнеев<sup>1</sup>, Б.А. Марцынкевич<sup>2</sup>,  
А.С. Степанов<sup>1</sup>, Ю.Г. Фоков<sup>1</sup>, А.М. Хильманович<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Объединенный институт энергетических и ядерных исследований  
Сосны, г.Минск, Беларусь;*

*<sup>2</sup>Институт физики им.Б.И. Степанова НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь*

Приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований спектров нейтронов в экспериментальных каналах подкритической сборки “Яліна-Бустер” с модифицированной активной зоной (после замены металлического топлива 90%-го обогащения на окисное топливо 36%-го обогащения в центральной части быстрой зоны) с использованием пороговых реакций при различных внешних источниках нейтронов (нейтроны реакций синтеза ядер DD и DT). Приводится схема эксперимента с использованием активационных пороговых детекторов, с помощью которых проводилось

восстановление спектра быстрых нейтронов. Выполненные по данной схеме численные расчеты сравниваются с экспериментальными результатами.

#### С5.09. БЕСПРОВОДНЫЙ СЕГМЕНТ СИСТЕМЫ СБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Д.К. Михнов, Мохаммед К. Мохаммед*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Проведен анализ эффективности применения беспроводного сегмента передачи информации на основе технологии Wi-Fi для системы сбора измерительной информации с испытательных стендов электрооборудования в производственных условиях. Для экспериментов использовались точка доступа Linksys WRT54GC и Wi-Fi USB адаптер DWA-110. Предложены рекомендации по организации работы беспроводного сегмента в системе и выбору комплекса технических средств Wi-Fi с учетом воздействующих внешних факторов и возмущений.

#### С5.10. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

*А.В. Михнова, Д.К. Михнов*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Разработана структура информационно-измерительной системы для регистрации параметров тока и напряжения при стендовых испытаниях автоматических выключателей в режиме короткого замыкания. Аппаратно-программный комплекс системы включает промышленный компьютер для сбора информации на базе модулей центрального процессора CPU686E и аналого-цифрового преобразования AI8S-5A фирмы Fastwel, а также программное обеспечение для визуализации полученных файлов на персональном компьютере с установленным MS Access. Система предназначена для одновременного съема информации по 8 каналам. Минимальный шаг дискретизации по времени – 40 мкс. Начало записи – по внешнему синхронизирующему сигналу. Проведены испытания экспериментального образца системы.

#### С5.11. АНАЛИЗ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ АКТИВНОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА РЕАКТОРА ВВЭР МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

*А.А. Захарченко, А.А. Вережкин, И.Н. Шляхов,*

*В.Е. Кутний, А.В. Рыбка, М.А. Хажмурадов*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Методом компьютерного моделирования исследовано применение CdZnTe-детекторов в системах непрерывного контроля герметичности

оболочек твэлов для анализа активности продуктов деления в теплоносителе первого контура ядерного реактора ВВЭР. Рассчитан отклик CdZnTe-детектора на гамма-излучение продуктов коррозии и активации теплоносителя и продуктов деления топлива, нуклидный состав и относительная активность которых характерны для реакторов ВВЭР. На основе данных расчета предлагается методика, позволяющая оценивать активность теплоносителя беспробоотборным методом с помощью CdZnTe-детекторов, имеющих сравнительно низкое разрешение по энергии без выделения отдельных спектральных линий. Показано, что непрерывный контроль активности теплоносителя первого контура возможен с помощью гамма радиометра-спектрометра, измеряющего соотношение суммарных активностей в четырех энергетических интервалах в диапазоне энергий гамма-квантов от 60 до 1300 кэВ.

#### C5.12. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ЯДЕРНОЙ ОПАСНОСТЬЮ

*И.М. Прохорец, С.И. Прохорец, Е.В. Рудычев, М.А. Хажмурадов  
Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

В настоящее время атомная энергия широко используется в Украине для производства электричества. Исходя из принятой энергетической стратегии Украины до 2030 года в Украине ожидается появление новых объектов с ядерной и радиационной опасностью. Радиоактивные материалы образуются как в результате работы АЭС, так и в результате применения радиационных технологий в промышленности и научных исследованиях. Например, источником опасного излучения является ядерное топливо, используемое в мишенном устройстве, управляемом ускорителем заряженных частиц.

В представленной работе приведены результаты исследований безопасности объектов, состоящих из тепловыделяющих сборок реактора ВВЭР-1000 в транспортном контейнере и мишенного устройства нейтронного источника, управляемого ускорителем электронов. В качестве методики исследований применялось имитационное моделирование с использованием современных программных кодов MCNP4C и MCNPX.

#### C5.13. МЕТОДИКА РАСЧЕТА АКТИВАЦИИ И ТРАНСМУТАЦИИ ИЗОТОПОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ОБЛУЧЕНИЯ

*Е.В Рудычев, М.А. Хажмурадов  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Существующие методы расчета активации и трансмутации элементов основываются на решении диффузионных уравнений концентрации изотопов. Большинство современных объектов исследования является сложными объектами, чаще всего с сильно гетерогенной структурой. Определение потоков и энергетических характеристик частиц для анализа

активации и трансмутации таких систем аналитическими или численными методами затруднительно. Разработана комбинированная методика, использующая прямой метод моделирования Монте-Карло и итерационно-численный метод решения диффузионных уравнений концентрации изотопов. В качестве инструментов выбраны программные коды GEANT4, MCNPX и код FISPACT, использующий европейские базы данных по активационным сечениям и типам распада – EAF Cross-Section, EAF Decay. Методика расчета открывает большие возможности для изучения активационных процессов и анализа дозовых и концентрационных характеристик материалов. Проведены исследования возможности трансмутации РАО под действием внешних нейтронов, и оптимизировано влияние различных параметров на схему трансмутации. Выполнен расчет активации вольфрамовой мишени сильноточного ускорителя электронов. Определены активность мишени и радиационная опасность после облучения.

#### С5.14. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ В ОСЕВОМ КАНАЛЕ КРИСТАЛЛА Ni+0,18 at.% <sup>13</sup>C

*М.В. Ващенко, Н.А. Скакун*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Проведено моделирование зависимости выхода  $\gamma$ -квантов резонансной ядерной реакции, возбуждаемой каналированными протонами в твердом монокристаллическом растворе никель+углерод. В расчетах использован изолированный резонанс реакции  $^{13}\text{C}(p,\gamma)^{14}\text{N}$  при энергии протонов 1,747 МэВ. Использование резонансной реакции позволило выявить в центре осевого канала  $\langle 110 \rangle$ , в узкой приповерхностной зоне кристалла, область однородного распределения плотности потока каналированных протонов.

Ранее [1] применение техники каналирования показало, что атомы углерода в никеле при концентрациях, не превышающих предел растворимости, занимают октаэдрические междуузлия, т.е. находятся в центре канала  $\langle 110 \rangle$ . Так как протяженность области однородного распределения потока протонов в канале оказалась существенно большей ширины резонанса, методом изолированного резонанса удалось определить потери энергии протонов в канале на свободных и слабо связанных электронах. Сравнение моделированного выхода реакции и результатов экспериментальных измерений в области однородного распределения плотности потока каналированных протонов показало, что электронные потери энергии протонов в осевом канале  $\langle 110 \rangle$  кристалла Ni+0,18 at.% <sup>13</sup>C составляют 0.6 табличных потерь энергии для неканалированных протонов.

1. N.A. Skakun, V.A. Oleinik et al. Channeling study of carbon atom location in Re-C<sub>x</sub> and Ni-C<sub>x</sub> systems // *Nucl. Instr. Meth.* 1992, v. B67, p. 202-206.



## С5.15. ИЗМЕРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРОВ ЙОДА И ЕГО ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПОТОКА ВЕНТИЛИРУЕМОГО ВОЗДУХА

*В.Г. Колобродов, В.И. Соколенко, М.А. Хажмурадов  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Основную радиационную опасность для обслуживающего персонала АЭС представляет изотоп йода-131 (период полураспада  $\approx 8,05$  сут) и йодистый метил на его основе из-за их способности накапливаться в организме человека. Для локализации паров этих веществ в системах вентиляции воздуха АЭС используются адсорберы угольные типа АУ-1500. Наиболее важными характеристиками адсорберов являются ресурс работы, эффективность очистки от примесей и аэродинамическое сопротивление при заданных потоках вентиляруемого воздуха. С измерением эффективности очистки и оценкой ресурса работы адсорберов возникают некоторые проблемы, связанные с очень малыми концентрациями паров йода-131 и йодистого метила. Объемная концентрация паров йода-131 в вентиляруемом воздухе при нормальной работе энергоблока на входе в адсорбер равна  $c_{вх} \approx 2 \cdot 10^{-16} \%$ , а на выходе  $c_{вых} \approx 1 \cdot 10^{-18} \%$ . Почти все методики измерения эффективности поглощения малой концентрации примесей в газе-носителе основаны на методе накопления их на сорбирующих элементах. Этот метод заключается в том, что со входа и выхода адсорбера отбирается контролируемый поток газовой смеси и пропускается через пакет адсорбционных аналитических фильтров, на которых происходит накопление примесной компоненты. В работе сделан анализ различных используемых для измерения эффективности очистки методик, проведена оценка их чувствительности и предложена оптимальная схема использования.

## С5.16. РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКИХ СМЕСЕЙ $^3\text{He}-^4\text{He}$

*Р.М. Сибилева, Л.В. Карнацевич, М.В. Мельников, М.А.Хажмурадов  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Инженерные таблицы для термодинамических характеристик жидких смесей  $^3\text{He}-^4\text{He}$  необходимы для тепловых расчетов криостатов, основанных на методе растворения  $^3\text{He}$  в  $^4\text{He}$ . Ранее нами была составлена математическая программа для получения аппроксимирующего выражения для уравнения состояния в виде зависимости давления (P) от температуры (T), молярного объема (V) и концентрации смеси (с) ( $P=P(V, T, c)$ ), основанная на массиве экспериментальных P-V-T-данных для жидких смесей  $^3\text{He}-^4\text{He}$  и чистых веществ, полученных в лаборатории молекулярной физики и криогенной техники ННЦ ХФТИ, а также аналогичных данных вдоль линии насыщенных паров и линии начала затвердевания. С использованием

полученного единого уравнения состояния был составлен ряд программ для расчета термодинамических характеристик жидких смесей  ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$  в интервале температур 2,25...4,2 К и давлений 0...10 МПа.

#### С5.17. АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКТИВИРОВАННОГО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАГНЕТИТА

*Н.П. Дикий<sup>1</sup>, Е.П. Медведева<sup>1</sup>, И.Д. Федорец<sup>2</sup>, Н.П. Хлапова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”;*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина  
fedorets@univer.kharkov.ua*

Исследованы особенности получения активированного наномангнетика  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Нарботка наведенной активности наномангнетита до уровня, теоретически необходимого для достижения терапевтического эффекта, проводилась на ЛУЭ ННЦ ХФТИ на пучках с энергией 22 и 45 МэВ и током 500 и 6 мкА соответственно. С помощью методов рентгеновской дифрактометрии и ИК-спектроскопии проведен сравнительный анализ фазового состава, состояния кристаллической структуры и характера решеточных колебаний ионов железа  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в окта- и тетраэдрических позициях элементарной ячейки активированного наномангнетита и наномангнетита фирмы Alta Aesar a Johnson Mathey Company. В дальней области спектра наблюдаются две широкие полосы поглощения вблизи 590 и 440  $\text{см}^{-1}$ , ассоциируемые с решеточными колебаниями Fe-O-связей в тетраэдральных и октаэдральных позициях  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  соответственно. В ближней области спектра наблюдается широкая полоса поглощения вблизи 3500...3490  $\text{см}^{-1}$ , относящаяся к валентным колебаниям связанных OH-групп, которые легко вступают во взаимодействие с полимерными и неорганическими соединениями, образуя прочное защитное покрытие для магнитных наночастиц. Установлена идентификация параметров кристаллической структуры и полос поглощения решеточных колебаний Fe-O-связей исследуемых образцов.

#### С5.18. МЕТОД АНАЛИЗА КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА РАДИОАКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА

*А.Н. Водин<sup>1</sup>, В.Ю. Корда<sup>2</sup>, Л.П. Корда<sup>1</sup>, В.Т. Быков<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики  
ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Институт электрофизики и радиационных технологий НАНУ, г.Харьков*

Решение задачи определения компонентного состава радиоактивных образцов измерением зависимости их активности  $N(t)$  за достаточно продолжительный период времени  $T$  с применением обычных методов

(метод наименьших квадратов, например) может привести к ошибочным результатам. Это связано с традиционными проблемами численных расчетов, в частности, возникающими при численном обращении матриц. Поэтому для решения вышеупомянутой задачи было предложено применить метод, основанный на использовании эволюционного алгоритма [1], который не предполагает действий, связанных с традиционными проблемами численных расчетов. В работе проведена подгонка кривых распада наведенной активности радиоактивных образцов с применением указанного метода обработки экспериментальных данных. Полученные результаты по периодам полураспада радиоактивных элементов согласуются со справочными данными. Работа выполнена в рамках гранта НАН Украины ЯМРТ X-9-535.

1. В.Ю. Корда, А.С. Молев, Л.П. Корда // *Вісник ХНУ. Серія фізична "Ядра, частинки, поля"*. 2007, т. 763, вип. 1/33/, с. 57.

#### С5.19. К ОЦЕНКЕ ЗАПАСА $^{90}\text{Sr}$ ПО $^{137}\text{Cs}$ В УКРАИНСКОЙ ЧАСТИ 30-км ЗОНЫ ЧАЭС

*А.Н. Водин<sup>1</sup>, С.Н. Олейник<sup>1</sup>, Э.А. Рудак<sup>2</sup>, И.В. Ушаков<sup>1</sup>, О.И. Ячник<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>ННЦ "Харьковский физико-технический институт", г.Харьков, Украина;*  
*<sup>2</sup>Институт физики им.Б.И. Степанова НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь*

В работах [1,2] была сделана оценка запаса  $^{90}\text{Sr}$  в почве украинской части 30-км зоны ЧАЭС по известному запасу  $^{137}\text{Cs}$ . Основной вывод данных работ – выброс топлива за пределы промплощадки составил 1,5 %, а не 3 %, как это считалось ранее. Как следствие, и уровень загрязненности почв изотопами трансурановых элементов также должен быть примерно вдвое меньше.

В настоящей работе сделана попытка выяснить причину расхождения результатов [1,2] с предыдущими оценками, которая может заключаться в том, что задача определения запаса  $^{90}\text{Sr}$  по запасу  $^{137}\text{Cs}$  неоднозначна и имеет два решения. По структуре она относится к вероятностным задачам, в которых необходимо оперировать со средними арифметическими значениями каких-либо величин, являющихся удовлетворительными приближениями к математическим ожиданиям. А в работах [1,2] расчеты проведены со средними гармоническими значениями, вследствие чего и было получено заниженное значение запаса  $^{90}\text{Sr}$  и соответственно выброса топлива.

Работа поддержана грантами М/68-2008 МОН Украины и ГПФИ "Поля и частицы", задание 32 республики Беларусь.

1. В.А. Кашпаров, С.М. Лундин, Ю.В. Хомутинин и др. // *Радиохимия* 2000, т. 42, № 6, с. 550.

2. В.А. Кашпаров, С.М. Лундин, С.И. Зварич и др. // *Радиохимия* 2003, т. 45, № 2, с. 173.

