



Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Институт Теоретической и Экспериментальной Физики  
имени А.И. Алиханова  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»



**МКТЭФ-2018**  
МКЛЭФ-2018

**СБОРНИК АННОТАЦИЙ ДОКЛАДОВ**

**МОЛОДЕЖНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ  
МКТЭФ-2018**

26-29 ноября 2018 г.



Москва, 2018 год

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ И ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:**

### Председатель программного комитета :

- директор Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт Теоретической и Экспериментальной Физики имени А.И. Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», д.ф.-м.н., Егорычев Виктор Юрьевич;

### Состав программного комитета:

- к.ф.-м.н., Акиндинов А.В.;
- д.ф.-м.н., Голубев А.А.;
- к.ф.-м.н., Кулевой Т.В.;
- к.ф.-м.н., Васильев Д.В.;
- к.ф.-м.н., Канцырев А.В.;

### Организационный комитет:

- к.ф.-м.н., Васильев Д.В.;
- к.ф.-м.н., Канцырев А.В.;
- к.ф.-м.н., Слепцов А.В.;
- к.т.н., Высоцкий С.А.;
- к.ф.-м.н., Годунов С.И.;
- Панюшкин В.А.;
- секретарь конференции, Ибрагимова А.Р.

**Сайт конференции:** <http://www.itep.ru/activity/youth/ysconf/>

Конференция проводится при частичной поддержке Российского Фонда  
Фундаментальных Исследований, грант №18-32-10043

Сборник аннотаций под редакцией Васильева Д.В., Канцырева А.В.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>Пленарные доклады:</u>	12
<u>Доклады участников конференции:</u>	13
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПИКОВОСЕКУНДНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ И АМПЛИТУДЫ СИГНАЛОВ ГЕНЕРАТОРА, ПРИМЕНЯЕМОГО В АТОМНО-ЗОНДОВОМ ТОМОГРАФЕ, <u>Айрапетянц В.М., Разницын О.А., Рогожкин С.В.</u> . . . . .	13
АНАЛИТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАТСУММЫ НЕКРАСОВА И ЕЁ СВЯЗЬ С ТЕОРИЕЙ ЛИУВИЛЛЯ ЧЕРЕЗ АРТ СООТВЕТСТВИЕ, <u>Алексеев С.О., Литвинов М.В.</u> . . . . .	14
ТЕРМОДИНАМИКА КВАРК-ГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЫ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ, <u>Андрейчиков М.А., Симонов Ю.А.</u> . . . . .	15
СТАТУС РАБОТ НА СТЕНДЕ ОБЛУЧЕНИЙ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ (СОМАТ), <u>Андреанов С.Л., Никитин А.А., Рогожкин С.В., Кулевой Т.В.</u> . . . . .	16
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР НЕСТАБИЛЬНОСТИ АРЕТАКИСА ДЛЯ МЕТРИКИ, <u>Ахмедов Э.Т., Анемподистов П.А., Иванова И.Д.</u> . . . . .	17
УЗЕЛ КАК ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ЛЮБОПЫТНЫЕ СВОЙСТВА УРАВНЕНИЙ ЭВОЛЮЦИИ, <u>Анохина А.С.</u> . . . . .	18
РЕШЕНИЕ КВАНТОВЫХ МНОГОЧАСТИЧНЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, <u>Астраханцев Н.Ю.</u> . . . . .	19
ИЗЛУЧЕНИЕ ХОКИНГА ДЛЯ ДВУМЕРНОЙ КОЛЛАПСИРУЮЩЕЙ ОБОЛОЧКИ, <u>Астраханцев Л.Н.</u> . . . . .	20
ОПТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ СВЕТОСИЛЬНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ, <u>Балануца П.В., Герасимов А.С., Панюшкин В.А., Канцырев А.В., Луцевская Е.В.</u> . . . . .	22
ПОЛИНОМЫ ДЖОНСА ПРИ УНИМОДУЛЯРНОМ ПАРАМЕТРЕ, <u>Бшилер Л.В.</u> . . . . .	23
ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНОГО ТЯЖЕЛОИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА НАНОМАСШТАБНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, <u>Рогожкин С.В., Богачев А.А., Никитин А.А.</u> . . . . .	24

<b>РАЗРАБОТКА ИОННО-ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОТОННЫХ МИКРОСКОПОВ,</b> <i>Богданов А.В., Скобляков А.В., Канцырев А.В., Колесников Д.С., Волков В.А.</i> . . . . .	25
<b>ПОЗИТРОНИЙ В ТАЛОЙ ВОДЕ,</b> <i>Боков А.В., Степанов С.В., Бяков В.М., Илюхина О.В., Карпов М.В.</i> . . . . .	26
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДОВ В-МЕЗОНОВ В КОНЕЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ С ЧАРМОНИЕМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ LHCb,</b> <i>Бояркина О.А.</i> . . . . .	27
<b>ФОРМУЛЫ ФАКТОРИЗАЦИИ ДЛЯ ИНТЕГРИРУЕМЫХ СИСТЕМ ЧАСТИЦ,</b> <i>Васильев М.А., Зотов А.В.</i> . . . . .	28
<b>ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ ТЯЖЁЛЫХ ИОНОВ С ВЕЩЕСТВОМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ NINEX НА FAIR,</b> <i>Волков В.А.</i> . . . . .	29
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТОРМОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ В ИТЭФ,</b> <i>Гаврилин Р.О., Высоцкий С.А., Хурчиев А.О., Канцырев А.В., Голубев А.А.</i> . . . . .	30
<b>ТЯЖЁЛЫЙ БОЗОН ХИГГСА И КОНТРОЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ Z-БОЗОНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ АТЛАС НА БАК,</b> <i>Гаврилюк А.А., Цукерман И.И., Рамакоти Е.Н.</i> . . . . .	31
<b>СВЕРХНОВЫЕ КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ,</b> <i>Глазырин С.И.</i> . . . . .	32
<b>О РЕЗОНАНСЕ В ИНВАРИАНТНОЙ МАССЕ ДВУХ МЮОНОВ ОКОЛО 28 ГЭВ,</b> <i>Высоцкий М.И., Годунов С.И., Жемчугов Е.В., Новиков В.А.</i> . . . . .	33
<b>СУПЕРСИММЕТРИЧНОЕ ОБОБЩЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МАЦУО-ЧЕРЕДНИКА,</b> <i>Греков А.М., Забродин А.В., Зотов А.В.</i> . . . . .	34
<b>ВАКУУМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДА И ВАКУУМНАЯ ЭНЕРГИЯ В ОДНОМЕРНЫХ И ДВУМЕРНЫХ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ДИРАКА-КУЛОНА,</b> <i>Давыдов А.С., Свешников К.А., Воронина Ю.С., Грашин П.А.</i> . . . . .	35
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХЛЕПТОННЫЕ РАСПАДОВ В--МЕЗОНОВ,</b> <i>Данилина А.В., Никитин Н.В.</i> . . . . .	36
<b>ТЕРМИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ ДИМЕЖУЗЛИЙ В ОЦК Fe И V: МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ,</b> <i>Демидов Д.Н., Сивак А.Б., Сивак П.А.</i> . . . . .	37
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННОГО ФОНА В ЗАЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТА DANSS,</b> <i>Дигуров А.С.</i> . . . . .	38

РАЗВИТИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КВАНТМ-3D АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ, <i>Дмитриев А.Е., Рогожкин С.В., Шутлов А.С.</i> . . . . .	39
ИССЛЕДОВАНИЕ АДРОННЫХ СТРУЙ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ БЫСТРОТ В РР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $\sqrt{s} = 13$ ТЕВ, <i>Додонова А.И.</i> . . . . .	40
МЕТОДЫ МИНИМИЗАЦИИ ЧИСЛА ПРОГРАММНЫХ ОШИБОК. КОНТЕКСТНЫЙ АНАЛИЗ, <i>Доренская Е.А., Семёнов Ю.А.</i> . . . . .	41
НОВЫЙ ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССОВ КОНЕЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ, <i>Егоров В.О.</i> . . . . .	42
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ФОНА ОДИНОЧНЫХ НЕЙТРОНОВ ОТ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «DANSS», <i>Ершова А.М.</i> . . . . .	43
ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ФОТОНЫ В ПРОТОН-ПРОТОННЫХ И ИОН-ИОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ НА БАК, <i>Высоцкий М.И., Жемчугов Е.В.</i> . . . . .	44
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАГМЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО ПУЧКА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА, <i>Жигарева Н.М., Ставинский А.В., Афанасьев С.В., Сакулин Д.Г.</i> . . . . .	45
ИССЛЕДОВАНИЕ ВАНАДИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ, <i>Захарова П.С., Никитин А.А.</i> . . . . .	46
ИНЖЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС УСКОРИТЕЛЯ ВЕЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОДНОВРЕМЕННОМУ ОБЛУЧЕНИЮ УСКОРЕННЫМИ ПУЧКАМИ ТЯЖЕЛЫХ И ЛЕГКИХ ИОНОВ, <i>Зиятдинова А.В., Федин П.А., Никитин А.А., Рогожкин С.В., Кулевой Т.В.</i> . . . . .	47
ПЕРЕСТРОЙКА НАНОСТРУКТУРЫ СТАЛИ ЧС-139 ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ, <i>Искандаров Н.А., Рогожкин С.В., Лукьянчук А.А., Федин П.А., Потехин А.А.</i> . . . . .	48
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЦ КАЛОРИМЕТРАМИ УСТАНОВОК VM@N И SPD, <i>Кирил Д.Ю.</i> . . . . .	49
ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЧАСТИЧНЫХ СВОЙСТВ НЕСТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ SA И ZR ПО ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, <i>Климочкина А.А., Беспалова О.В.</i> . . . . .	51
АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПЕРВОГО ТЕСТОВОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЕТЕКТОРА РЭД-100, <i>Козлова Е.С., Акимов Д.Ю.</i> . . . . .	52

<b>РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОТОННО-РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ</b> , <i>Колесников Д.С., Канцырев А.В., Голубев А.А., Богданов А.В., Скобляков А.В.</i> . . . . .	53
<b>ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПРОТОНАМИ НА РОСТ КУЛЬТУРЫ ЦИАНОБАКТЕРИИ <i>Arthrospira platensis</i></b> , <i>Коннычев М.А., Боков А.В., Краевский С.В., Лямкин П.В., Рогожкин С.В.</i> . . . . .	55
<b>СИГНАЛЫ ОТ ОДИНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ИОНИЗАЦИИ В ДЕТЕКТОРЕ РЭД-100</b> , <i>Коновалов А.М.</i> . . . . .	56
<b>ОТКЛИК ВЫСОКОГРАНУЛЯРНОГО АДРОННОГО КАЛОРИМЕТРА ИLD НА ОДИНОЧНЫЕ АДРОНЫ С УЧЕТОМ ДЕТЕКТОРНЫХ ЭФФЕКТОВ</b> , <i>Корначев С.С.</i> . . . . .	57
<b>АТОМНО-МАСШТАБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛОИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫДЕЛЕНИЯ А'-ФАЗЫ В СПЛАВЕ FE-22% CR</b> , <i>Корчуганова О.А.</i> . . . . .	58
<b>РЕШЕТОЧНАЯ КВАНТОВАЯ ХРОМОДИНАМИКА</b> , <i>Котов А.Ю.</i> . . . . .	59
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИСТОЛЛОГРАФИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МОНТМОРИЛЛОНИТА МЕТОДОМ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ</b> , <i>Краевский С.В.</i> . . . . .	60
<b>МАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВАКУУМА В ПЛАНАРНЫХ СИСТЕМАХ В ЗАКРИТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ</b> , <i>Краснов А.А., Свешников К.А., Давыдов А.С.</i> . . . . .	61
<b>СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ КОРПУСКУЛЯРНОЙ ВОДОРОДНОЙ МИШЕНИ ЭКСПЕРИМЕНТА PANDA ПРОЕКТА FAIR</b> , <i>Кристи Н.М., Герасимов А.С., Панюшкин В.А., Канцырев А.В., Луцевская Е.В.</i> . . . . .	62
<b>ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗА СВИНЦОВОЙ ЗАЩИТОЙ</b> , <i>Крусанов Г.А., Белоусов А.В., Черняев А.П.</i> . . . . .	63
<b>ХРОМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В SU(2) КХД</b> , <i>Кудров И.Е., Брагута В.В., Котов А.Ю., Николаев А.А.</i> . . . . .	64
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В КХД ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СРЕДЕ</b> , <i>Кузнецов Д.Д.</i> . . . . .	65
<b>ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ИОНОВ НА ОСНОВЕ СО2-ЛАЗЕРА ДЛЯ ТЯЖЕЛОИОННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ ИТЭФ</b> , <i>Лосев А.А., Сатов Ю.А., Хрисанов И.А., Васильев А.А., Шумиуров А.В.</i> . . . . .	66

ЦВЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЦВЕТОМАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ ФЛАКС-ТЮБОВ В ФОРМАЛИЗМЕ ПОЛЕВЫХ КОРРЕЛЯТОРОВ, <u>Лукашов М.С., Симонов Ю.А.</u> . . . . .	67
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПЛОСКОСТЯМИ АТОМОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ, <u>Лукьянчук А.А., Рогожкин С.В., Шутлов А.С., Разницын О.А., Алеев А.А.</u> . . . . .	68
ОЦЕНКА СПЕКТРА АТМОСФЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ НА УРОВНЕ МОРЕЯ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 0,05 - 1 ГЭВ, <u>Лукьяшин А.В., Акимов Д.Ю., Болоздыня А.И., Деденко Л.Г., Этенко А.В.</u> . . . . .	69
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ОБЛУЧЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, <u>Лямкин П.В.</u> . . . . .	70
СУПЕРСИММЕТРИЧНЫЕ МОДЕЛИ С НАРУШЕННОЙ ЛОРЕНЦЕВОЙ СИММЕТРИЕЙ: ТЕОРИЯ И ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ, <u>Маракулин А.О., Сибиряков С.М.</u> . . . . .	71
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕЛЕСТНЫХ БАРИОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ЛНСВ, <u>Матюнин В.И.</u> . . . . .	72
ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ И КВАНТОВОЕ ЗАПУТЫВАНИЕ, <u>Мионов С.А.</u> . . . . .	73
КИРАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ ВО ВНЕШНИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОЛЯХ, <u>Миткин П.Г.</u> . . . . .	74
КРАШЕННЫЕ ПОЛИНОМЫ АЛЕКСАНДЕРА И ИЕРАРХИЯ КП, <u>Мишняков В.В.</u> . . . . .	75
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК АНТИНЕЙТРИНО ПО РЕАКЦИИ ОБРАТНОГО БЕТА-РАСПАДА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ DOUBLE SNOOZ, <u>Никитенко Я.В.</u> . . . . .	76
СИГМА МОДЕЛЬ НА ПРОСТРАНСТВЕ ФЛАГОВ, <u>Павшинкин Д.В.</u> . . . . .	77
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ КРИОГЕННОЙ КОРПУСКУЛЯРНОЙ ВОДОРОДНОЙ МИШЕНИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА PANDA, <u>Панюшкин В.А., Каницырев А.В., Герасимов А.С., Балануца П.В., Луцесвская Е.В.</u> . . . . .	78
СПЕКТРОСКОПИЯ $\Lambda^0$ -БАРИОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ЛНСВ., <u>Перейма Д.Ю.</u> . . . . .	79
НЕОДНОРОДНЫЕ СОСТОЯНИЯ В НЕЛИНЕЙНОЙ $CP(N)$ СИГМА МОДЕЛИ, <u>Пикалов А.Б.</u> . . . . .	80

УСИЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОДНОМЕРНЫХ СЛОИСТЫХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СРЕДАХ, <u>Пичжуренко С.В., Филатов В.В.</u> . . . . .	81
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ СВЕТОВОХОДА СТРИПОВ ДЛЯ DANSS, <u>Погорелов Н.А.</u> . . . . .	82
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ УСТАНОВКИ ПО АНАЛИЗУ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД СРЕДСТВАМИ GEANT4, <u>Пономарева П.В., Идалов В.А., Клопиков Е.Б., Лупарь Е.Э.</u> . . . . .	83
ВАЖНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СПЕКТРОВ СВЕРХНОВЫХ. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО СВЕРХНОВЫХ, <u>Поташов М.Ш.</u> . . . . .	84
ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБЛУЧЕНИЮ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ДЕФЕКТОВ В ВОЛЬФРАМЕ НА УСКОРИТЕЛЕ ТИПР С ПОКФ, <u>Прянишников К.Е., Федин П.А., Куйбида Р.П., Кулевой Т.В., Бобырь Н.П.</u> . . . . .	85
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА АТОМНО-ЗОНДОВОМ ТОМОГРАФЕ ПАЗЛ-ЗД, <u>Разницын О.А., Лукьянчук А.А., Шутков А.С., Рогожкин С.В.</u> . . . . .	86
ИЗУЧЕНИЕ СТАНДАРТНОГО БОЗОНА ХИГГСА В КАНАЛЕ HWWLVLV ПРИ 13 ТЭВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ АТЛАС НА БАК, <u>Рамакоти Е.Н.</u> . . . . .	87
РАСЧЁТ КРИТИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ В СИСТЕМЕ ДВУХ СТАЛКИВАЮЩИХСЯ ТЯЖЁЛЫХ ЯДЕР ЗА РАМКАМИ МОНОПОЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ, <u>Роенко А.А., Свешиников К.А.</u> . . . . .	88
ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ПЕРЕИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРОЙ КОМПОНЕНТЫ СЦИНТИЛЛЯЦИИ ЖИДКОГО АРГОНА КСЕНОНОМ ПРИ БОЛЬШИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ, <u>Рудик Д.Г.</u> . . . . .	89
ЛОКАЛЬНЫЕ СИММЕТРИИ NS 5-БРАН И Т-ДУАЛЬНОСТЬ, <u>Рудинский Д.А., Мусаев Э.Т.</u> . . . . .	90
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОТИЧЕСКИХ АДРОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ LHCb, <u>Саврина Д.В.</u> . . . . .	91
ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ, <u>Сакулин Д.Г., Жигарева Н.М.</u> . . . . .	92
ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ DANSS, <u>Самигуллин Э.И.</u> . . . . .	93



ИЗУЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА МОНТЕ-КАРЛО ДАЛЬНИХ КОРРЕЛЯЦИЙ СРЕДНЕГО ПОПЕРЕЧНОГО ИМПУЛЬСА И МНО- ЖЕСТВЕННОСТИ ДЛЯ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ В РР-СТОЛКНОВЕ- НИЯХ ПРИ ЭНЕРГИЯХ БОЛЬШОГО АДРОННОГО КОЛЛАЙДЕ- РА, <u>Сандул В.С.</u> , <u>Феофилов Г.А.</u> . . . . .	95
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА И СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИССИ-4, <u>Саратовских М.С.</u> , <u>Лякин Д.А.</u> , <u>Орлов А.Ю.</u> , <u>Барабин С.В.</u> , <u>Кулевой Т.В.</u> . . . . .	96
РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТ- НОГО КАЛОРИМЕТРА ЭКСПЕРИМЕНТА LHCb, <u>Семенников А.И.</u> . . . . .	97
ИНТЕГРИРУЕМАЯ СИСТЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЛЧКОВ, <u>Сечин И.А.</u> . . . . .	98
КАЛИБРОВКА МАТРИЦЫ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ДЕТЕКТОРА RED- 100, <u>Симаков Г.Е.</u> . . . . .	99
ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИМПЛАНТА- ЦИИ ИОНОВ ОЛОВА В АМОРФНЫЙ СЛОЙ МАТЕРИАЛА ФА- ЗОВОЙ ПАМЯТИ GST225, <u>Селезнев Д.Н.</u> , <u>Ситников А.Л.</u> , <u>Козлов А.В.</u> , <u>Федин П.А.</u> , <u>Кулевой Т.В.</u> . . . . .	100
ПОЛНОМАСШТАБНОЕ МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКС- ПЕРИМЕНТОВ НА ПРОТОННОМ МИКРОСКОПЕ PRIOR- II, <u>Скобляков А.В.</u> , <u>Канцырев А.В.</u> , <u>Богданов А.В.</u> , <u>Колесников Д.С.</u> , <u>Голубев А.А.</u> . . . . .	102
ПОИСКИ СТЕРИЛЬНОГО НЕЙТРИНО В ЭКСПЕРИМЕНТЕ DANSS, <u>Скробова Н.А.</u> . . . . .	103
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СОЛНЕЧНОГО СОСТАВА В КОНТЕКСТЕ РАСШИРЕНИЙ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ, <u>Соколов А.В.</u> . . . . .	104
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБЫТИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ Z-БОЗОНА И С- КВАРКА В ПРОТОН-ПРОТОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 13 ТЭВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS, <u>Степеннов А.Д.</u> , <u>Гаврилов В.Б.</u> . . . . .	105
НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ШИРИНЫ РАСПАДА $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ PRIMEX-2, <u>Тарасов В.В.</u> , <u>Долголенко А.Г.</u> , <u>Ларин И.Ф.</u> , <u>Матвеев В.А.</u> . . . . .	106
КОММЕНТАРИИ К АДИАБАТИЧЕСКОЙ ТЕОРЕМЕ, <u>Трушин Д.А.</u> . . . . .	107
РАЗРАБОТКА ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНЖЕКЦИОННО- ГО КОМПЛЕКСА УСТАНОВКИ BELA, <u>Трушин М.С.</u> , <u>Федин П.А.</u> , <u>Ситников А.Л.</u> , <u>Кулевой Т.В.</u> . . . . .	108

<b>НОВЫЙ СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ УСКОРЯЮЩИЙ СПОУК РЕЗОНАТОР НА ЧАСТОТУ 325МГЦ ДЛЯ <math>\beta=0.21</math>, <u>Трушин М.С.</u> . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАЗВИ- ТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ РАДИАЦИОННО-ДОМИНИРОВАННЫХ УДАРНЫХ ВОЛН, <u>Урвачев Е.М., Глазырин С.И.</u> . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ЭЦР ИСТОЧНИКА ДЛЯ СТЕН- ДА ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОН- СТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, <u>Фаткуллин Р.Д., Селезнев Д.Н., Семенников А.И., Богомоллов С.Л., Кулевой Т.В.</u> . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ИОН- НОМ ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ТИПР, <u>Федин П.А., Куйбида Р.П., Никитин А.А., Рогожкин С.В., Кулевой Т.В.</u> . . . . .</b>	<b>112</b>
<b>СЦЕНАРИИ МССМ С ЛЕГКИМИ БОЗОНАМИ ХИГГСА, <u>Федотова Е.Ю.</u> . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>РАЗРАБОТКА КАНАЛА ТРАНСПОРТИРОВКИ ИОННОГО ПУЧКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТОР- МОЗНЫХ ПОТЕРЬ МНОГОЗАРЯДНЫХ ТЯЖЁЛЫХ ИОНОВ НИЗ- КОЙ ЭНЕРГИИ В ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЕ, <u>Хабидуллина Е.Р., Гаврилин Р.О., Федин П.А., Высоцкий С.А., Кулевой Т.В.</u> . . . . .</b>	<b>114</b>
<b>СКОРОСТЬ ЗВУКА В ГЛЮОДИНАМИКЕ И КВАРКГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЕ, <u>Хайдуков З.В.</u> . . . . .</b>	<b>115</b>
<b>ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ АТОМНО-ЗОНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТА- ЛИ 12CRODS ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ, <u>Хомич А.А., Рогожкин С.В., Разницын О.А., Лукьянчук А.А., Шутлов А.С.</u> . . . . .</b>	<b>116</b>
<b>ПРЕЦИЗИОННАЯ ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ АТОМНО-ЗОНДО- ВОЙ ТОМОГРАФИИ С ПОМОЩЬЮ ФОКУСИРОВАННОГО ИОН- НОГО ПУЧКА В РАСТРОВОМ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОМ МИКРО- СКОПЕ, <u>Хорошилов В.В.</u> . . . . .</b>	<b>117</b>
<b>УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ МОЩНОГО КОРОТ- КОГО ИМПУЛЬСА СО2 ЛАЗЕРА., <u>Хрисанов И.А., Сатов Ю.А., Лосев А.А., Шумищуров А.В.</u> . . . . .</b>	<b>118</b>
<b>ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ВОДОРОДНОЙ МИШЕНИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ТОРМОЖЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ИОНИЗОВАННОМ ВЕЩЕСТВЕ, <u>Хурчиев А.О., Гаврилин Р.О., Голубев А.А., Кузнецов А.П., Каницырев А.В.</u> . . . . .</b>	<b>120</b>
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ПРОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРА- ПИИ ВНУТРИГЛАЗНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ, <u>Черных А.Н., Карпунин А.Н., Хорошков В.О.</u> . . . . .</b>	<b>121</b>

КВАНТОВЫЕ ОБОЛОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ В СЖАТЫХ ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЯХ СУБМИКРОННОГО РАЗМЕРА, <u>Шидловский Д.С.</u> . . . . .	122
МАГНИТОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x)_2\text{As}_2$ , <u>Шипулин И.А.</u> . . . . .	123
ЭФФЕКТ АНОМАЛЬНОГО ПРОПУСКАНИЯ ПРИ ДИФРАКЦИИ ПУЧКОВ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ КОНЕЧНОЙ ШИРИНЫ, <u>Шмайснер Й., Тюлюсов А.Н., Елютин Н.О.</u> . . . . .	124
РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ, <u>Шутов А.С., Лукьянчук А.А., Разницын О.А., Рогожкин С.В., Никитин А.А.</u> . . . . .	125
ВНУТРЕННЯЯ ИОНИЗАЦИЯ АТОМА ПРИ БЕТА РАСПАДЕ ТРИТИЯ, <u>Тырин К.С., Криворученко М.И., Шимкович Ф.Ф.</u> . . . . .	126

<u>Именной указатель</u>	127
--------------------------	-----

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

1. Цукерман И.И. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Обзор последних результатов экспериментов АТЛАС и КМС на БАК
2. Горбунов Д.С. (Институт Ядерных Исследований РАН) -  
Новая физика частиц: почему мы её ждём и где мы её ищем
3. Саврина Д.В. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Исследование экзотических адронов в эксперименте LHCb
4. Годунов С.И. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Эволюция доменной стенки в различных моделях расширяющейся Вселенной
5. Белов В.А. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Исследования двойного бета-распада
6. Никитин Н.В. (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ)) – О невозможности квантового сверхсветового телеграфа
7. Слепцов А.В. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Современная математическая физика
8. Голубев А.А. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Международный проект Центра Ионных и Антипротонных Исследований в Европе (FAIR)
9. Котов А.Ю. (НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ) –  
Решеточная квантовая хромодинамика

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПИКОСЕКУНДНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ И АМПЛИТУДЫ СИГНАЛОВ ГЕНЕРАТОРА, ПРИМЕНЯЕМОГО В АТОМНО-ЗОНДОВОМ ТОМОГРАФЕ

Айрапетянц В.М.<sup>1</sup>, Разницын О.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В передовых разработках конструкционных материалов, устройств микроэлектроники и других приложений необходим контроль структурно-фазового состояния вещества на масштабах, близких к атомарным. Одним из перспективных методов контроля химического состава материалов является атомно-зондовая томография (далее АЗТ), основное преимущество которой заключается в возможности одновременного определения химической природы каждого атома и их распределения в исследуемом образце. В НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ с 2003 года эксплуатируется атомно-зондовый томограф Cameba ECOTAP с высоковольтным импульсным испарением исследуемого материала. В настоящий момент планируется его модернизация. В частности будет заменена детектирующая и испаряющая системы на более производительные. Однако испаряющая система требует точной настройки амплитуды высоковольтных импульсов, с целью чего необходимо разработать методику измерения субнаносекундных высоковольтных импульсов для измерения и калибровки параметров нового генератора. В данной работе рассматривается выбор оптимального метода измерения амплитуды электрических импульсов короткой длительности с учетом специфики применения в АЗТ. Рассмотрено построение модели электрической схемы устройства, рассмотрены факторы, вносящие основные погрешности в результаты измерений. Исследована зависимость формы импульсов от амплитуды при различных частотах, произведено построение градуировочных графиков на основе полученных в ходе измерения данных.