**Секция 6. Исследования по ядерной физике на пучках электронов и фотонов, в том числе на установках СП-95, «Электрон» и на прямом выходе**

**С6.01. ЗАСЕЛЕНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР  $^{84}\text{Rb}$  И  $^{86}\text{Rb}$  ВБЛИЗИ ПОРОГОВ РЕАКЦИЙ  $(\gamma, n)^m$**

*В.М. Мазур, З.М. Биган, Д.М. Симочко, Т.И. Маринец  
Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород*

В области энергий 11...12 МэВ на тормозном пучке микротрона М-30 с шагом  $\Delta E = 62,5$  кэВ измерены изомерные отношения выходов реакций  $^{85}\text{Rb}(\gamma, n)^{84m}\text{Rb}$ ,  $^{87}\text{Rb}(\gamma, n)^{86m}\text{Rb}$ . Установлен эффективный порог возбуждения изомерного состояния с  $J^\pi = 6^-$  в реакции  $^{85}\text{Rb}(\gamma, n)^{84m}\text{Rb}$ :  $E_{\text{эф.}} = (11.14 \pm 0.06)$  МэВ, что соответствует энергии возбуждения ядра  $E_{\text{возб.}} = E_{\text{эф.}} - B_n = (640 \pm 60)$  кэВ. Эффективный порог реакции  $^{87}\text{Rb}(\gamma, n)^{86m}\text{Rb}$  составляет  $E_{\text{эф.}} = (11.16 \pm 0.06)$  МэВ, что соответствует энергии возбуждения ядра  $(1260 \pm 60)$  кэВ и в пределах ошибок - активационному уровню 1248 кэВ [1]. Первым уровнем, который бы мог быть активационным и заселять изомерное состояние, является уровень с  $J^\pi = (4, 5^-)$  и энергией 1092,8 кэВ [1]. Мы не обнаружили заселения уровня с  $E = 1092$  кэВ и  $J^\pi = (4, 5^-)$  [1]. Данные из ENSDF не дают однозначного значения для спина этого уровня. В реакциях срыва и подхвата  $^{85}\text{Rb}(d, p)^{86}\text{Rb}$ ,  $^{87}\text{Rb}(d, p)^{86}\text{Rb}$  были установлены возможные значения с  $J^\pi = 4^-$  и  $J^\pi = 5^-$  при возможной конфигурации  $[(\pi 2p^{-1}_{3/2}), (v 1g^{-1}_{9/2})]$  для состояния с  $J^\pi = 5^-$ , хотя другие значения спина для этого уровня не исключены [1]. То обстоятельство, что мы не обнаружили возбуждение уровня с  $E = 1092$  кэВ может указывать, что вероятнее его спин-четность с  $J^\pi = 5^-$ .

1. B. Singh // *Nucl. Data Sheets*. 2001, v. 94, p. 1.

**С6.02. ЗАВИСИМОСТЬ ИЗОМЕРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ОТ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ В РЕАКЦИИ  $^{74}\text{Se}(\gamma, n)^{73m,g}\text{Se}$**

*В.М. Мазур, З.М. Биган, Д.М. Симочко, Т.И. Маринец  
Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород*

Измерены изомерные отношения выходов реакций  $^{74}\text{Se}(\gamma, n)^{73m,g}\text{Se}$   $d = Y_m/Y_m + Y_g$ . Здесь  $Y_m$ ,  $Y_g$  - выходы заселения соответственно изомерного m и основного g состояний. Исследования проводились в интервале энергий ускоренных электронов 12...18 МэВ с шагом  $\Delta E = 0.5$  МэВ на микротроне М-30 ИЭФ НАН Украины. Энергетическая неопределенность энергии пучка электронов была не хуже 40 кэВ. В качестве тормозной мишени использовалась танталовая пластина толщиной 0.5 мм. Измерения проводились активационной методикой. Для идентификации возбуждения изомерного состояния со спин-четностью  $J^\pi = 3/2^-$  использовалась гамма-линия  $E_\gamma = 254$  кэВ, основного - с  $J^\pi = 9/2^-$  гамма-линия с  $E_\gamma = 361$  кэВ.

Полученное изомерное отношение выходов обнаруживает тенденцию к падению и составляет при  $E_{\gamma\max} = 14$  МэВ  $d = 0.89$ , при  $E_{\gamma\max} = 14$  МэВ  $d = 0.85$ . Экспериментальные результаты находятся в удовлетворительном согласии с расчетами по программе TALYS-1.0. При этом вылет нейтронов из материнского ядра рассматривается как статистический процесс в рамках формализма Хаузера-Фешбаха. Структура высоковозбужденных состояний описывается формулой плотности уровней в модели ферми-газа со смещенной энергией.

#### С6.03. ТЕРМОДИНАМИКА МАЛЫХ СИСТЕМ: $^{236}\text{U}$ , СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И УПОРЯДОЧЕНИЕ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ

*В.Т. Маслюк, О.О. Парлаг, А.И. Лендел, Т.Й. Маринец  
Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород*

Обсуждается вопрос проявления квантовых характеристик нуклонов в условиях статистических флуктуаций параметров при делении ядра. Представлены результаты расчета первичных массовых (зарядовых) спектров осколков деления атомных ядер с учетом стохастических эффектов, характерных для малых систем. В качестве примера выбран изотоп  $^{236}\text{U}$ , для которого имеется достоверная база данных о выходах осколков деления. Обсуждаются пределы применимости статистического подхода для характеристики состояния ядра ядерной температурой  $T$  (см. также [1]), давлением  $P$  и объемом  $V$ . Аппроксимация экспериментальных результатов по осколкам деления  $^{236}\text{U}$  проводится при использовании метода Монте-Карло, моделирующего различную амплитуду статистических флуктуаций параметров  $T$ ,  $P$ ,  $V$ , а также числа нейтронов деления. Хорошие приближения первичных спектров осколков деления к экспериментальным получается также при исключении короткоживущих фрагментов деления.

1. A. Kelic, J. Natowitz, K.-H. Schmidt // *Eur. Phys. J.* 2006, v. A30, p. 203-212.

#### С6.04. О КАТАЛОГЕ ГАММА-СПЕКТРОВ ПРОДУКТОВ АКТИВАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ МИКРОТРОНА

*О.А. Парлаг, В.Т. Маслюк, П.П. Пуга, В.М. Головей  
Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород  
nuclear@email.uz.ua*

В каталоге [1] приведено 111 гамма-спектров 151 радиоизотопа, полученных при активации образцов 58 химических элементов и 3 стабильных изотопов тормозным излучением электронного ускорителя (микротрона М-30) при максимальных энергиях 12 и 14 МэВ. Гамма-спектры измеряли на спектрометрическом комплексе SBS-40 с коаксиальным

Ge(Li)-детектором объемом  $100 \text{ см}^3$  в диапазоне энергий от 50 до 3500 кэВ. В работе приводятся сведения об образовании радиоизотопов по основным каналам  $(\gamma, n)$ -,  $(\gamma, \gamma')$ - и  $(n_{th}, \gamma)$ -реакций, а также их основные ядерно-физические характеристики. Полученные экспериментально гамма-спектры во многих случаях являются смешанными спектрами нескольких радиоизотопов конкретного химического элемента с природным содержанием стабильных изотопов. Для нужд активационного анализа при решении прикладных задач такие спектры представляют больший интерес по сравнению со спектрами отдельных радиоизотопов.

Каталог рассчитан на широкий круг специалистов в области ядерно-физических методов анализа состава вещества и предназначен для идентификации радиоизотопов, а также оценки чувствительности определения элементов в фотоядерном активационном анализе.

1. О.О. Парлаг, В.Т. Маслюк, П.П. Пуга, В.М. Головей. Каталог гамма-спектров продуктов активации химических элементов гальмивным випромінюванням мікротрона. К.: Наукова Думка, 2008, 184 с.

#### С6.05. ВЫХОДЫ ОСКОЛКОВ ФОТОДЕЛЕНИЯ $^{237}\text{Np}$ и $^{241}\text{Am}$

*О.А. Парлаг<sup>1</sup>, В.Т. Маслюк<sup>1</sup>, А.И. Лендьел<sup>1</sup>, Ю.В. Кибкало<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт электронной физики НАН Украины, г. Ужгород;*

<sup>2</sup>*Институт ядерных исследований НАН Украины, г. Киев*

Измерены относительные кумулятивные выходы осколков фотodelения  $^{237}\text{Np}$  и  $^{241}\text{Am}$  при максимальной энергии тормозного излучения 12.5 МэВ методом полупроводниковой гамма-спектроскопии [1]. Облучение делящихся мишеней ядер  $^{237}\text{Np}$  и  $^{241}\text{Am}$  проводилось на микротроне М-30 ИЭФ НАНУ. На гладкой кривой выходов массовых распределений тяжелых осколков фотodelения  $^{237}\text{Np}$  и  $^{241}\text{Am}$  наблюдается тонкая структура для масс 133...134, 138...140 и 143...145, что согласуется с существующими экспериментальными данными, полученными использованием аналогичной методики исследований для реакций  $^{237}\text{Np}(n, f)$  и  $^{241}\text{Am}(n, f)$ .

Для нечетных по  $Z$  делящихся ядер не характерны нечетно-четные эффекты, а тонкая структура определяется только оболочечными эффектами. Рассчитанные массовые распределения фрагментов деления (до испускания нейтронов) [2] асимметричной компоненты описываются суперпозицией трех гауссианов, которые соответствуют различным ядерным оболочкам фрагментов. Первая компонента связана со сферической оболочкой  $Z=50$ ,  $N=82$ , а вторая и третья оболочки, по-видимому, связаны с "деформированными" оболочками  $N=86...90$ .

1. O. Parlag. Proceeding of NPAE-Kyiv. 2006. Part II, p. 829-832.

2. А.И. Лендьел и др. // см. настоящий сборник тезисов.

### С6.06. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ $^{112}\text{Sn}(\gamma, p)^{111}\text{In}^{m,g}$

*В.С. Бохінюк, О.Г. Окунів, О.М. Парлаг, В.А. Пилипченко,  
М.Т. Саболичій, І.В. Соколюк*

*Ужгородський національний університет, м. Ужгород*

На гальмівному пучку бетатрона Б25/30 проведено вимірювання абсолютних виходів реакцій  $^{112}\text{Sn}(\gamma, p)^{111}\text{In}^{m,g}$  і  $^{112}\text{Sn}(\gamma, n)^{111}\text{Sn}$  в інтервалі енергій 17...24 МеВ на зразках із природної суміші ізотопів. Отримано ізомерні відношення для ізотопу  $^{111}\text{In}^{m,g}$  з врахуванням вкладу реакції  $^{112}\text{Sn}(\gamma, n)^{111}\text{Sn}^g$ , продукт якої шляхом  $\beta$ -розпаду перетворюється в  $^{111}\text{In}$ .

### С6.07. ІЗОМЕРНІ ВІДНОШЕННЯ ДЛЯ ВАЖКИХ УЛАМКІВ ФОТОПОДІЛУ ЯДЕР ТОРІЮ ТА УРАНУ ПОБЛИЗУ ЕФЕКТИВНОГО ПОРОГУ ПОДІЛУ

*В.С. Бохінюк, І.І. Гайсак, О.Г. Окунів, А.П. Осипенко,  
В.А. Пилипченко, М.Т. Саболичій, О.М. Фрадкін, І.В. Хіміч  
Ужгородський національний університет, м. Ужгород*

Проведено вимірювання ізомерних відношень у реакціях фотоподілу  $^{232}\text{Th}$  та  $^{238}\text{U}$  у діапазоні максимальних енергій від 7,2 до 20 МеВ для уламків:  $^{131}\text{Te}$ ,  $^{133}\text{Te}$ ,  $^{134m}\text{I}$  та  $^{135}\text{Xe}$ . Використовувались гальмівні пучки мікротрона М10 або бетатрона Б25 (УжНУ) та  $\gamma$ -спектрометрична методика вимірювання виходів [1]. Виявлено суттєве зменшення ізомерних відношень у припороговому діапазоні енергій по мірі віддалення чисел нуклонів в уламках від магічних значень. Результати розглядаються у межах статистичної моделі поділу з врахуванням оболонкових поправок.

І. В.С. Бохінюк, І.І. Гайсак, О.Г. Окунів, А.П. Осипенко, В.А. Пилипченко, М.Т. Саболичій, І.В. Хіміч. Вимірювання ізомерних відношень для уламків фотоподілу ядер торію на електронних прискорювачах УжНУ. Тезиси докладов V конференції по фізиці високих енергій, ядерної фізиці и ускорителям. Х.: ННЦ ХФТИ, 2007, с. 51.

### С6.08. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАКЦИИ ДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ФОТОННОГО ПУЧКА

*В.В. Деняк<sup>1</sup>, В.М. Хвастунов<sup>1</sup>, С.А. Пацук<sup>2</sup>, У.Р. Счелин<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ННЦ "Харьковский физико-технический институт", г. Харьков, Украина;  
<sup>2</sup>Федеральный технологический университет штата Парана,  
г. Куритиба, Бразилия*

Экспериментальные исследования реакции фотоделения чётно-чётных ядер показали, что величина сечения процесса чувствительна к направлению вектора поляризации фотона при энергиях  $E_\gamma < 20$  МэВ (см., например, [1,2]). Этот результат открывает возможность применения реакции фотоделения для измерения поляризации фотонного пучка. В данной работе проведено

сравнение эффективности использования реакции фотоделения ядер  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$  с реакцией фоторасщепления дейтерия, которая традиционно применяется в этой области энергий.

1. R. Ratzek, W. Wilke, J. Drexler, et al. // *Z. Phys.* 1982, v. A308, p. 63.

2. В.М. Хвастунов, В.В. Деняк // *Ядерная физика.* 2001, т. 64, с. 1269.

#### С6.09. ЗАВИСЯЩИЕ ОТ СПИНОВ ИМПУЛЬСНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НУКЛОНОВ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ ЯДРЕ $^3\text{He}$

*В.В. Котляр<sup>1</sup>, А.А. Щеглова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”;*

<sup>2</sup>*Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

Исследуется чувствительность структурных функций (СФ), определяющих зависящие от спинов импульсные распределения (ИР) нуклонов в поляризованном ядре  $^3\text{He}$ , к выбору модели ядерных сил. СФ рассчитаны с волновыми функциями в тензорном представлении для различных реалистических потенциалов взаимодействия между нуклонами. Демонстрируется, как влияют компоненты волновых функций с определенными значениями орбитальных угловых моментов на СФ и ИР. Детально изучаются зависимости ИР поляризованных нуклонов и асимметрий таких ИР от направления вектора переданного импульса.

#### С6.10. ДЕЛЕНИЕ ЯДРА $^{238}\text{U}$ ФОТОНАМИ ВБЛИЗИ ПОРОГА

*В.И. Касилов, В.М. Хвастунов*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

На тормозном пучке фотонов с максимальной энергией 6,5 МэВ проведен эксперимент по фотоделению ядра  $^{238}\text{U}$ . Измерены выходы осколков деления с помощью стопки, состоящей из двухсторонней ядерной мишени  $^{238}\text{U}$ , на которую с обеих сторон были приложены два твердотельных детектора. Пучок фотонов падал перпендикулярно на эту стопку, и таким образом детекторы практически регистрировали выход осколков деления в переднюю и заднюю полусферы.

Цель эксперимента состояла в том, чтобы измерить выход осколков деления под  $0^0$  и под  $180^0$  с высокой статистической точностью. Это необходимо для получения массового распределения и разделения легких и тяжелых осколков, а также определения степени надежности такого разделения. Что позволяет определить асимметрию углового распределения легких осколков, которая, как предсказывает теория [1], связана с вкладом нечетных гармоник. Получение данных по массовому распределению осколков деления осуществляется методом измерения диаметров треков в стеклянных детекторах. Отбор треков осколков, вылетающих под углами  $(0\pm 3)^0$  и  $(180\pm 3)^0$  производится с помощью микроскопа. Учитываются



только те треки, отображения которых в детекторе являются окружностью или отклоняются от окружности не более чем на 3%. Приводятся предварительные данные массовых распределений осколков деления.

1. В.В. Фламбаум. Нечетные гармоники в угловом распределении осколков деления // *Ядерная физика*. 1985, т. 42, с. 578-583.

### С6.11. РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ КОНВЕРТЕР ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БОЛЬШОЙ ЯРКОСТЬЮ

*Е.З. Биллер, В.Ф. Жигло, В.И. Никифоров, А.Э. Тенишев, А.В. Торговкин,  
В.Л. Уваров, В.А. Шевченко, Б.И. Шраменко, И.Н. Шляхов  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Основным направлением получения высокоэнергетичного тормозного излучения (ВИ) с высокой яркостью ( $>1$  кВт/см<sup>2</sup>) для фотоядерных технологий является создание и конвертирование пучка ускоренных электронов с энергией  $\geq 30$  МэВ и плотностью потока мощности  $\geq 10$  кВт/см<sup>2</sup>. При этом с учетом поглощенной мощности излучения в конвертере (ее среднее значение достигает  $\geq 10^3$  Вт/см<sup>3</sup>, а импульсное - еще на 3 порядка величины выше) важным является поддержание тепловой стойкости конвертера. Для ее обеспечения предложен и исследован новый тип конвертера в виде дроби из тяжелого металла, охлаждаемой водой под давлением (распределенный конвертер – РК [1]). В качестве примера, исследован вариант РК на основе свинца. Предварительный анализ радиационных и теплофизических характеристик РК выполнен методом компьютерного моделирования. На ускорителе КУТ-30 (32 МэВ, 260 мкА) проведено экспериментальное исследование источника ВИ с использованием РК.

1. В.Л. Уваров. Установакa для напрацювання ізотопів. Патент України № 20879, 2007 р.

### С6.12. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В УСТАНОВКЕ ГАММА-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ В КОНТЕЙНЕРЕ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА

*А.Ю. Буки, С.А. Каленик, И.Н. Шаповал  
Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г. Харьков*

Целью работы является оптимизация конструкции установки для гамма-активационного анализа образца большого объема на содержание в нём делящихся под воздействием фотонов высокой энергии ядер (далее - делящихся элементов ДЭ), неомогенно распределённых в объёме образца.

Обычный метод определения содержания ДЭ в образце большого объема состоит в гомогенизации содержимого контейнера путём его (содержимого) перемалывания и перемешивания, после чего проводится относительно простой активационный анализ. Очевидно, что этот метод весьма трудоёмок и энергозатратен, и применение его для большого количества контейнеров (например, контейнеров РАО из зоны ЧАЭС) нежелательно. Актуальность настоящей работы состоит в разработке методики гамма-активационного анализа на содержание ДЭ, которые негомогенно распределены в объеме образца.

Моделирование прохождения через вещество электронов и фотонов выполнялось с помощью программного пакета GEANT-3, прохождения нейтронов с помощью разработанной нами программы.

Получены численные значения оптимальных параметров конструкции установки для случая анализа 200 литрового контейнера, заполненного песком с негомогенно распределёнными в его объёме ДЭ. Определены основные характеристики работы установки при выбранных значениях параметров.

### С6.13. КУЛОНОВСКИЕ ЭНЕРГИИ ЯДЕР ${}^6\text{Li}$ и ${}^7\text{Li}$

*А.Ю. Буки, И.С. Тимченко, Н.Г. Шевченко*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Из обработки измерений, проведенных на линейном ускорителе электронов ЛУЭ-300 ННЦ ХФТИ, с помощью уравнений работы [1] и данных работы [2] получены предварительные результаты по кулоновским энергиям ядер  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^7\text{Li}$ . Впервые определен изотопический эффект в значениях кулоновских сумм ядер.

1. В.Д. Эфрос // *Письма в ЖЭТФ*. 1973, т.17, № 8, с. 442-445.

2. L.R. Suelzle, M.R. Yearian, H. Crannell // *Phys. Rev.* 1967, v. 162, n. 4, p. 992-1005.

### С6.14. НАСЫЩЕНИЕ КУЛОНОВСКИХ ПРАВИЛ СУММ В СЛУЧАЕ ЯДРА ${}^6\text{Li}$

*А.Ю. Буки, И.С.Тимченко, Н.Г.Шевченко*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Из обработки данных, полученных на ЛУЭ-300 ННЦ ХФТИ, найдены значения кулоновской суммы  $SL(q)$  ядра  ${}^6\text{Li}$  при переданных 3-импульсах  $q=1,125\dots 1,625 \text{ Фм}^{-1}$ . Эти значения с точностью до ошибок измерений совпадают с  $SL(q)$  ядра  ${}^7\text{Li}$ , которые были получены нами ранее [1]:

(1) Аномально ранний по  $q$  выход на насыщение (плато) зависимости  $SL(q)/Z \text{ Li}$ : при  $q \sim 1,25 \text{ Фм}^{-1}$ , тогда как у всех исследованных ядер плато  $SL(q)/Z$  при  $q > 2 \text{ Фм}^{-1}$ .

(2) Насыщение правил сумм в случае  $Li$  ( $SL(q)/Z = 1$ ). В случае ядер с  $A > 3$  величина  $SL(q)/Z = 0,6...0,9$  (недонасыщение правил сумм).

Отличие кулоновских сумм ядер изотопов лития от кулоновских сумм остальных исследованных ядер с  $A > 3$ , по-видимому, является следствием особенностей их структуры кластеризованности и относительно низкой плотности. Представляется важным отметить, что наблюдаемая в случае изотопов лития корреляция между насыщением правил сумм и относительно низкой плотностью нуклонов в этих ядрах ( $\rho < 0,15$  нуклонов /  $Fm^3$ ) прямо следует из гипотезы о частичной модификации внутриядерных нуклонов [2].

1. А.Ю. Буки, Н.Г. Шевченко, И.С.Тимченко // Тез. докл. VI конф. по физ. высоких энергий, ядерной физике и ускорителям. Харьков, 2008, с. 84.

2. A.Yu Buki // *Proc. of the 9th Seminar Electromagnetic Interactions of Nuclei at Low and Medium Energies* (September 20-22, 2000). Moscow, p. 206.

#### С6.15. ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ НА ИМПУЛЬСНОМ ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ

*В.И. Касилов, С.С. Кочетов, О.А. Шопен, О.А. Демешко,  
И.В. Мельницкий, А.Ю. Буки, А.А. Хомич, И.Л. Семисалов*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

С помощью автоматизированной системы управления экспериментом и съемом информации производится обработка методики измерения групповых параметров делящихся элементов. Получены предварительные экспериментальные данные, проведен их анализ. Изучается влияние дополнительных условий, налагаемых на поиск неизвестных параметров, на точность определения относительных выходов запаздывающих нейтронов.

#### С6.16. ФОТОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ИЗОТОПАХ СЕРЕБРА И РОДИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ ВЫШЕ 35 МэВ

*О.А. Бесшейко<sup>3</sup>, А.Н. Водин<sup>1</sup>, Л.А. Голинка-Бесшейко<sup>3</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>,  
И.Н. Каденко<sup>3</sup>, А.А. Коваленко<sup>3</sup>, В.А. Кушнир<sup>2</sup>, А.И. Левон<sup>4</sup>,  
В.В. Митроченко<sup>2</sup>, С.Н. Олейник<sup>1</sup>, Г.Э. Туллер<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский комплекс "Ускоритель" ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

<sup>3</sup>*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г.Киев;*

<sup>4</sup>*Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

Проведены измерения изомерных отношений продуктов фотоядерных реакций на образцах серебра и родия с множественным вылетом нейтронов при облучении исследуемых образцов  $\gamma$ -квантами с энергиями выше области гигантского дипольного резонанса. Облучение проводилось  $\gamma$ -квантами тормозного спектра линейного ускорителя электронов ЛУ-40 НИК "Ускоритель" ННЦ ХФТИ в диапазоне энергий электронов от 33 до 100 МэВ.

В качестве тормозной мишени использовался тантал толщиной 1,05 мм. Проводилось облучение образцов природного изотопного состава и обогащенных по изотопу  $^{109}\text{Ag}$ . 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  $^{60}\text{Co}$ .

Работа частично поддержана грантом НАН Украины ЯМРТ Х-9-535.

### С6.17. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ С МНОЖЕСТВЕННЫМ ВЫЛЕТОМ НЕЙТРОНОВ НА ИЗОТОПАХ ИНДИЯ

*О.А. Бесшейко<sup>3</sup>, А.Н. Водин<sup>1</sup>, Л.А. Голинка-Бесшейко<sup>3</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>,  
И.Н. Каденко<sup>3</sup>, А.А. Коваленко<sup>3</sup>, В.А. Кушир<sup>2</sup>, А.И. Левон<sup>4</sup>,  
В.В. Митроченко<sup>2</sup>, С.Н. Олейник<sup>1</sup>, Г.Э. Туллер<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики  
ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Научно-исследовательский комплекс “Ускоритель” ННЦ ХФТИ, г. Харьков;*

*<sup>3</sup>Киевский национальный университет им.Тараса Шевченко, г.Киев;*

*<sup>4</sup>Институт ядерных исследований НАН Украины, г.Киев*

Проведены измерения изомерных отношений продуктов реакций ( $\gamma,3n$ ), ( $\gamma,5n$ ) и ( $\gamma,7n$ ) на изотопах индия. Облучение проводилось  $\gamma$ -квантами тормозного спектра линейного ускорителя электронов ЛУ-40 НИК “Ускоритель” ННЦ ХФТИ в диапазоне энергий электронов от 33 до 100 МэВ. В качестве тормозной мишени использовался тантал толщиной 1,05 мм. Проводилось облучение образцов индия природного изотопного состава и обогащенного по изотопу  $^{115}\text{In}$ . 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  $^{60}\text{Co}$ .

Работа частично поддержана грантом НАН Украины ЯМРТ Х-9-535.

### С6.18. ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ПРОДУКТОВ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ С ВЫЛЕТОМ ПРОТОНОВ НА ЯДРАХ ЖЕЛЕЗА И ЦИРКОНИЯ

*О.А. Бесшейко<sup>3</sup>, А.Н. Водин<sup>1</sup>, Л.А. Голинка-Бесшейко<sup>3</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>,  
И.Н. Каденко<sup>3</sup>, А.А. Коваленко<sup>3</sup>, В.А. Кушир<sup>2</sup>, В.В. Митроченко<sup>2</sup>,  
С.Н. Олейник<sup>1</sup>, Г.Э. Туллер<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

*<sup>2</sup>Научно-исследовательский комплекс “Ускоритель” ННЦ ХФТИ, г. Харьков;*

*<sup>3</sup>Киевский национальный университет им.Тараса Шевченко, г.Киев*

Проведены измерения изомерных отношений продуктов фотоядерных реакций на  $^{54}\text{Fe}$  и изотопах циркония с вылетом протонов при облучении исследуемых образцов  $\gamma$ -квантами с энергиями выше области гигантского

дипольного резонанса. Облучение проводилось  $\gamma$ -квантами тормозного спектра линейного ускорителя электронов ЛУ-40 НИК “Ускоритель” ННЦ ХФТИ в диапазоне энергий электронов от 33 до 100 МэВ. В качестве тормозной мишени использовался тантал толщиной 1,05 мм. Проводилось облучение изотопов циркония, а также железа, обогащенного по изотопу  $^{54}\text{Fe}$ . Полученные экспериментальные данные по изомерным отношениям сравниваются с результатами расчетов с использованием кода TALYS [1].

Работа частично поддержана грантом НАН Украины ЯМРТ X-9-535.

1. A.J. Koning, S. Hilaire, M.C. Duijvestijn. TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling // AIP Conf. Proc. 2007, v. 769, p. 1154-1159. <http://www.talys.eu>.

### С6.19. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СЕЧЕНИЙ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ЛУ-40 ННЦ ХФТИ

*О.А. Бесшейко<sup>1</sup>, В.П. Божко<sup>2</sup>, В.Т. Быков<sup>2</sup>, А.Н. Водин<sup>2</sup>,  
Л.А. Голинка-Бесшейко<sup>1</sup>, А.Н. Довбня<sup>2,3</sup>, И.Н. Каденко<sup>1</sup>,*

*В.А. Кушнир<sup>3</sup>, В.В. Митроченко<sup>3</sup>, С.Н. Олейник<sup>2</sup>, Г.Э. Туллер<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, г.Киев;*

<sup>2</sup>*Институт физики высоких энергий и ядерной физики  
ННЦ ХФТИ, г.Харьков;*

<sup>3</sup>*Научно-исследовательский комплекс “Ускоритель” ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Разработана методика измерения сечений фотоядерных реакций с множественным вылетом частиц в диапазоне энергий тормозных  $\gamma$ -квантов 30...100 МэВ, получаемых на линейном ускорителе электронов ЛУ-40 ННЦ ХФТИ. В экспериментах потоки тормозных  $\gamma$ -квантов, образующихся при бомбардировке ускоренными электронами Та-конвертора, проходят через Al-поглотитель электронов и облучают изотопную мишень. Сечения фотоядерных реакций определяются по наведенной активности мишени, которая измеряется с помощью спектрометра на базе полупроводникового HPGe-детектора. Число  $\gamma$ -квантов тормозного излучения, упавших на мишень, определяется расчетным путем с помощью кода GEANT. Для этого определяется геометрическое распределение интенсивности тормозных  $\gamma$ -квантов на мишени путем измерения наведенной активности элементов медной мозаики, расположенной перед мишенью. Исследуемая мишень перемещается из измерительной комнаты в бункер ЛУ-40 и обратно с помощью пневмотранспортной системы.

Работа частично поддержана грантом ЯМРТ X-9-535.

## **Пленарное заседание 4. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц**

### **П4.01. ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 100 МэВ**

*Н.И. Айзацкий<sup>1</sup>, В.И. Белоглазов<sup>1</sup>, В.П. Божко<sup>2</sup>, В.Н. Борискин<sup>1</sup>,  
В.Н. Верещака<sup>1</sup>, А.Н. Водин<sup>2</sup>, А.Н. Довбня<sup>1,2</sup>, В.Ф. Жигло<sup>1</sup>, Е.Ю. Крамаренко<sup>1</sup>,  
В.А. Кушнир<sup>1</sup>, В.В. Митроченко<sup>1</sup>, А.Н. Опанасенко<sup>1</sup>, С.Н. Олейник<sup>2</sup>,  
С.А. Пережогин<sup>1</sup>, Г.Д. Пугачев<sup>1</sup>, О.А. Репихов<sup>1</sup>, Д.Л. Степин<sup>1</sup>,  
В.И. Татанов<sup>1</sup>, Г.Э. Туллер<sup>2</sup>, И.В. Ходак<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский комплекс "Ускоритель" ННЦ ХФТИ, г.Харьков;

<sup>2</sup>Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков

В докладе приведено описание экспериментальной установки, предназначенной для проведения широкого спектра ядерно-физических исследований.

Основой установки является двухсекционный линейный ускоритель электронов 10-см диапазона.

Разработан и реализован алгоритм плавного изменения энергии частиц на выходе ускорителя в пределах 30...100 МэВ. При среднем токе 3 мкА эмиттанс пучка не превышает 0.3 мм-мрад.

Описано автоматическое устройство для установки и удаления облучаемых образцов, приведены результаты оптимизации режимов работы ускорителя при проведении экспериментов по исследованию фотоядерных реакций с множественным вылетом частиц.

### **П4.02. ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАПУСК ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ-ИНЖЕКТОРА НАКОПИТЕЛЯ НЕСТОП**

*Н.И. Айзацкий, Ю.И. Акчурун, В.Н. Борискин, В.И. Белоглазов, Е.З. Биллер,  
А.Н. Довбня, В.Ф. Жигло, А.В. Ивахненко, М.В. Ивахненко, А.И. Косой,  
Е.Ю. Крамаренко, В.А. Кушнир, В.В. Митроченко, В.А. Момот,  
Л.К. Мякушко, Т.Ф. Никитина, А.Н. Опанасенко, С.А. Пережогин,  
Г.Д. Пугачев, О.А. Репихов, Л.В. Репринцев, В.А. Шендрик, А.Н. Савченко,  
А.А. Сарвилов, Д.Л. Степин, Г.Е. Тарасов, В.И. Татанов, Ю.Д. Тур,  
Г.Н. Цебенко, И.В. Ходак*

*ННЦ "Харьковский физико-технический институт"*

Создание в ННЦ ХФТИ источника рентгеновского излучения, действие которого основано на использовании комптоновского рассеивания лазерного излучения на релятивистских электронах, потребовало разработки накопителя электронов и соответствующего линейного ускорителя-инжектора с энергией частиц 60...100 МэВ.