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАТСУММЫ НЕКРАСОВА И ЕЁ СВЯЗЬ С ТЕОРИЕЙ ЛИУВИЛЛЯ ЧЕРЕЗ AGT СООТВЕТСТВИЕ

Алексеев С.О.<sup>1</sup>, Литвинов М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Известно, что разложение инстантонной части статсуммы Некрасова по инстантонному числу не дает полного понимания ее аналитической структуры. В своей недавней работе Горский, Милехин и Сопенко показали, что в результате определенной процедуры пересуммирования самых сингулярных членов из каждого инстантонного сектора в суперпотенциале полюса по VEV пересобираются в разрезы. Так как инстантонная часть статсуммы Некрасова равна конформному блоку в двумерной теории Лиувилля после некоторого отождествления параметров теорий, то естественным образом возникает вопрос, какой смысл это пересуммирование имеет с точки зрения теории Лиувилля. Это один из многих вопросов, на которые мы пытаемся ответить в нашей текущей работе.

# ТЕРМОДИНАМИКА КВАРК-ГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЫ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Андрейчиков М.А.<sup>1</sup>, Симонов Ю.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Исследуется влияние сильного магнитного поля  $eB \leq \Lambda_{QCD}$  на уравнение состояния кварк-глюонной плазмы выше точки фазового перехода в диапазоне температур  $T_c < T < 0.5 \text{ GeV}^2$ . Показано, что энергия нулевого уровня Ландау оказывает влияние на уравнение состояния, сопоставимое с влиянием цветомагнитной дебаевской массы, возникающей из пространственной проекции вильсоновской петли. Аналитическое выражение для уравнения состояния, полученное в формализме метода вакуумных корреляторов, показывает хорошее согласие с решеточными расчетами.

# СТАТУС РАБОТ НА СТЕНДЕ ОБЛУЧЕНИЙ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ (СОРМАТ)

Андрианов С.Л.<sup>1</sup>, Никитин А.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

В "НИЦ "Курчатовский институт ИТЭФ на установке Стенд облучений реакторных материалов (СОРМАТ) ведутся работы по облучению новых перспективных материалов ядерной техники пучками тяжелых ионов. Стенд Облучения Реакторных МАТериалов позволяет проводить облучения исследуемых образцов пучками ионов металлов с энергиями до  $100 \cdot z$  кэВ, где  $z$  – заряд иона[1]. После облучений проводится локальный анализ химического состава методиками атомно-зондовой томографии. В работе представлены результаты экспериментальных работ за 2017-2018 года.



# АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР НЕСТАБИЛЬНОСТИ АРЕТАКИСА ДЛЯ МЕТРИКИ

Ахмедов Э.Т.<sup>1</sup>, Анемподистов П.А.<sup>3, 1</sup>, Иванова И.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

## Аннотация

Суперсимметричные черные дыры играют важную роль в теории струн. Естественно задать вопрос являются ли они классически стабильными, т.е. остается ли возмущение малым с эволюцией во времени. В теории супергравитации из того факта, что суперсимметричное решение удовлетворяет BPS-связи, не следует стабильность. Например, пространство-время анти-де-Ситтера является суперсимметричным решением многих теорий супергравитации, но оно классически нестабильно при рождении черных дыр [1]. В АдС рассматривается стабильность при временной эволюции, обусловленной нелинейным уравнением Эйнштейна. Но Аретакис доказал, что даже линейные возмущения суперсимметричной ЧД нестабильны [2,3]. Он показал, что безмассовое скалярное поле (точнее, производные от него), растут со временем полиномиально на горизонте экстремальной черной дыры Рейснера-Нордстрема. Интересным представляется вопрос о тензорных полях, а именно о возмущениях метрики. Чтобы получить аналитическое решение, рассмотрено падение незаряженного массивного тела в экстремальную черную дыру Рейснера-Нордстрёма, метрика которой, в координатах Эддингтона-Финкельштейна, имеет вид

$$ds^2 = -f(r)dv^2 + 2dvdr + r^2d\Omega^2$$

, где

$$f(r) = 1 - \frac{2M}{r} + \frac{Q^2}{r^2} = \frac{(r - M)^2}{r^2}$$

. Было линеаризовано соответствующее уравнение Эйнштейна и выписано уравнение на возмущения метрики, которое в лоренцевой калибровке выглядит как

$$\square\gamma_{ab} + 2R^c{}_a{}^d{}_b\gamma_{cd} = -16\pi T_{ab}$$

Удобно  $\gamma_{ab}$  и  $T_{ab}$  разложить по сферическим гармоникам. Далее решается это уравнение в пределе малых  $r$ . В результате получено, что все компоненты возмущения метрики экспоненциально спадают с течением времени, но при  $l = 0, 1$  компонента  $\gamma_{11;lm}$  имеет осциллирующий характер и со временем не спадает.

[1] P. Bizon and A. Rostworowski, Phys. Rev. Lett. 107, 031102 (2011) [arXiv:1104.3702 [gr-qc]]

[2] S. Aretakis, Commun. Math. Phys. 307, 17 (2011) [arXiv:1110.2007 [gr-qc]]

[3] S. Aretakis, Annales Henri Poincare 12, 1491 (2011) [arXiv:1110.2009 [gr-qc]]

# УЗЕЛ КАК ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ЛЮБОПЫТНЫЕ СВОЙСТВА УРАВНЕНИЙ ЭВОЛЮЦИИ

Анохина А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Семейство узлов (или зацеплений), полученных друг из друга последовательным применением некоторого преобразования, можно рассматривать как дискретную траекторию некоторой квантовой системы. При этом инварианты узлов играют роль наблюдаемых для этой системы и удовлетворяют определенным (разностным) уравнениям эволюции. Замечательно, что существуют два класса таких наблюдаемых. Значения первых для данного семейства узлов могут быть явно записаны в виде следа соответствующего оператора эволюции, и как следствие удовлетворяют характеристическому уравнению для этого оператора – которое и играет роль "встроенного" уравнения эволюции. Наблюдаемые другого класса аналогичного представления не допускают (это противоречило бы ряду их свойств) – и тем не менее также удовлетворяют уравнениям эволюции. Более того, между уравнениями для одних и других инвариантов прослеживается достаточно прозрачная связь. Особенно интересно, что при переходе ко второму случаю нарушаются некоторые аналитические свойства уравнений эволюции: в результате новые уравнения предсказывают точки "фазового перехода" на определенных узлах.