На первом этапе создания установки было принято решение о разработке традиционного линейного ускорителя с независимой от ВЧ-системы накопителя временной структурой пучка.

Ускоритель состоит из инжектора и двух ускоряющих секций. В работе приведены описание ускорителя, результаты испытания его систем, результаты исследования характеристик пучка на выходе инжектора и результаты измерения параметров пучка на выходе ускорителя.

#### П4.03. СТАТУС ПРОЕКТА ХАРЬКОВСКОГО ИСТОЧНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР

*В. Андросов, Е. Буляк, А. Гвоздь, П. Гладких, В. Гревцев, Ю. Григорьев, О. Звонарева, А. Зелинский, И. Дребот, В. Иващенко, И. Карнаухов, В. Козин, В. Лященко, В. Маргин, Н. Мочешников, А. Мыцыков, Ф. Пеев, А. Резаев, В. Скирда, Ю. Телегин, В. Троценко, С. Шейко, А. Щербаков*  
*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Продолжены работы по созданию в ННЦ ХФТИ генератора рентгеновского излучения на основе обратного комптоновского излучения лазерных фотонов на электронах в накопителе.

Проект, получивший название НЕСТОР, осуществляется на базе накопителя Н-100 и линейного ускорителя электронов ЛУЭ-300. Проект НЕСТОР выполняется при поддержке гранта НАТО SFP-977982.

В докладе приводятся данные о прогрессе проекта в 2008 году. Закончены ремонтно-строительные работы по оборудованию производственных помещений комплекса НЕСТОР.

Начат монтаж электромагнитного оборудования на накопителе и канале транспортировки электронного пучка от ускорителя к накопителю. В стадии лабораторных наладочных работ находятся вакуумная система и ВЧ-система. Близи к завершению работы по созданию инженерных систем установки таких, как система электропитания, вентиляции, водяного охлаждения и пр.

В планах дальнейшего развития проекта - продолжение монтажных работ на установке, стендовые испытания основных технологических систем, запуск стенда магнитных измерений и сертификация электромагнитных элементов и другое.

#### П4.04. СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО СОЗДАНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР

*А. Мыцыков*  
*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В работе описано состояние дел по созданию магнитной системы рентгеновского генератора НЕСТОР.

Приведено описание поворотных магнитов, корректирующих элементов накопителя и канала инжекции.

Приведены результаты измерений мультипольного состава квадрупольных линз канала инжекции.

#### П4.05. ПРОЕКТЫ ILC/CLIC И НАШЕ В НИХ УЧАСТИЕ

*Е.В. Буляк*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Кратко рассмотрены проекты линейных электрон-позитронных коллайдеров следующего поколения, предназначенных для продолжения исследований по физике высоких энергий, которые начнутся на Большом адронном коллайдере в 2009 году. ННЦ ХФТИ участвует в разработке позитронных источников для обоих проектов. В докладе излагаются основные проблемы позитронных источников и некоторые идеи и решения, предложенные и разрабатываемые в нашем институте.



## **Секция 7. Исследования и разработки ускорителей и накопителей заряженных частиц**

### **С7.01. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СТРУКТУРЫ УСКОРИТЕЛЕЙ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ**

*И.Г. Игнатъев, В.И. Мирошниченко, В.Б. Москаленко, Л.Ф. Суходуб  
Институт прикладной физики НАН Украины, г.Сумы*

Предоставлена концепция метода масс-спектрометрического анализа состава газа газоизолированной структуры высоковольтных ускорителей. Метод позволяет осуществлять контроль состава газовой смеси на основе азота, элегаза и углекислого газа. В результате появляется возможность анализировать физико-химические процессы, определяющие электрическую прочность газовой изоляции ускорителей прямого действия. Рассмотрен проект реализации масс-спектрометрического анализа газовой изоляции для электростатического ускорителя ионов  $H^+$  на 2 МэВ. Для контроля качества смеси (85%  $N_2$ +15%  $CO_2$ ) предложено использовать малогабаритный масс-спектрометр НЕВА-МЕТАЛЛ производства АО "Selmi" (г.Сумы, Украина).

### **С7.02. ПРЕРЫВАТЕЛЬ ИОННЫХ ПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАПИЛЛЯРОВ**

*А.Е. Лагутин*

*Институт прикладных физических проблем им.А.Н. Севченко, г.Минск*

Разработано и апробировано устройство разделения непрерывного ионного пучка на серии импульсов разной формы, длительности, периодичности и интенсивности. Разделение пучка дает возможность осуществлять два эксперимента на выходе одного канала ускорителя, используя непрерывный и импульсный режимы попеременно. Отличительными признаками модели является использование капилляров различной формы и длины, возможность имплантации как одиночными импульсами, так и сериями импульсов, что позволяет проводить прецизионные модификации веществ и материалов с флюенсами менее  $10^8$  ион/см<sup>2</sup>.

### **С7.03. ПОЛЯРИЗАЦИЯ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НЕСФЕРИЧЕСКОМ РАССЕИВАТЕЛЕ**

*Н.В. Бондаренко*

*ННЦ "Харьковский физико-технический институт"*

В рамках метода эквивалентных фотонов (или дипольного приближения) вычислено дифференциальное сечение поляризованного тормозного излучения на рассеивателе произвольной несферической геометрии. Все

эффекты несферичности в данном приближении сводятся к зависимости от определенного поперечного вектора  $N$ ,  $N^2 \leq 1$ . Производится анализ зависимостей интенсивности и поляризации тормозного излучения от угла излучения и частоты. Показано, что при любом параметре несферичности  $N$  поляризация излучения при угле эмиссии  $\theta$  является абсолютной (в главном логарифмическом приближении по параметру экранировки). Для сечения, интегрального по углам излучения, поляризация ограничена значением 50%, и убывает с увеличением сферичности рассеивателя и частоты излучения.

#### С7.04. ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ИТЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА

*А.М. Горбань*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Расчет электрического потенциала в области произвольной формы с использованием конечно-разностной аппроксимации уравнения Пуассона предполагает реализацию какого-либо итерационного процесса. Применение многопроцессорных вычислительных систем с общей памятью может существенно сократить время решения таких задач. Однако описанные в литературе параллельные алгоритмы предполагают на каждой итерации использование барьерной синхронизации процессов. При этом общее время решения задачи определяется временем выполнения самого медленного процесса.

В работе исследовалась возможность реализации асинхронного параллельного алгоритма последовательной релаксации для конечно-разностного уравнения Пуассона. Приводятся результаты тестовых расчетов, сравниваются характеристики последовательного, синхронизированного и асинхронного алгоритмов и обсуждаются возможности дальнейшего развития метода.

#### С7.05. ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ВНЕШНЕЙ ЦЕПИ В МОДЕЛЯХ УСКОРИТЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

*Г.Э. Саруханян<sup>1</sup>, А.М. Горбань<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина;*

*<sup>2</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Потенциалы, индуцируемые током пучка в цепях питания импульсного ускорителя, могут существенно влиять на процессы в ускоряющей области. Они, как правило, определяют длительность и форму заднего фронта

импульса пучка. Поэтому численная модель ускорителя зачастую должна включать в себя кроме модели области ускорения частиц также согласованную модель внешних электротехнических цепей.

В работе на примере численной модели релятивистского ускорительного диода рассматриваются особенности учета влияния параметров цепи питания ускорителя на характеристики пучка. Обсуждаются возникающие затруднения корректного учета выходных токов и возможные алгоритмы их расчета.

## С7.06. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУЭ-300 С НОВОЙ ИНЖЕКТОРНОЙ СИСТЕМОЙ

*С.П. Гоков, Л.А. Махненко, И.В. Ходак  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Одной из главных задач текущей программы усовершенствования ускорителя ЛУЭ-300 является уменьшение энергетической неоднородности ускоряемого пучка. Это прежде всего необходимо для повышения эффективности проведения на ускорителе припороговых ядерно-физических исследований, когда важно обеспечить наибольшую плотность электронов на мишени в малом энергетическом диапазоне, а также просто для уменьшения потерь пучка и улучшения общей радиационной обстановки при работе в максимальных токовых режимах (до 100 мкА) на всех программах. Решение поставленной задачи на ЛУЭ-300 возможно лишь при радикальном изменении условий формирования и транспортировки электронных сгустков.

В этой работе рассмотрены вопросы улучшения инжекторной системы ускорителя ЛУЭ-300. Это предполагается осуществить за счет использования более низковольтного источника электронов (25 кэВ) и 5-резонаторного предгруппирователя на стоячей волне (т.е. фактически полного аналога инжектора ЛУЭ-60) в комбинации со стандартной группирующей секцией с постоянной структурой длиной 83 см ускорителя ЛУЭ-300.

Как показывают оценки, в сравнении с другими возможными вариантами такая “двухступенчатая” система группировки электронов обеспечивает наиболее эффективное формирование сгустков и позволяет значительно улучшить спектральные характеристики пучка на выходе ускорителя.

В работе также приведены нагрузочные характеристики ускорителя ЛУЭ-300 с новой инжекторной системой при работе в различных режимах СВЧ-питания. Показано, например, что даже в наиболее экономичном режиме последовательного питания обеих секций ускорителя от одного клистрона КИУ-12АМ ( $P_{\text{вых}} \sim 14$  МВт) при импульсном токе  $\sim 0.5$  А энергия пучка электронов может составлять  $\sim 20$  МэВ (при нулевом токе  $\sim 40$  МэВ). Т.е. в этом случае на ускорителе также может успешно выполняться достаточно широкий круг ядерно-физических и прикладных работ.

## С7.07. ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА В НАКОПИТЕЛЕ Н-100М - ИСТОЧНИКЕ КОМПТОНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР

*В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, И.И. Карнаухов,  
Н.И. Мочешников, А.О. Мыцыков, В.Л. Скирда  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В стационарном режиме (при наличии накопленного пучка электронов, синхротронного и комптоновского излучений) время жизни пучка должно быть не хуже 1 часа. Для этого в вакуумной камере накопителя должно поддерживаться давление не выше  $5 \cdot 10^{-9}$  Торр, в то время как в ускорителе-инжекторе оно будет не ниже  $10^{-7}$  Торр.

Все средства откачки будут безмасляные, элементы вакуумных камер с прогревом до  $180^\circ\text{C}$  - в основном из нержавеющей стали (316L, X18H10T и др.), большая часть соединений безфланцевая (с помощью аргонно-дуговой сварки). Для безмасляной откачки будут использоваться диодные и триодные магниторазрядные насосы (в том числе и фирмы VARIAN), насосы с распыляемым и нераспыляемым геттером, комплекс турбомолекулярного безмасляного насоса TURB-BENCH фирмы VARIAN с предельным давлением  $10^{-9}$  Торр и скоростью откачки 250 л/с.

Особое внимание будет уделено получению вакуумно-чистых поверхностей. Будет полностью исключена “мойка” с помощью углеводородов (бензином, ацетоном, спиртом и т.п.). Основными моющими компонентами будут щелочные растворы ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ , поверхностно-активные вещества, в частности, ОП-10). На отдельных стадиях “мойки”, “сушки” и т.п. будут использоваться: мойка высокого давления, парогенератор, безмасляные компрессоры и фен, ультразвуковые генераторы, дистиллятор, бойлер, воздушные фильтры, баллонный азот и т.п.

## С7.08. ВОЗБУЖДЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ИМПЕДАНСНОГО ВИБРАТОРА РЕЛЯТИВИСТСКИМ ТОЧЕЧНЫМ ЗАРЯДОМ В КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ

*С.Д. Прийменко*

*Институт плазменной электроники  
и новых методов ускорения ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Рассмотрено возбуждение релятивистским точечным зарядом в неограниченном круглом волноводе линейного импедансного вибратора продольной ориентации. Последний расположен на оси волновода и возбуждается релятивистским зарядом, рассеянным на торце вибратора.

Рассчитано распределение электрического тока вдоль вибратора. Использовано дельтаобразное представление тока на одном из концов вибратора в начальный момент времени.

Применен аппарат интегральных уравнений, а также прямое и обратное преобразование Фурье во временной области. Выделена симметричная и антисимметричная часть тока.

#### 7.09. ВОЗБУЖДЕНИЕ СВЯЗАННОГО ВИБРАТОРА РЕЛЯТИВИСТСКИМ ТОЧЕЧНЫМ ЗАРЯДОМ В КОРОТКОЗАМКНУТОМ КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ

*С.Д. Прийменко*

*Институт плазменной электроники*

*и новых методов ускорения ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Связанный линейный импедансный вибратор находится на оси короткозамкнутого круглого волновода. Один его конец касается поперечной стенки короткозамкнутого волновода, а другой конец дельтообразно во времени возбуждается релятивистским точечным зарядом, движущимся в продольном направлении.

Задача о возбуждении связанного вибратора в короткозамкнутом волноводе сведена к задаче в неограниченном круглом волноводе для несвязанного вибратора удвоенной длины. Он возбуждается симметрично с обоих концов двумя точечными зарядами разных знаков, которые движутся навстречу друг другу.

Использована функция Грина неограниченного круглого волновода и преобразование Фурье во временной области. Рассчитано распределение электрического тока вдоль вибратора.

#### С7.10. ВОЗБУЖДЕНИЕ КИЛЬВАТЕРНЫХ ВОЛН ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ СГУСТКОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАЗМЕННО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

*В.А. Киселев, А.Ф. Линник, В.И. Мирный, И.Н. Онищенко, В.В. Усков  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Приведены результаты экспериментальных исследований увеличения амплитуды кильватерного поля, возбуждаемого последовательностью сгустков релятивистских электронов ( $W = 4,5$  МэВ,  $N = 6000$ ), в волноводно-диэлектрических структурах круглого и прямоугольного сечения ( $\epsilon = 2,1$  и  $\epsilon = 9$ ) в условиях образования плазмы в пролетном канале диэлектрической структуры.

Показано, что при наличии резонансной плазмы ( $f_M = f_0$ , где  $f_M$  - частота следования сгустков,  $f_0$  - плазменная частота) в пролетном канале структуры прямоугольного сечения (диэлектрик с  $\epsilon = 9$ ) амплитуда возбуждаемых колебаний возрастает более чем в 20 раз по сравнению с вакуумным вариантом. При этом потери энергии электронов пучка составляли около 30%.

Наличие плазмы в пролетном канале в диэлектрической структуре круглого сечения с диэлектриком, имеющим  $\epsilon = 2,1$ , приводит к перераспределению возбуждаемого поля, которое имеет максимум в центре пролетного канала, в отличие от вакуумного случая, когда согласно теории распределение поля должно быть равномерным по сечению пролетного канала.

#### С7.11. РАЗРАБОТКА ВЧ-СИСТЕМЫ НАКОПИТЕЛЯ НЕСТОР

*В.П. Андросов, А.М. Гвоздь, И.М. Карнаухов, Ю.Н. Телегин  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Рассмотрена возможность создания ВЧ-системы электронного накопителя НЕСТОР на частоту 699,3 МГц на основе коммерчески доступных полупроводниковых ТВ-усилителей. В качестве источника ВЧ-мощности на стадии запуска накопителя предполагается использовать блок усилителя TVAU (“Квант-Эфир”, г.Киев) с выходной мощностью 1 кВт в непрерывном режиме и возбудитель на основе прецизионного кварцевого генератора ГК172-ТС. В перспективе выходная мощность ВЧ-генератора может быть доведена до 10 кВт, требуемых для работы источника рентгеновского излучения, путем каскадного сложения мощности таких усилителей в выходном сумматоре. Для обеспечения требуемых параметров электронного пучка амплитуда и фаза ускоряющего ВЧ-напряжения должны поддерживаться с точностью  $\pm 10^{-3}$  и  $\pm 0,1^\circ$  соответственно. Постоянные цепи авторегулирования амплитуды (АРА) и фазы (АРФ) ускоряющего напряжения выбраны в диапазоне 50...200 мкс, что, на наш взгляд, позволит избежать раскачки синхротронных колебаний. Рассмотрена возможность замены традиционно независимых систем АРА и АРФ единой системой, разработанной на основе метода квадратурной модуляции-демодуляции.

Для оптимизации уровня потребляемой от генератора ВЧ-мощности предусмотрена система автоматической подстройки частоты (АПЧ) резонатора, которая расстраивает собственную частоту резонатора в соответствии с изменением тока пучка (режим компенсации реактивной составляющей тока пучка). Система АПЧ должна поддерживать частоту резонатора с точностью  $\pm 300$  Гц при полосе пропускания резонатора  $\sim 30$  кГц.

#### С7.12. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МУЛЬТИПОЛЬНОГО СОСТАВА КВАДРУПОЛЬНЫХ ЛИНЗ

*А.М. Гвоздь, И.М. Карнаухов, В.Н. Лященко,  
А.О. Мыцыков, В.Л. Скирда, В.А. Резаев  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В работе описан измерительный комплекс для исследования мультипольного состава квадрупольных линз. Приведены результаты

механического тестирования датчика (интегральная катушка вращения) и результаты измерений мультиполюсного состава квадрупольных линз рентгеновского источника НЕСТОР.

### С7.13. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ МАГНИТНО-ИНДУКЦИОННЫХ МОНИТОРОВ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

*В.И. Троценко, В.Е. Иващенко*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Исследована модель, состоящая из нитевидного бесконечно длинного пучка, проходящего параллельно оси  $Z$  цилиндрической системы координат, и датчиков магнитного поля, создаваемого пучком, в виде катушек индуктивности. Рассмотрены два типа датчиков: радиальная катушка (если нормаль к поверхности, на которой расположена катушка, совпадает с осью  $r$  системы координат) и угловая катушка (если ее ось совпадает с осью  $\varphi$  системы координат).

Выведены двухкоординатные формулы для обоих типов датчиков, находящихся в вакууме или другой среде с  $\mu_r = 1$ , а также в присутствии цилиндрического сердечника с  $\mu_r > 1$ , для мониторов положения пучка (система из двух катушек, расположенных диаметрально противоположно, сигналы которых вычитаются), для монитора тока пучка.

Приведены графики сигналов для всех указанных выше формул при нескольких значениях угловых размеров катушек  $2\psi$  с сердечником  $\varnothing 85 \text{ мм} \times \varnothing 62 \text{ мм} \times 30 \text{ мм}$  ( $b \times a \times L$ ).

Монитор тока пучка может быть реализован только с угловой катушкой с  $\psi = \pi$ . Индуцированный сигнал монитора тока пропорционален  $\ln(b/a)$  для катушки без сердечника или  $\mu_r \ln(b/a)$  - с железным сердечником.

Выявлена значительная нелинейность сигналов мониторов положения пучка, которая зависит от  $\psi$ . Показано, что при линейной аппроксимации рабочей характеристики мониторов (так делается во многих известных работах) ошибка измерения координат пучка может достигать 10% для  $\psi = \pi/4$  даже в центральной области монитора. Замечено резкое уменьшение нелинейности для  $\psi = \pi/3$ . Ошибка измерения при этом снижается до 1%.

При  $\mu_r = 1$  чувствительность в центре монитора положения пучка с радиальными катушками в 3,7 раза выше, чем с угловыми катушками ( $K_{rx} = 0,0178 \text{ мм}^{-1}$ ,  $K_{\varphi x} = 0,0048 \text{ мм}^{-1}$  для  $\psi = \pi/3$ ). При наличии сердечника с  $\mu_r \gg 1$  чувствительности мониторов с обоими типами катушек равны ( $K_{rx} = K_{\varphi x} = 0,0355 \text{ мм}^{-1}$  для  $\psi = \pi/3$ ).

Полученные данные являются важными для разработчиков мониторов пучков заряженных частиц.

## С7.14. О ФАЗОВОЙ ДИНАМИКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ КИЛЬВАТЕРНОЙ ВОЛНЫ В ПЛАЗМЕ

*И.Н. Онищенко, В.И. Маслов*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Исследуется механизм насыщения амплитуды плазменной кильватерной волны при ее возбуждении последовательностью релятивистских электронных сгустков, обусловленный смещением сгустков в область ускоряющих фаз. Показано, что для большого релятивистского фактора основной вклад в фазовое движение сгустков вносит поперечное электрическое поле.

## С7.15. КОД МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПТОНОВСКИХ КОЛЕЦ

*Е.В. Буляк*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Разработан компьютерный код, предназначенный для моделирования комптоновских колец. Основная задача, решаемая кодом, - моделирование продольной нелинейной динамики циркулирующих сгустков, взаимодействующих с лазерными импульсами. Поперечная динамика – линейная, без резонансов. Код позволяет моделировать кольца с вариацией фазы высокочастотного напряжения, а также с участком малой продольной бета-функции. Код позволяет определить спектры вторичного излучения с учетом коллимации, в том числе при поляризованных лазерных фотонах. Код используется при разработках медицинских комптоновских источников, а также источников поляризованных гамма-квантов.



## Секция 8. Физика детекторов излучений

### С8.01. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ Si-ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ $\beta$ -ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*А.А. Мазюлов, Н.И. Маслов*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Выявление источников  $\beta$ -излучения на фоне гамма-излучения необходимо, так как воздействие на организм  $\beta$ -излучения значительно превосходит воздействие, производимое гамма-излучением. Вопрос о выявлении и локализации источников излучения остается открытым, поскольку до сих пор существует, например, радиоэкологическая опасность объекта “Укрытие”. Вследствие выброса радиоактивной пыли и вымывания водой существует возможность попадания активных веществ во внешнюю среду. Показана возможность применения сдвоенного кремниевого детектора в дозиметрических средствах измерительной техники с целью регистрации и локализации  $\beta$ -излучения в условиях высокого  $\gamma$ -фона. Особенностью данного метода является спектрометрический режим работы, т.е. каждая частица измеряется с высоким энергетическим разрешением.

Были проведены расчёты и экспериментальные исследования по использованию сдвоенного детектора, работающего в режиме совпадений, для регистрации и локализации  $\beta$ -излучения в условиях высокого  $\gamma$ -фона.

### С8.02. СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПУЧКА ГАММА-КВАНТОВ И ЭЛЕКТРОНОВ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ $\beta$ -АКТИВНОСТИ

*Н.И. Айзацкий, В.И. Кулибаба, Н.И. Маслов,*

*В.А. Мац, В.Д. Овчинник, Б.И. Шраменко*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Система позволяет измерять распределения поверхностной  $\beta$ -активности образца, экспонированного в потоке тормозных гамма-квантов или электронов. Так как остаточная  $\beta$ -активность образца обусловлена изотопами, образующимися в основном в результате фотоядерных ( $\gamma, n$ ), ( $\gamma, p$ ) и электроядерных ( $e, n$ ) и ( $e, p$ )-реакций, то профиль остаточной  $\beta$ -активности облученного образца соответствует профилю первичного пучка гамма-квантов или электронов с энергиями выше порога вышеуказанных ядерных реакций. В разработанной системе используется принцип регистрации  $\beta$ -частиц (а не гамма-квантов) с помощью тонкого кремниевого детектора, что дает возможность надежно отделить сигналы, создаваемые  $\beta$ -частицами, от сигналов, создаваемых в детекторе гамма-квантами, которые сопровождают  $\beta$ -распад радиоактивного ядра. Это обеспечивает высокую

достоверность данных об измеряемых пространственных распределениях пучков электронов или гамма-квантов. Телесный угол измерительной системы задается свинцовым коллиматором, диаметром 1,5 мм, который установлен непосредственно перед детектором, а сканирование активной области осуществляется путем перемещения предметного столика с образцом по X-координате. Сигнал индикации перемещения образца в виде напряжения с потенциометра (связанного с предметным столиком) подается на вход «X» многоходового АЦП типа PCL-1711-L. Активность исследуемой области образца регистрируется полупроводниковым кремниевым детектором размерами 2x2x0,3 мм и в виде сигнала с интегратора поступает на вход «Y» того же АЦП. Таким образом, при перемещении образца формируется распределение  $Y=f(X)$  активности образца вдоль линии сканирования. Измерение таких распределений при перемещении образца в направлении, перпендикулярном направлению сканирования, позволяет определить полный профиль пучка гамма-квантов или электронов на выходе ускорителя на площади 40x68 мм.

### С8.03. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

*Г.П. Васильев, А.А. Каплий, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, А.Л. Солонченко, А.Ф. Стародубцев, С.М. Потин, В.И. Яловенко*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Автоматизированная система измерения основных статических характеристик кремниевых планарных детекторов создана на базе двух зондовых станций, измерительной и согласующей аппаратуры и компьютера. Оборудование зондовых станций позволяет проводить визуальный контроль и подготовку к измерениям детекторов с линейными размерами контактов от нескольких десятков микрометров. Система выполняет управление приборами и автоматической шаговой станцией; включение заданных схем измерения; считывание, анализ и запоминание показаний приборов в соответствии с запрограммированными алгоритмами измерений.

### С8.04. ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ МОДУЛИ КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Г.П. Васильев, С.К. Киприч, Н.И. Маслов, С.М. Потин, В.И. Яловенко*  
*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Для защиты от воздействия дестабилизирующих факторов окружающей среды используются герметизированные модули детекторов ионизирующего излучения. Применение металлических элементов корпуса, использование клеев с низким уровнем газовой выделенности, проведение процесса герметизации в условиях контролируемой атмосферы с пониженным содержанием паров

воды, наличие элементов контроля нарушения герметичности позволяет обеспечивать требуемую стабильность. Изготовленные в НИЦ ХФТИ герметизированные модули одноканальных кремниевых детекторов показали высокую стабильность при использовании в экспериментах физики высоких энергий, ядерно-физических экспериментах, в устройствах контроля концентрации элементов, в медицинских диагностических устройствах. Полученные на этапе изготовления значения энергетического разрешения на уровне 1,0...1,2 кэВ не изменили свои значения в течение двух лет при колебаниях влажности от 30 до 100%.

### С8.05. МАГНИТОПОЗИТРОНИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ И ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

*Е.П. Прокопьев*

*Московский государственный институт электронной техники  
(технический университет), г.Москва, Россия*

Магнитопозитроний – новая квазичастица – может образовываться при облучении полупроводников и ионных кристаллов позитронами при сверхнизких температурах в сильных магнитных полях [1,2]. В связи с этим в рамках теории Горькова-Дзялошинского [3] рассчитаны вероятности  $\lambda_s$  и ширины  $\Gamma_N$  процесса двухквантовой аннигиляции магнитопозитрония. Оказалось, что величинам  $\lambda_s$  и  $\Gamma_N$  присущи необычайно сильные аномалии, что позволяет надеяться детектировать магнитопозитроний, по крайней мере, при максимально достижимых полях в лаборатории  $H \sim 100$  Тл.

1. Е.П. Прокопьев // *Химия высоких энергий*. 1996, т. 30, № 2, с. 141-144.
2. Е.П. Прокопьев // *Письма в ЖТФ*. 1998, т. 24, № 12, с. 82-84.
3. Л.П. Горьков, И.Е. Дзялошинский // *ЖЭТФ*. 1967, т. 53, вып. 2, с. 717.

### С8.06. АТОМ ПОЗИТРОНИЯ В АТМОСФЕРЕ ФОНОНОВ КРИСТАЛЛОВ

*Е.П. Прокопьев*

*Московский государственный институт электронной техники  
(технический университет), г.Москва, Россия*

Использование диаграммной техники уже в первом порядке теории возмущений позволяет найти величины вероятности спонтанного и вынужденного испускания и поглощения фононов позитроном и перенормированной массы позитронного полярона [1]. На примере ионных кристаллов показано, что поляризация решетки кристалла разноименно заряженными поляронами (атом позитрония) вызывает не только изменение энергии связи позитрония, но и приводит к перенормировке эффективных масс электрона и позитрона. При этом взаимодействие электрона и позитрона атома позитрония с оптическими фононами приводит к дополнительному отталкивающему взаимодействию помимо кулоновского притягивающего.

1. Е.П. Светлов-Прокопьев // Труды XVII Международного совещания “Радиационная физика твердого тела (Севастополь, 9 - 14 июля 2007 г.)”, М.: ГНУ “НИИ ПМТ”, 2007, с. 625,637.

#### C8.07. КОМПЛЕКСЫ УИЛЛЕРА В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

*Е.П. Прокопьев*

*Московский государственный институт электронной техники  
(технический университет), г.Москва, Россия*

По методу Пекара-Томасевич [1] рассчитано время жизни позитрона  $\tau_{2\gamma}$  относительно двухквантовой аннигиляции, связанного с  $F_+^{\cdot}$ -центром (полиэлектронная система Уиллера  $e_2^-e^+$  [2] в анионной вакансии) в дефектных ионных кристаллах. Приведенные оценки позволяют сделать заключение о том, что аннигиляция позитронов на  $F_+^{\cdot}$ -центрах, например, в щелочно-галоидных кристаллах, вероятнее всего, вносит вклад в интенсивности  $I_2$  и  $I_3$  с временами жизни  $\tau_2 \sim 6 \cdot 10^{-10}$ с и  $\tau_3 \sim 10^{-9}$ с компонент во временных спектрах аннигиляции, наблюдаемых в экспериментах.

1. С.И. Пекар. Избранные Труды. Киев: Наукова Думка, 1988, 512 с.

2. J.A. Wheeler. Polyelectron systems // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1946, v. 48, p. 219.

#### C8.08. ВИРОБНИЦТВО КВАРКОНІЯ: НЕСПОДІВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НА RHIC ТА ПЕРЕДБАЧЕННЯ ДЛЯ LHC

*О.О. Ісаєв*

*Інститут теоретичної фізики ім.О.І. Ахієзера ННЦ ХФТІ, м.Харків;  
Харківський національний університет ім.В.Н. Каразіна*

У зіткненнях важких іонів ультрарелятивістських енергій аномальне подавлення виробництва кварконія (поза межами ефектів холодної ядерної матерії) є одною з основних ознак утворення нового стану речовини – кварк-глюонної плазми [1], і очікується завдяки дебаєвській екраніровці взаємодії важких кварків у кварк-глюонній плазмі. Докладно розглядаються останні результати з подавлення виробництва  $J/\psi$  мезонів у зіткненнях іонів золота в експериментах RHIC при  $\sqrt{s}=200$  ГеВ. Зокрема в цих експериментах виявилось, що: 1) подавлення  $J/\psi$  мезонів при нульовій бистроті є меншим, ніж за додатною бистротою; 2) ядерний фактор модифікації  $J/\psi$  мезонів при нульовій бистроті на PHENIX/RHIC у межах похибки експерименту є таким же самим, як і в експериментах SPS, незважаючи на різницю в декілька разів у густинах енергії, що досягаються в цих експериментах. Розглядаються можливі фізичні механізми, що відповідають за ці результати, і робиться передбачення для виходу кварконія за енергіями LHC.