# РЕШЕНИЕ КВАНТОВЫХ МНОГОЧАСТИЧНЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Астраханцев Н.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Сложность задач, возникающих в многочастичной квантовой физике, связана с трудностью описания нетривиальных корреляций, закодированных в экспоненциально большой многочастичной волновой функции. Будет продемонстрировано, что систематическое машинное обучение позволяет понизить размерность волновой функции до разумных пределов в различных интересных физических случаях. Используется вариационное представление квантовых состояний, основанное на искусственной нейронной сети с переменным числом скрытых нейронов. Схема обучения с подкреплением позволяет находить энергию основного состояния, а также его волновую функцию. Этот подход позволяет с большой точностью описать равновесные свойства взаимодействующих спиновых моделей в одном и двух измерениях, таким образом он является мощным инструментом для решения квантовых многочастичных проблем.

# ИЗЛУЧЕНИЕ ХОКИНГА ДЛЯ ДВУМЕРНОЙ КОЛЛАПСИРУЮЩЕЙ ОБОЛОЧКИ

Астраханцев Л.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Мы рассматриваем массивную 1+1-мерную квантовую скалярную теорию поля на фоне коллапсирующей тонкой оболочки и находим in-гармоники, решающие уравнение Клейна-Гордона и имеющие до начала коллапса вид плоских волн на пространственной бесконечности. Далее с использованием процедуры ковариантного поинтегрирования с помощью этих гармоник мы вычисляем плотность потока энергии и производим термальный спектр излучения черной дыры. Также мы считаем с помощью диаграммной техники Келдыша-Швингера петлевые поправки к излучению Хокинга и обсуждаем их поведение со временем.

# ОПТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ СВЕТОСИЛЬНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Балануца П.В.<sup>1</sup>, Герасимов А.С.<sup>1</sup>, Панюшкин В.А.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>,  
Луцевская Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

При современном уровне развития науки и техники, все еще не потерял свою важность оптический диапазон электромагнитных волн, для получения информации в различных областях. Начиная от астрофизических исследований и заканчивая различными физическими исследованиями, оптика дает огромный объем информации, который необходим современным исследователям.

Доклад включает в себя описание процесса создания светосильной оптической системы диагностики двигающихся микрокапель (микромишеней) в корпускулярной мишени для проекта ПАНДА-ФАИР. Данный проект является одним из ключевых экспериментов в проекте по исследованию ионов и антипротонов (FAIR), который строится в Дармштадте, Германия. Принцип работы установки: формирование жидкой криогенной струи с управляемым монодисперсным разбиением на микрокапли, с последующим их замораживанием в микромишени. Установка формирует постоянный узкий поток твердых микромишеней одинакового размера, с помощью стеклянного сопла с каналом необходимого диаметра, из чистого водорода или его изотопов. Инжекция водородных капель происходит в вакуум, что способствует их замерзанию. Поток гранул обладает малой угловой расходимостью, что позволяет снизить неопределенность его взаимодействия с пучком  $\pm 1$  мм.

Для обеспечения всех вышеуказанных параметров, требуется точная настройка всего мишенного комплекса, начиная от прецизионной юстировки положения струи в пространстве и заканчивая наблюдением необходимых термодинамических параметров в камере тройной точки. Все это требует наличие системы оптической диагностики (слежения) водородных микромишеней на различных участках по мере движения микромишеней к месту взаимодействия с пучком. Для определения размеров капель была создана система диагностики, которая представляет собой камеры SDU 285 или Pixelfly GE с объективами сигма DG APO Macro 180 mm, расположенные под углом 90 град в соответствии с расположением диагностических окон в камере тройной точки. Система подсветки располагается под углом 180 град по отношению к каждой из камер и включает в себя светодиод, с возможность производить вспышки длительностью до 100нс, с системой управления. Данная система имеет возможность работать в нескольких режимах. Первый режим с использованием длительной экспозиции необходим для предварительной юстировки инжектирующего сопла относительно шлюзового устройства и обычно применяется на предварительных этапах запуска макета водородной корпускулярной мишени. Второй режим позволяет работать с минимальными экспозициями, вплоть до 100нс, и необходим для регистрации

отдельных водородных капель во время их инъекции в камеру тройной точки. Необходимость быстрой вспышки светодиода обусловлена высокой скоростью движения капель, которая может достигать 30 м/с. Так же система диагностики позволяет оценивать такие параметры как длина нераспавшейся части струи, диаметр пеллетов, положение струи в пространстве относительно шлюзового устройства, режим распада струи. Стоит отметить, что все эти параметры крайне необходимы, для достижения необходимого режима работы водородной мишени.

Вторая часть доклада, описывает результаты полученные автором за годы работы в проекте МАСТЕР (Мобильная Астрономическая Система Роботов). МАСТЕР стал самой развитой и крупной оптической системой, у которой есть возможности быстрой съёмки больших звездных полей вплоть до 20-й звездной величины. К 2015 году телескопы роботы МАСТЕР были установлены в 8 пунктах на трех континентах, в том числе и в южном полушарии. Задачи поиска оптических вспыхивающих объектов (транзиентов) на больших полях остается весьма актуальной. Так, например, продолжают работать всеобзорные гамма-детекторы типа Конус, Марс-Одисей, Fermi локализация которых представляла собой зачастую обширные поля ошибок.