1. A.A. Isayev // *Preprint arXiv: 0810.4762v1 [hep-ph]*.

## С8.09. ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АННИГИЛЯЦИОННЫХ ГАММА-КВАНТОВ ПОЛЯРИЗОВАННОГО ОРТОПОЗИТРОНИЯ В СЛАБОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

*С.К. Андрухович<sup>1</sup>, С.Н. Гаркуша<sup>1</sup>, Н. Антович<sup>2</sup>, Э.А. Рудак<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт физики им.Б.И. Степанова НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь;*

<sup>2</sup>*Физический факультет, Черногорский университет, Подгорица, Черногория*

Представлены результаты исследования методом мгновенных совпадений зависимости анизотропии углового распределения аннигиляционных квантов поляризованного ортопозитрония в неполяризованной среде ( $\text{SiO}_2$ ) от величины магнитного поля. Данная анизотропия обусловлена временными осцилляциями спина ортопозитрония в слабом магнитном поле (менее 1 кГс) при частоте осцилляций ( $\Omega$ ), близкой к постоянной распада ортопозитрония ( $\gamma$ ), и достигает своего максимума при  $\Omega = \gamma$ . Описана схема эксперимента с использованием экспериментальной установки мгновенных  $\beta$ -гамма совпадений и специальной системы электромагнитов. Полученные результаты сравниваются с теоретическими оценками.

Подобные исследования, как и исследования временных осцилляций спина ортопозитрония методом запаздывающих совпадений, позволяют получить значение частоты осцилляций спина ортопозитрония в магнитном поле. Дальнейшее развитие методики перспективно для исследования скорости релаксации спина ортопозитрония в веществе.

## С8.10. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРОШКОВ АКТИВИРОВАННОГО П-ТЕРФЕНИЛА И РЕЖИМОВ ИХ ПРЕССОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ

*Л.А. Андриющенко<sup>1</sup>, А.И. Бедрик<sup>1</sup>, Л.И. Волошина<sup>1</sup>, Л.С. Гордиенко<sup>1</sup>,  
П.Н. Жмурин<sup>1</sup>, О.В. Зеленская<sup>1</sup>, П.В. Матейченко<sup>2</sup>, В.А. Тарасов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, г.Харьков;*

<sup>2</sup>*Институт монокристаллов НАН Украины, г.Харьков*

Получены порошки активированного *n*-терфенила в форме пластинок с линейными размерами в интервале 0,01...20,0 мм и толщиной 0,005...0,5 мм, имеющих максимум в области люминесценции 420...440 нм. Выбраны оптимальные режимы их прессования. Установлена корреляция между технологическими параметрами полученных поликристаллических систем и их структурными, оптическими и сцинтилляционными характеристиками. Показана возможность улучшения сцинтилляционных характеристик поликристаллов за счет химической модификации поверхности сцинтилляционных порошков.

## С8.11. МІКРОСТРІПОВИЙ МЕТАЛЕВИЙ ДЕТЕКТОР

*В.М. Пугач<sup>1</sup>, О.С. Ковальчук<sup>1</sup>, В.М. Михайленко<sup>1</sup>, А.В. Чаус<sup>1</sup>,  
О.А. Федорович<sup>1</sup>, А.І. Борискін<sup>2</sup>, В.М. Єременко<sup>2</sup>, С.М. Хоменко<sup>2</sup>,  
В.Ю. Сторіжко<sup>2</sup>, А. Шелехов<sup>2</sup>, В.Л. Перевертайло<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України, м.Київ;  
<sup>2</sup>Інститут прикладної фізики НАН України, м.Суми;  
<sup>3</sup>Інститут мікроприладів, м.Київ*

Мікростріповий металевий детектор (ММД), розроблений в Інституті ядерних досліджень НАН України, був успішно випробуваний на пучках альфа-частинок 32 МеВ в Інституті Макса Планка (м.Хайдельберг, Німеччина) та синхротронного випромінювання 20 кеВ у дослідницькому центрі DESY (м.Гамбург, Німеччина). Була продемонстрована можливість неруйнівного моніторингу профілю пучків заряджених частинок та синхротронного випромінювання. Розглядається використання ММД у фокальній площині мас-спектрометра. Обговорюються попередні результати дослідження ММД на лазерному мас-спектрометрі з подвійним фокусуванням Інституту прикладної фізики НАН України (м.Суми). Представлено характеристики ММД з числом стріпів 1024 (крок стріпів 50 мікрометрів, ширина стріпів 20 мікрометрів), сполученого з комерційним зчитувальним мікрочипом VA-SCM2.

## С8.12. МІКРОПІКСЕЛЬНИЙ ДЕТЕКТОР MEDIPIX2 В ФОКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ МАС-СПЕКТРОМЕТРА

*А.В. Чаус<sup>1</sup>, В.М. Пугач<sup>1</sup>, О.С. Ковальчук<sup>1</sup>, О.Ю. Охріменко<sup>1</sup>  
В.М. Єременко<sup>2</sup>, С.М. Хоменко<sup>2</sup>, В.Ю. Сторіжко<sup>2</sup>, А. Шелехов<sup>2</sup>  
М. Кампбел<sup>3</sup>, Л. Тлустос<sup>3</sup>, Д. Маневський<sup>4</sup>, В. Оши<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України, м.Київ;  
<sup>2</sup>Інститут прикладної фізики НАН України, м.Суми;  
<sup>3</sup>ЦЕРН, м.Женева, Швейцарія;  
<sup>4</sup>Університет Глазго, м.Глазго, Великобританія*

Досліджено функціонування мікропксельного (256x256, 55 мкм) детектора Medipix2 [1] в фокальній площині лазерного мас-спектрометра. Масові розподіли із стандартних мішеней, виміряні цим детектором, узгоджуються з табличними даними. Функція відгуку Medipix2 досліджена в залежності від енергії, заряду, маси, а також від місця реєстрації низькоенергетичних іонів. Розглянуто можливість застосування детектора Medipix2 для діагностики та юстування мас-спектрометрів та подібних систем.

1. В. Mikulec, М. Campbell, Е. Heijne, Х. Llopart, L. Tlustos // *Nucl. Instr. Meth.* 2003, v. A511, p. 282.

### С8.13. ПОИСК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УСКОРИТЕЛЯ НА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛИКРИСТАЛЛЕ

*В.И. Нагайченко, А.В. Щагин  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Ранее исследовались свойства рентгеновского излучения ускорителя на пироэлектрическом монокристалле (см., например, [1]). В настоящей работе представлено состояние дел по применению в таком ускорителе пироэлектрического поликристалла и наблюдению от него рентгеновского излучения ускоренных частиц.

1. В.И. Нагайченко, В.В. Сотников, Б.И. Иванов, А.М. Егоров, А.В. Щагин. Рентгеновское излучение пироэлектрического генератора // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2007, № 3, с. 81-89.

### С8.14. СЦИНТИЛЛЯТОРЫ НА ОСНОВЕ ПРЕССОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ АКТИВИРОВАННОГО ПАРАТЕРФЕНИЛА

*О.В. Зеленская, Л.А. Андриющенко, Б.В. Гринец,  
Л.С. Гордиенко, Т.Е. Горбачева, А.М. Кудин, В.А. Тарасов  
Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, г.Харьков*

Исследованы сцинтилляционные характеристики поликристаллов, полученных прессованием кристаллических пластинок активированного *n*-терфенила. Изучена энергетическая зависимость конверсионной эффективности от энергии  $\alpha$ -частиц  $^{238}\text{Pu}$  в диапазоне 0,8...5,5 МэВ и влияние состояния поверхности на форму этой зависимости. Показано, что увеличение концентрации активатора (1,4 дифенил-бутадиена-1,3) до 0,3% на стадии выращивания кристаллических пластинок позволяет улучшить относительный и удельный световой выход, амплитудное разрешение,  $\alpha/\beta$ -отношение поликристаллов до уровня монокристаллов *n*-терфенила с оптимальной концентрацией активатора 0,1%. Амплитудное разрешение детекторов на основе поликристаллов со светоотражающим материалом “Тувек” при регистрации конверсионных электронов с энергией 624 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ) достигает 7,8%. На основе изучаемых этих систем в отличие от монокристаллов возможно изготовление детекторов большого диаметра.

### С8.15. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ ПО АТОМНОМУ НОМЕРУ И МАССЕ НА ОСНОВЕ СИЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ CsI:Tl

*А.Л. Шпилинская, А.М. Кудин, И.К. Кириченко, Д.И. Зосим  
Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, г.Харьков*

Недавно усилиями международной коллаборации FAZIA (four  $\pi$  A and Z identification agrau) показана возможность идентификации продуктов ядерных

реакций по форме сцинтилляционного импульса до  $Z \sim 14$ . Сделан вывод о том, что кристаллы CsI:Tl с повышенным содержанием Tl ( $C_{Tl}$ ) обладают целым рядом преимуществ. С другой стороны, хорошо известно, что для таких кристаллов характерно концентрационное тушение люминесценции. В докладе дан анализ причин концентрационного тушения и обоснован подход к его сдвигу в сторону высоких  $C_{Tl}$ . На примере сцинтилляционных материалов NaI:Tl и CsI:Na показана принципиальная возможность увеличения  $C_{Tl}$  за счет введения соактиваторов. Для крупногабаритных кристаллов CsI:Tl в качестве соактиватора предложен ион  $NO_2^-$ , препятствующий распаду твердого раствора на стадии образования димеров таллия. Рассматриваются сцинтилляционные характеристики кристаллов CsI:Tl,  $NO_2$  при регистрации  $\gamma$ -квантов, протонов и  $\alpha$ -частиц.

### С8.16. СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР В ОБЪЕМЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*А.Н. Довбня, В.П. Ефимов, А.С. Абызов, А.В. Рыбка, В. В. Закутин,  
Н.Г. Решетняк, А.А. Блинкин, В.П. Ромасько, С.В. Габелков, Р.В. Тарасов  
НИЦ "Харьковский физико-технический институт"*

Рассматриваются возможности стабилизации микроструктур в процессе гидрогенизации аморфных фаз, создаваемых в скрытых треках в монокристаллическом кремнии осколками ядер тяжелых элементов при их фотоделении.

Процесс гидрогенизации разупорядоченных структур скрытых треков в с-Si-кристалле обеспечивается в газостате высокого давления с последующей диссоциацией молекул водорода излучением. Атомы водорода, которые сегрегируют в область радиационных дефектов, выполняют каталитическую роль в формировании кластеров в скрытом треке в процессе термообработки. Приведены экспериментальные результаты по исследованию оптических свойств гидрогенизированных аморфных структур методом ИР-спектроскопии. Понижение (восстановление) прозрачности из ИР-спектров поглощения в разупорядоченных структурах в монокристаллическом кремнии до уровня ее в с-Si(p,n)-кристалле с повышенной электропроводностью зависит от влияния агрегатного состояния водорода на структурные характеристики облученных образцов. Имплантация водорода вызывает значительные изменения спектров поглощения для некоторых мод связей.

При сильной гидрогенизации аморфных структур до уровня формирования кластеров могут возникнуть связи бор-водород в a-Si:H(B)-структурах, понижающие эффект повышенной радиационной проводимости. Максимальная проводимость может быть восстановлена последующим отжигом образцов в вакууме в течение нескольких минут при



T~300 °C. Результаты IR-спектроскопии указывают на существование связей бор-водород в структурах a-Si:H(B), которые стабилизируют структуру в процессе длительной эксплуатации.

#### С8.17. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ АМОРФНО-МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ ИЗЛУЧЕНИЕМ

*А.Н. Довбня, В.П. Ефимов, А.С. Абызов, А.В. Рыбка, В.В. Закутин,  
Н.Г. Решетняк, А.А. Блинкин, В.П. Ромасько  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Разработана методика формирования наноразмерных аморфно-микрористаллических структур в монокристаллическом кремнии, которая включает комбинированную радиационную обработку электронами и осколками деления ядер тяжелых элементов, гидрирование и отжиг. В результате образуется транспортный канал для носителей заряда, который состоит из случайно ориентированных микро- и нанокристаллитов с развитой сетью межфазных границ. Также образуются поверхностные уровни, которые обеспечивают образование изгибов энергетических зон, необходимых для создания областей повышенной плотности носителей заряда p- или n-типа в цепочке микрористаллитов. Применение таких структур улучшает выведение носителей заряда с малой подвижностью (дырок) из объема эмиттерной структуры c-Si(p,n)-фотоэлементов. Приведены предварительные экспериментальные результаты применения радиационных технологий для создания таких структур.

**Пленарное заседание 5. Фундаментальные исследования процессов взаимодействия ультрарелятивистских частиц с монокристаллами и веществом, физика детекторов излучений**

**П5.01. МЕХАНИЗМЫ РОЖДЕНИЯ МГНОВЕННЫХ ФОТОНОВ  
В РАССЕЯНИИ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ  
НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ**

*В.В. Котляр<sup>1</sup>, Н.И. Маслов<sup>1</sup>, А.А. Щеглова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”;*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им.В.Н. Каразина*

Обсуждается использование процессов рождения прямых фотонов для исследования адронной среды, образующейся на ранних стадиях в соударениях ультрарелятивистских тяжелых ионов. Рассматриваются модели, служащие основой для описания кварк-глюонной материи при плотностях, которые могут быть достигнуты в экспериментах на большом адронном коллайдере в ЦЕРН. Анализируются механизмы излучения мгновенных фотонов и чувствительность спектров фотонов к распределениям глюонов. Основное внимание уделяется области малых значений бьеркеновской переменной  $x$ , которая была недоступна в проведенных ранее экспериментах.

На основе численного моделирования, выполненного с помощью генератора событий PYTHIA, изучаются возможности регистрации мгновенных фотонов спектрометром PHOS в эксперименте ALICE. Сравниваются различные методы подавления фона, обусловленного гамма-квантами от распадов  $\pi^0$ -мезонов и от других источников.

**П5.02. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ  
ГЕНЕРАЦИИ КОГЕРЕНТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ  
ЧЕРЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МИШЕНИ**

*С.В. Блажевич<sup>1</sup>, Г.Л. Бочек<sup>2</sup>, И.Е. Внуков<sup>1</sup>, Ю.В. Жандармов<sup>1</sup>,*

*Н.И. Маслов<sup>2</sup>, А.А. Мазилев<sup>2</sup>, Р.А. Шатохин<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Белгородский государственный университет, Россия;*

*<sup>2</sup>ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, Украина*

Предлагается комплексное экспериментальное исследование механизмов генерации когерентного электромагнитного излучения при прохождении ускоренных электронов с энергией 10...100 МэВ через кристаллические мишени, направленное на получение интенсивных пучков монохроматического рентгеновского излучения для прикладных целей, в том числе для медицинских применений. Анализируются возможности использования следующих механизмов: излучение при осевом и плоскостном

каналировании электронов в совершенных кристаллах с последующей дифракцией в совершенном или мозаичном кристалле для монохроматизации и уменьшения дозовых нагрузок; параметрическое рентгеновское излучение и дифрагированное тормозное излучение в мозаичных кристаллах; параметрическое рентгеновское излучение в условиях асимметричной дифракции.

Цель предлагаемых исследований – верификация предсказываемых теорией новых эффектов в излучении быстрых электронов в среде и оценка максимально достижимых параметров источников рентгеновского излучения, основанных на когерентных механизмах излучения быстрых электронов в кристаллах.

### П5.03. КРЕМНИЕВЫЕ КООРДИНАТНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЙ

*Н.И. Маслов*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Кремниевые плоскостные (планарные) координатные детекторы (ККД) предназначены для использования при комнатных температурах. Это значительно упрощает создание одноканальных и многоканальных детектирующих систем и их применение в коллайдерных экспериментах, в ядерно-физических экспериментах, в прикладных исследованиях, в создании диагностических медицинских приборов, устройств неразрушающего контроля и устройств контроля окружающей среды. Применение ККД с каждым годом увеличивается, но в основном в крупных физических проектах и в проектах, где возможно использование серийно производящихся специализированных детекторов, например, одноканальных кремниевых PIN-фотодиодов.

Рассматриваются физические и технологические проблемы расширения создания и применения ККД и возможности преодоления проблем.

### П5.04. ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ЛУЭ-300

*А.Ю. Буки, С.П. Гоков, А.Н. Довбня, В.И. Касилов,  
В.А. Кушнир, Л.А. Махненко, В.В. Митроченко, Т.Ф. Никитина,  
В.М. Хвастунов, Н.Г. Шевченко  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В связи с развитием исследований в области прикладной ядерной физики, ядерной энергетики и радиационных технологий необходима кардинальная реконструкция ряда систем исследовательского комплекса ЛУЭ-300.

Исследовательский комплекс ЛУЭ-300 состоит из следующих блоков:

1 - блок ускорителя на энергию 30 МэВ;

- 2 - блок ускорителя на энергию 60...100 МэВ;
- 3 - блок ускорителя на энергию 160...200 МэВ;
- 4 - система параллельного переноса электронного пучка;
- 5 - спектрометр СП-95.

На сегодняшний день блок вывода пучка на энергию 30 МэВ имеет такие характеристики: изменение энергии электронов от 5 до 30 МэВ; частота посылок 1...100 Гц; средний ток до 100 мкА, энергетический разброс пучка 5...10%. Программа реконструкции комплекса предусматривает установку на этот блок нового инжектора-группирователя, а также усовершенствование основных систем (система ВЧ-питания, система термостатирования, система управления), что позволит значительно улучшить спектральные характеристики инжектируемого пучка на этом канале.

Блок вывода пучка на энергию 60...100 МэВ будет работать в двух разных режимах: на накопитель НЕСТОР и на прямой выход (блок вывода пучка на энергию 160...200 МэВ), магнитный спектрометр СП-95, стримерную камеру. В настоящее время он сдан в наладку и имеет такие характеристики: энергия электронов от 30 до 100 МэВ, частота посылок 1...100 Гц, средний ток до 10 мкА, энергетический разброс пучка ~ 1%.

Блок вывода пучка на энергию 160...200 МэВ в настоящее время реконструируется. В рамках представленной программы планируется восстановление и значительное усовершенствование основных систем этого канала. Ожидаемые характеристики пучка таковы: энергия электронов от 160 до 200 МэВ, частота посылок 1...100 Гц; средний ток до 10 мкА, энергетический разброс ~ 1%.

Система параллельного переноса электронного пучка и спектрометр СП-95 в настоящее время также реконструируются. В рамках данной программы планируется восстановление основных систем этих блоков комплекса ЛУЭ-300 и выведение электронного пучка на стримерную камеру.

Программа физических исследований приводится.

## П5.05. ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ТОНКОМ СЛОЕ ВЕЩЕСТВА

*А.С. Фомин, С.П. Фомин, Н.Ф. Шульга*

*Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Многократное рассеяние ультрарелятивистского электрона в веществе может приводить к нарушению дипольного режима излучения. Одним из проявлений этого является эффект Ландау-Померанчука-Мигдала подавления тормозного излучения электронов высоких энергий в аморфной среде, а также его аналог для случая тонкой мишени (эффект Терновского-Шульги-Фомина по терминологии работ [1]), когда длина когерентности излучения превышает толщину мишени.

Нарушение дипольного режима излучения изменяет не только спектр излучения [2], но и его угловые распределения и поляризацию [3]. В докладе представлены результаты теоретических исследований спектральных, угловых и поляризационных характеристик излучения ультрарелятивистских электронов в тонких аморфных и кристаллических мишенях. Получено хорошее согласие предсказаний теории [2] и данных недавнего эксперимента CERN NA63 [1] по измерениям спектров излучения электронов и позитронов с энергиями порядка 200 ГэВ в тонких слоях вещества. Предложена новая возможность получения линейно-поляризованных гамма-квантов на основе эффекта недипольности излучения, а также условия для экспериментального обнаружения предсказанного эффекта.

1. U.I. Uggerhoj et al. // *Phys. Rev.* 2005, v. D72, p. 112001; H.D. Thomsen et al. // *Phys. Lett.* 2009, accepted for publication.

2. F.F. Ternovskii // *Sov. Phys. JETP* 39 (1961) 171; N.F. Shul'ga and S.P. Fomin // *JETP Lett.* 1978, v. 27, p. 117; *JETP Lett.* 1996, v. 63, p. 873; *JETP* 1998, v. 86, p. 32.

3. A.S. Fomin, S.P. Fomin and N.F. Shul'ga // *Proc. SPIE* 2005, v. 5974, p. 177; *Proc. SPIE* 2007, v. 6634, p. 663406.

#### П5.06. ПУЧОК КОГЕРЕНТНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ в MAX-lab ЛАБОРАТОРИИ

*K. Fissum*<sup>1</sup>, *J. Brudvik*<sup>3</sup>, *Д.Д. Бурдейный*<sup>2</sup>, *В.Б. Ганенко*<sup>2</sup>, *К. Hansen*<sup>3</sup>,  
*L. Isaksson*<sup>1</sup>, *К. Livingston*<sup>4</sup>, *М. Lundin*<sup>3</sup>, *В.Л. Мороховский*<sup>2</sup>, *В. Nilsson*<sup>3</sup>,  
*В. Schroder*<sup>1,3</sup>, *Г.А. Ващенко*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics, Lund University, Lund, Sweden;*

<sup>2</sup>*ИИЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина;*

<sup>3</sup>*MAX-Lab, Lund University, Lund, Sweden;*

<sup>4</sup>*Department of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Glasgow, UK*

Принципиальная возможность получения поляризованного пучка фотонов для фотоядерных исследований в лаборатории MAX-lab (Швеция) при энергии электронов ~200 МэВ на основе процесса когерентного тормозного излучения электронов в кристалле алмаза была рассмотрена несколько лет назад. Тестовые эксперименты были проведены в 2007-2008 годах с кристаллом алмаза толщиной 0.1 мм при энергии электронного пучка 150...200 МэВ. Измерены спектры когерентного тормозного излучения в интервале энергий когерентного пика 15...65 МэВ. Ожидаемая поляризация ~30...35% при энергии когерентного пика порядка 50 МэВ.

Для улучшения параметров пучка и расширения диапазона исследований до 100 МэВ желательно повышение энергии электронного пучка до 250 МэВ.

**Секция 9. Фундаментальные исследования процессов взаимодействия ультрарелятивистских частиц с монокристаллами и веществом**

**С9.01. ОБНАРУЖЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ БОЛЬШОЙ ЭНЕРГИИ ИЗОГНУТЫМ КРИСТАЛЛОМ**

*Н.Ф. Шульга*

*Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Дан краткий обзор механизмов поворота пучков заряженных частиц большой энергии с помощью изогнутых кристаллов. Рассмотрены механизмы поворота пучка, связанные с плоскостным каналированием частиц в изогнутом кристалле, отражением частиц от изогнутых кристаллических плоскостей атомов, аксиальным каналированием в изогнутом кристалле и стохастический механизм поворота пучка, связанный с многократным рассеянием частиц на изогнутых цепочках атомов кристалла. Обсуждаются последние предложения группы физиков из FERMILAB [1] по исследованию аксиального каналирования положительно и отрицательно заряженных частиц в изогнутом кристалле. Приводятся и анализируются экспериментальные данные CERN 2008 года [2] по обнаружению предсказанного в [3] механизма поворотов пучка изогнутым кристаллом.

1. R.A. Carrigan, Jr. // *Book of Abstracts of 3-rd International conference "Channeling 2008"*, 25 October-1 November 2008. Erice, Italy, p. 83.

2. W. Scandale et al. // *Phys.Rev.Lett.* 2008, v. 101, 164801.

3. А.А. Гриненко, Н.Ф.Шульга // *Письма в ЖЭТФ.* 1991, т. 54, с. 520.

**С9.02. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОФИЛЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ИОНОВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

*М.И. Братченко, А.С. Бакай, С.В. Дюльдя*

*ННЦ "Харьковский физико-технический институт"*

Пространственные распределения (профили) ионной имплантации в кристаллические мишени формируются под влиянием упорядоченности атомной структуры их решетки, проявляющимися практически при любых условиях облучения. В сравнении с имплантацией в атомно-неупорядоченные (аморфизованные) материалы это делает актуальную для технологических приложений задачу теоретического описания и предсказания профилей ионного внедрения в кристаллы крайне не тривиальной. В работе систематизирована развитая и используемая нами иерархия подходов к её решению: (i) атомистическое компьютерное моделирование методом молекулярной динамики, (ii) прямые расчетные модели, опирающиеся на микроскопическую кинетическую теорию

ориентационных эффектов, и (iii) основанные на ней феноменологические подгоночные модели описания экспериментально измеренных или смоделированных профилей залегания имплантата, обеспечивающие интерполяцию и экстраполяцию данных по параметрам процесса имплантации. Показано, что результаты применения этих подходов хорошо согласуются между собой и с имеющимися в литературе экспериментальными данными, а физические механизмы ориентационных эффектов в формировании профилей внедрения находят объяснение в рамках теории каналирования ионов.

### С9.03. СКЕЙЛИНГИ ХАРАКТЕРИСТИК СКОЛЬЗЯЩЕГО ОТРАЖЕНИЯ ИОНОВ ОТ ПОВЕРХНОСТЕЙ С НАНОРАЗМЕРНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ

*М.А. Скоробогатов, А.С. Бакай, С.В. Дюльдя, М.И. Братченко  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Недавно при моделировании скользящего отражения тяжелых ионов килоэлектронвольтных энергий от фрактально-шероховатых поверхностей  $z = h(x, y)$  твердого тела нами был обнаружен скейлинг  $R(\lambda w) = \lambda^{-s} \cdot R(w)$  интегрального альбеда  $R$  ионов по ширине  $w = \langle (h - \langle h \rangle)^2 \rangle^{1/2}$  фрактального интерфейса наноразмерных масштабов. Наличие морфологически зависимого скейлинга может свидетельствовать о существовании универсальных масштабно-инвариантных механизмов влияния топографии поверхности на отражение ионов. Однако природа и степень общности такого поведения этой частной характеристики сложного процесса отражения ионов остается невыясненной. В работе с применением метода молекулярной динамики и геометрико-оптической техники трассировки лучей скейлинговое поведение интегральных и дифференциальных характеристик скользящего отражения ионов от нанорельефов изучено более подробно. Получены зависимости показателей скейлинга  $s$  от вида детектируемого сигнала обратно рассеянных ионов и от количественных показателей, характеризующих топографию интерфейса. Обсуждается также роль поверхностных и объемных эффектов рассеяния и торможения ионов в формировании этих зависимостей.

### С9.04. ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ НЕКОГЕРЕНТНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ

*Н.Ф. Шульга<sup>1</sup>, В.В. Сыщенко<sup>2</sup>, А.И. Гарновский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ННЦ “Харьковский физико-технический институт”, г. Харьков, Украина;

<sup>2</sup> Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия

Тормозное излучение быстрых частиц в кристаллах представляет собой сумму когерентной части, обусловленной периодичностью пространственного расположения атомов в кристалле, и некогерентной, обусловленной тепловым движением атомов. Для электронов энергии  $\sim 1$  ГэВ

в жесткой области спектра вклад некогерентной части является определяющим. В [1] была предложена процедура численного моделирования некогерентного излучения, учитывающая особенности динамики частиц в кристаллах. В настоящем докладе результаты моделирования сравниваются с данными ранних [2] и недавних [3] экспериментов.

1. N.F. Shul'ga, V.V. Syshchenko // *Problems Atomic Sci. Tech.* 2004, № 5, p. 112.

2. V.M. Sanin, V.M. Khvastunov, V.F. Boldyshev, N.F. Shul'ga // *NIM.* 1992, v. B67, p. 251.

3. H. Backe, P. Kunz, W. Lauth, A. Rueda // *NIM.* 2008, v. B266, p. 3835.

#### С9.05. ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ С ПОМОЩЬЮ КРИСТАЛЛ-ДИФРАКЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МОЗАИЧНЫХ КРИСТАЛЛОВ

*Д.А. Бакланов, И.Е. Внуков, Ю.В. Жандармов, Р.А. Шатохин  
Белгородский государственный университет, г.Белгород, Россия*

Известно, что кристалл-дифракционные спектрометры на основе совершенных кристаллов обеспечивают заведомо лучшее энергетическое разрешение, чем другие детекторы. Однако низкая эффективность таких приборов и проблемы с абсолютизацией результатов измерений препятствуют их широкому использованию. Применение мозаичных кристаллов, например, пиролитического графита или других естественных и искусственных кристаллов осложнено ухудшением энергетического разрешения приборов на их основе. Обсуждаются пути решения этой проблемы и два возможных способа применения таких спектрометров для измерений характеристик излучения быстрых электронов в кристаллах. Приведены результаты измерений спектра рентгеновской компоненты излучения электронов с энергией 500 МэВ в монокристалле вольфрама, выполненные с помощью такого спектрометра. Приведены оценки энергетического разрешения и захватываемого спектрального диапазона для условий электронных ускорителей ННЦ ХФТИ. Работа выполнена при частичной поддержке программы внутренних грантов БелГУ.

#### С9.06. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА НАНОКРИСТАЛЛИТОВ

*А.В. Щагин  
ННЦ "Харьковский физико-технический институт"*

В работе [1] мы экспериментально показали возможность исследования текстуры поликристаллов с помощью параметрического рентгеновского



излучения (ПРИ). В настоящей работе обсуждается возможность измерения размеров нанокристаллитов в поликристаллах по естественной ширине спектрального пика ПРИ.

1. Y. Takabayashi, I. Endo, K. Weda, C. Moriyoshi, A.V. Shchagin. Observation of intense PXR from textured polycrystal // *Nucl. Instr. and Meth.* 2006, v. B243, p. 453-456.

#### С9.07. ДЛИНА КОГЕРЕНТНОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*А.В. Щагин*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Рассматривается длина когерентности параметрического рентгеновского излучения (ПРИ), которое испускается релятивистскими заряженными частицами в различных кристаллах. Показано, что длина когерентности ПРИ из длинных монокристаллов [1] может достигать нескольких сантиметров, что является гигантской величиной для рентгеновского диапазона. Отмечается возможность использования этого свойства ПРИ в рентгеновской голографии и других применениях.

1. А.В. Щагин. Фокусировка параметрического рентгеновского излучения. // *Письма в ЖЭТФ.* 2004, т. 80, с. 535-540.

#### С9.08. ДВИЖЕНИЕ И ИЗЛУЧЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ В ДЕФОРМИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ

*Н.Ф. Шульга, В.В. Бойко*

*Институт теоретической физики им.А.И. Ахиезера ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Предсказан эффект интенсивного монохроматического излучения релятивистских электронов при надбарьерном движении в деформированном кристалле. Этот эффект не связан с явлением каналирования частиц в кристалле и возможен как для релятивистских позитронов, так и для электронов. Получены выражения для сечения излучения релятивистских электронов в кристалле в первом борновском приближении. Проанализированы условия применимости этих выражений. Исследована возможность объемной рефракции пучка частиц в деформированном кристалле. Вычислены углы отражения пучка. Указано на возможность поворота пучка как целого.

1. И. Линдхард. УФН. 99, 249 (1969).

2. А.И.Ахиезер, Н.Ф.Шульга. Электродинамика высоких энергий в веществе. М.:Наука, 1993.

3. R.A. Carrigan, A.I. Drozhdin et al. Channeling Collimation Studies at the Fermilab Tevatron // *Proc. of SPIE.* 2007, v.6634, p. 663401.

## С9.09. МОДУЛЯЦИЯ ЦУГА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*А.В. Щагин*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Понятие цуга монохроматического излучения рассматривается в оптике и при этом обычно подразумевается, что амплитуда поля в цуге постоянна [1]. В работе рассматривается возможность получения цугов параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) релятивистских заряженных частиц в кристалле. Показана возможность амплитудной и других видов модуляции в каждом отдельно взятом цуге. В поглощающем кристалле в случае Лауэ амплитуда в цуге ПРИ экспоненциально возрастает, а в случае Брэгга – экспоненциально убывает. Обсуждаются спектральные свойства модулированных цугов, а также возможности их применения.

1. Г.С. Горелик. Колебания и волны. М.: Физматлит, 2007.

## С9.10. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВКЛАДЫ ПРИ И ДПИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ЭЛЕКТРОНА, ПАДАЮЩЕГО НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ ПЛАСТИНКУ ПОД МАЛЫМ УГЛОМ К ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ

*С.В. Блажевич<sup>1</sup>, А.В. Носков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Белгородский государственный университет, Россия;*

*<sup>2</sup>Белгородский университет потребительской кооперации, Россия*

Рассмотрено когерентное рентгеновское излучение релятивистского электрона в монокристаллической пластине. На основе двухволнового приближения динамической теории дифракции [1] получены аналитические выражения, описывающие спектрально-угловое распределение параметрического рентгеновского излучения (ПРИ), дифрагированного переходного излучения (ДПИ). Исследованы относительные вклады этих механизмов излучения при малых углах падения электрона к поверхности пластинки.

1. Пинскер З. Дифракция рентгеновских лучей в идеальных кристаллах. М.: Наука, 1984.

## С9.11. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕНСИВНОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Г.Л. Бочек, Г.П. Васильев, А.А. Каплий, С.К. Киприч,*

*В.И. Кулибаба, А.А. Мазилев, Н.И. Маслов, В.И. Яловенко*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Трудность измерения характеристик источников интенсивного гамма и рентгеновского излучения на основе взаимодействия электронов высокой

энергии с монокристаллами возникает за счет использования больших токов ускоренных электронов. Традиционные методы измерения спектральных характеристик рентгеновского излучения при этом не применимы из-за наложения импульсов от фотонов в детекторе в одной посылке тока ускорителя.

Рассматривается метод для измерения спектральных характеристик интенсивного рентгеновского излучения электронов при их каналировании в монокристаллах. Метод основан на измерении относительной интенсивности характеристического рентгеновского излучения, возбуждаемого тормозным излучением с энергией в интервале  $\sim 10 \dots 100$  кэВ электронами из ориентированного и разориентированного кристалла в специально подобранных мишенях.

#### С9.12. СПЕКТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 200 МэВ В КРИСТАЛЛАХ АЛМАЗА И КРЕМНИЯ ПРИ АКСИАЛЬНОЙ И ПЛОСКОСТНОЙ ОРИЕНТАЦИИ

*K. Fissum<sup>1</sup>, J. Brudvik<sup>3</sup>, Д.Д. Бурдейный<sup>2</sup>, В.Б. Ганенко<sup>2</sup>, К. Hansen<sup>3</sup>,  
L. Isaksson<sup>1</sup>, K. Livingston<sup>4</sup>, M. Lundin<sup>3</sup>, В.Л. Мороховский<sup>2</sup>,  
B. Nilsson<sup>3</sup>, B. Schroder<sup>1,3</sup>, Г.А. Ваценко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Physics, Lund University, Lund, Sweden;*

<sup>2</sup>*ННЦ "Харьковский физико-технический институт", Украина;*

<sup>3</sup>*MAX-Lab, Lund University, Lund, Sweden;*

<sup>4</sup>*Department of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Glasgow, UK*

При энергии электронов порядка нескольких сотен мегаэлектронвольт когерентные эффекты в излучении практически не исследованы. Тем не менее, эти исследования представляют большой интерес, поскольку этот диапазон энергий находится между двумя областями энергий, где, с одной стороны квантовый, а с другой - классический, подходы используются для описания процесса излучения электронов в кристалле.

В докладе представлены результаты измерений спектров излучения электронов с энергией  $\sim 200$  МэВ в кристалле алмаза при аксиальной и плоскостной его ориентации и в кристалле кремния при аксиальной ориентации. Толщина алмаза 0.1 мм, кремния - 0.3 мм. В низкоэнергетической области спектра ( $E_\gamma < 15$  МэВ) наблюдается увеличение интенсивности излучения. При энергии фотонов  $E_\gamma \sim 5$  МэВ интенсивность излучения для алмаза в 5 раз сильнее, чем излучение в разориентированном кристалле.

## **Секция 10. Физические и экологические вопросы эксплуатации и модернизации ускорителей и ядерно-физических установок**

### **С10.01. РАСЧЕТ СПЕКТРА ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЧЕНИЙ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ЛУ-40 ННЦ ХФТИ**

*А.Н. Водин, С.Н. Олейник, Г.Э. Туллер  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

При измерении сечений фотоядерных реакций возникает необходимость в точном определении числа  $\gamma$ -квантов, упавших на мишень, непосредственное измерение которого сильно затруднено в связи с большим потоком тормозного излучения. Для его определения с помощью программы GEANT-3 был рассчитан спектр тормозного излучения, возникающего при облучении танталовой мишени электронами, которое затем проходило через поглотитель электронов, изготовленный из алюминия толщиной 10 см, и попадало на мишень.

Расчеты проводились для налетающих электронов с энергией 30...100 МэВ с энергетическим разбросом  $\sim 1\%$  и диаметром пучка  $\sim 5$  мм.

Сравнение смоделированных спектров со спектрами, полученными по формуле Шиффа, другими формулами для расчетов тормозного излучения и экспериментальными работами, показало их хорошую сходимость.

### **С10.02. МОНИТОРИРОВАНИЕ ВЫХОДА РЕЗОНАНСНЫХ $(p,\gamma)$ -РЕАКЦИЙ НА ЭСУ-5**

*В.М. Мищенко*

*Институт физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ, г.Харьков*

Предложена и реализована методика мониторинга выхода резонансных ядерных реакций на ускорителе ЭСУ-5. Импульсы интегратора тока БИТ-01, соответствующие заданному накопленному на мишени заряду, подаются на один из входов блока счетчиков БлСч7 [1]. На два других входа поступают импульсы от дифференциальных дискриминаторов, которые выделяют импульсы детектора  $\gamma$ -излучения в характерных для изучаемой реакции энергетических диапазонах. Разработанный программный код производит циклический опрос счетчика импульсов интегратора тока и при достижении заданного экспериментатором значения выводит показания счетчиков выхода на монитор. Данные записываются в файл, сбрасываются счетчики и цикл повторяется.

Если текущие данные счетчиков выхода отличаются от предыдущих более чем на статистическую ошибку, то выдается звуковой сигнал и

соответствующее сообщение на монитор для экспериментатора. Последний принимает решение о дальнейшем ведении эксперимента.

1. В.М. Мищенко, И.С. Ковтуненко // Тез. докл. 6 Конф. по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям 2008, Харьков, с. 99.

### C10.03. ДИНАМИКА ДОЗОВЫХ ЗАТРАТ ПЕРСОНАЛА УСКОРИТЕЛЕЙ

*А.В. Мазиллов, И.А. Стадник, А.Г. Гриво, В.Н. Ткаченко,  
А.Ю. Кирочкина, М.П. Затолока  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Согласно модели радиационных рисков UNSCEAR-94, избыточный относительный и атрибутивный риски зависят как от накопленной дозы облучения, так и от динамики получения этой дозы. Для оценки рисков проанализированы основные характеристики структуры персонала ускорительного комплекса, состоящего на индивидуальном дозиметрическом контроле: распределение персонала ускорителей по возрастам, по длительности пребывания на индивидуальном дозиметрическом контроле и по накопленной дозе.

Установлено, что а) основная часть персонала имеет возраст от 30 до 70 и более лет, средний возраст – 65 лет; б) наибольшее число работников имеет стаж от 3 до 40 лет; в) накопленные дозы персонала ускорительного комплекса лежат в пределах от 0 до 0,3 Зв. При этом основная часть персонала имеет накопленную дозу менее 0,1 Зв.

### C10.04. РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ СРЕДИ ПЕРСОНАЛА УСКОРИТЕЛЕЙ

*А.В. Мазиллов, И.А. Стадник, В.Н. Ткаченко, А.Ю. Кирочкина, Ю.А. Мазилова  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В соответствии с международной практикой граница индивидуального риска при облучении персонала принимается равной  $10^{-3}$  за год, для населения -  $5 \cdot 10^{-5}$  за год.

Индивидуальный ( $r$ ) и коллективный ( $R$ ) риски возникновения стохастических эффектов от облучения определяются соответственно:  $r = r_E \cdot E$ ,  $R = r_E \cdot S_E$ , где  $E$ ,  $S_E$  – индивидуальная и коллективная дозы соответственно;  $r_E$  – коэффициент риска, который принимается равным  $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  для профессионального облучения.

Наибольшая часть персонала (около 75%) в 2007 году имела эффективную дозу до 2 мЗв. Для этой группы индивидуальный риск равен  $10^{-4}$ , что соответствует пренебрежимо малому значению. Для остальных 25 % персонала индивидуальный риск лежит в пределах от  $1,1 \cdot 10^{-4}$  до  $1,7 \cdot 10^{-4}$ , что не выходит за границы приемлемого индивидуального риска ( $10^{-3}$ ).

## С10.05. ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ПЛАНИРОВАНИЯ ДОЗОВЫХ ЗАТРАТ

*А.В. Мазюков, И.А. Стадник*

*ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

Для обработки первичных данных, расчета и планирования индивидуальных доз облучения персонала в ННЦ ХФТИ ведутся работы по созданию Программного средства “Информационно-аналитическая система индивидуального дозиметрического контроля” (ИАС ИДК), предназначенного для сбора, хранения и анализа информации о дозах облучения работников за весь период работы. Система позволит оценивать среднегодовые дозы для различных групп персонала, определять наиболее опасные участки работ и наиболее облучаемые группы персонала. Наличие информационной поддержки по анализу дозовых затрат позволит специалистам осуществлять планирование мероприятий, направленных на снижение доз облучения персонала и отдаленных рисков радиации. ИАС ИДК разрабатывается в среде CodeGear Delphi 2007, использует сервер СУБД FireBird 2.01 и будет работать в диалоговом режиме, что позволит получать отчеты о результатах ИДК как по заданным формам, так и в форме таблиц и графиков.

## С10.06. МОДЕРНИЗАЦИЯ СПЕКТРОМЕТРА РОР С ПОВЫШЕННЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ

*А.Е. Лагутин, А.С. Камышан, Ф.Ф. Комаров*

*Институт прикладных физических проблем им.А.Н. Севченко, г.Минск*

Проведена модернизация базовых узлов спектрометра резерфордовского обратного рассеяния (РОР) с использованием электростатического анализатора энергии ионов, составляющего основу аналитического комплекса на базе ускорителя ЭСУ-2, для элементного анализа материалов, слоистых структур и биологических объектов с нанометровым разрешением по глубине. Функционально электрическая часть комплекса делится на две подсистемы – регистрации и управления. Она включает в себя объединенные локальной информационной шиной (системной магистралью): БУС2-97 – спектрометрический усилитель; МОД – модуль программируемого одно-канального дискриминатора; МИ – модуль программируемого интенсиметра; ИП – источник питания подсистемы. Подсистема управления включает в себя два программируемых модуля высоковольтных источников питания МВИП (до 7,5 кВ) и источник питания ИП. Связь подсистем с управляющей персональной ЭВМ реализуется через интерфейс USB при помощи концентратора. Предусмотрена возможность подключения модулей высоковольтных источников и системного контроллера подсистемы регистрации непосредственно к USB-портам ПЭВМ.

## С10.07. ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГАММА-КВАНТОВ

*Н.А. Иванов, В.В. Пащук, Ю.В. Помазан, М.Г. Тверской*  
*Петербургский институт ядерной физики им.Б.П. Константинова РАН,*  
*г.Гатчина, Россия*

Рассмотрена возможность возникновения эффекта радиационного воздействия отдельных частиц (SEE-эффект, Single-Event Effects) в высокоинтегрированных изделиях электронной техники под действием гамма-квантов. Получены оценки сечений SEE-эффекта для гамма-квантов тормозного спектра с максимальной энергией  $\sim 40$  МэВ. Проведено сопоставление расчетных оценок с экспериментальными данными по отказам элементов ПЗС-матриц под действием протонов. Полученные результаты показывают, что SEE-эффекты могут наблюдаться на ускорителях электронов на энергии свыше 30 МэВ при токах пучка на уровне 1 мкА.

## С10.08. ДВУХСЕКЦИОННАЯ ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА

*Н.А. Иванов, О.В. Лобанов, В.В. Пащук*  
*Петербургский институт ядерной физики им.Б.П. Константинова РАН,*  
*г.Гатчина, Россия*

Приведены данные по разработке и испытаниям нового монитора пучков ионизирующих излучений, позволяющего проводить измерения в режиме реального времени без его предварительной градуировки. В качестве детектора используется ионизационная камера, состоящая из двух секций с отличающимися по длине межэлектродными зазорами в каждой секции и работающая на воздухе в токовом режиме. Данная конструкция камеры позволяет учитывать влияние процесса рекомбинации ионов на результаты измерений. Экспериментальная проверка предложенного принципа мониторинга пучков протонов была выполнена на синхроциклотроне ПИЯФ РАН им.Б.П. Константинова. Погрешность измерений числа протонов в интервале потоков  $10^6 \dots 5 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$  составляет не более 5 %.

## С10.09. ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОТРОНОМ М-30 НА БАЗЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

*Н.И. Романюк<sup>1</sup>, В.И. Лямаев<sup>1</sup>, Ю.Ю. Плакош<sup>2</sup>, В.В. Ковтун<sup>2</sup>,*  
*О.В. Дробнич<sup>2</sup>, В.В. Звенигородский<sup>1</sup>, Й.Й. Гайниш<sup>1</sup>,*  
*В.Т. Маслюк<sup>1</sup>, О.М. Турховский<sup>1</sup>, Г.Ф. Питченко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт электронной физики НАН Украины, г.Ужгород;*

<sup>2</sup>*Закарпатский государственный университет, г.Ужгород*

Разработан графический интерфейс, а также схема сопряжения с функциональными блоками микротрона М-30 с использованием модулей

АЦП WAD-AIK-BUS (производства АКОН) и программы мониторинга, визуализации временных и пространственных характеристик М-30, созданной на языке Java. Реализована недорогая система сбора данных с достаточной достоверностью и помехоустойчивостью. Обсуждаются возможности оптимизации управления М-30.

#### С10.10. АНАЛИЗ РАБОТЫ УСКОРИТЕЛЯ ЛУЭ-300 В 2008 ГОДУ

*С.П. Гоков, О.А. Демешко, А.А. Иванов, В.И. Касилов,  
С.С. Кочетов, К.С. Кохнюк, Л.А. Махненко, П.Л. Махненко,  
И.В. Мельницкий, Л.Д. Салий, О.А. Шопен  
ННЦ “Харьковский физико-технический институт”*

В истекшем году ускоритель отработал с пучком на различные ядерно-физические и прикладные программы ~ 400 час. Выполнялись работы в рамках тематического плана по АНТ, Госпрограммы ЯМРТ-2010, а также по хоздоговорам. Достигнуты определенные результаты по оптимизации режимов работы ускорителя. Был проведен ряд восстановительных и профилактических работ на модуляторах клистронов, предназначенных для СВЧ-питания двух дополнительных секций Харьков-65 (длина 4,4 м, с постоянной структурой,  $V_{гр} = 0,04$  С,  $R_{п} = 635$  Ом/см<sup>2</sup>, радиальными разрезами диафрагм), которые позволяют поднять энергию пучка на прямом выходе до 160 МэВ. Создан стенд для комплексной проверки клистронов и тиратронов. В докладе приводятся данные о состоянии (ресурсе) основного технологического оборудования (клистронов, тиратронов и т. д.), краткий анализ основных видов неисправностей систем ускорителя, обсуждаются планы предполагаемых работ по их усовершенствованию и модернизации ускорителя в целом. На прямом выходе блока вывода пучка на энергию 30 МэВ создан радиационный стенд для испытаний материалов, необходимых для ядерной энергетики, которые используются в конструкциях детекторов тепловых нейтронов. Основными целями модернизации являются улучшение спектральных характеристик пучка, увеличение его стабильности и интенсивности на обоих выходах ускорителя. Для достижения этих целей в программе работ 2009-2010 гг. предполагается установка нового инжектора-группирователя и существенное усовершенствование основных систем.