В наше время, стало очевидно, что эксперименты LIGO/VIRGO, целью которых является детектирование гравитационных волн, а так же эксперименты ICECUBE/ANTARES предназначенные для регистрации нейтрино сверхвысоких энергий, требуют поддержки наблюдений в электромагнитном диапазоне в т.ч. в оптике. Вышеуказанные эксперименты дают квадраты ошибок, которые исчисляются тысячами квадратных градусов, и требуют оперативного наблюдения и анализа. Поэтому Глобальная сеть телескопов-роботов МАСТЕР включена в соответствующие работы по поиску источников ГВ и Нейтрино.

Данная работа выполнена при частичной финансовой поддержке Исследовательского центра ФАИР-Россия

# ПОЛИНОМЫ ДЖОНСА ПРИ УНИМОДУЛЯРНОМ ПАРАМЕТРЕ

Бишлер Л.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Известно, что средние значения петель Вильсона в теории Черна-Саймонса с калибровочной квантовой группой  $SU_q(2)$  совпадают с полиномами Джонса из математической теории узлов при параметре полинома  $q = e^{\frac{2\pi i}{k}}$  ( $k \in \mathbb{N}$ ). При вычислении полиномов Джонса методом Решетихина-Тураева используются  $\mathcal{R}$ -матрицы, вычисленные в разных представлениях квантовой группы  $SU_q(2)$ . Однако при  $q$  равно корню  $k$ -й степени из единицы, теория представлений квантовой группы отличается, что влияет на вид полиномов Джонса. Именно такие случаи возникают в теории Черна-Саймонса. В докладе будут рассмотрены представления  $SU_q(2)$  при унимодулярном  $q$ , а также на примерах будет показано, как меняются полиномы Джонса в корнях из единицы.

# ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНОГО ТЯЖЕЛОИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА НАНОМАСШТАБНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Богачев А.А.<sup>1</sup>, Никитин А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Улучшенные эксплуатационные характеристики новых конструкционных сталей обеспечиваются их сложной гетерогенной структурой, содержащей множество различных наноразмерных включений. Решение вопроса стабильности таких сталей под влиянием высокоэнергетического излучения требует систематических исследований с использованием ионного облучения в широком интервале масс и энергий, позволяющего варьировать различные уровни ионизационных потерь энергии и как следствие результирующее воздействие на материал. Распространение энергии в таких структурах носит нетривиальный характер и может способствовать локальным изменениям в структурно-фазовом состоянии материала. В данной работе методами атомнозондовой томографии и высокоразрешающей электронной микроскопии исследовалось влияние тяжелоионного облучения на наноструктуру и локальный химический состав титановых сплавов Ti-5Al-4V-2V и Ti-6Al-4V. Облучение проводилось при комнатной температуре. Образцы поперечных срезов данных материалов были приготовлены методами фокусированного ионного пучка. Исследование микроструктуры исходного состояния титановых сплавов указывает на бимодальный состав зерен: большое количество упрочняющих бета-фаз, обогащенных ванадием внутри альфа-фаз. Облучение ионами Au (4,8 МэВ/нуклон) приводит к локальной диссипации энергии в альфа-фазе исследуемых материалов и образованию включений со средним размером  $(2 \pm 1)$  нм. Данные включения когерентны с матрицей, выстроены вдоль направления облучения и предположительно являются предвыделениями бета-фазы. Таким образом в данной работе показана нестабильность наноразмерных фаз и распад твердого раствора в титановых сплавах при быстром тяжелоионном облучении.



# РАЗРАБОТКА ИОННО-ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОТОННЫХ МИКРОСКОПОВ

Богданов А.В.<sup>1</sup>, Скобляков А.В.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>, Колесников Д.С.<sup>1</sup>,  
Волков В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Протонные радиографические исследования дают возможность просматривать плотностную составляющую внутренней структуры объектов, не разрушая их. Преимущества этой методики особенно ярко проявляются при исследовании объектов во время быстропротекающих процессов, таких как взрыв или удар, для которых удаётся зарегистрировать последовательность изображений, по каждому из которых возможно восстановить плотность исследуемого объекта в конкретный момент времени. На проекте FAIR будет построен протонный микроскоп PRIOR II с рекордными характеристиками, который позволит получать изображения с разрешением выше 10 мкм для высокоплотных объектов. Установка для протонной радиографии состоит из 7 и более согласованных квадрупольных линз, и для обеспечения высокого качества итоговых изображений, она требует расчета не только во время проектирования, но и во время регулярной работы. С использованием инструмента Cosy infinity рассчитаны ионно-оптические схемы для установок 247MeV, Puma и PRIOR II. Параметры расчёта переданы для Монте-Карло моделирования в пакете GEANT4 для выявления свойств установок. При разработке ионно-оптической схемы установки учтены параметры входящего пучка, тип исследуемых объектов, наличие свободного места, тип имеющихся магнитов, и необходимая радиационная защита установки. Для установки PRIOR II, с использованием пакета приложений FLUKA & Flair, промоделирована радиационная защита при различных интенсивностях пучка. Разработанные модели могут быть полезны при подготовке и проведении экспериментов на протонном микроскопе PRIOR II.

\*Данная работа проведена при поддержке гранта РФФИ 18-38-00708

# ПОЗИТРОНИЙ В ТАЛОЙ ВОДЕ

Боков А.В.<sup>1</sup>, Степанов С.В.<sup>1</sup>, Бяков В.М.<sup>1</sup>, Илюхина О.В.<sup>1</sup>, Карпов М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Вода является исключительно важной жидкостью как в природе, так и в жизни человека, поэтому ее исследование привлекает к себе постоянное внимание исследователей [1, 2]. Чувствительность аннигиляционных характеристик атома Ps к структуре окружающей среды побудила нас исследовать аннигиляционные характеристики  $e^+$  и Ps в талой воде. В эксперименте использовалась бидистиллированная вода с электропроводностью 0.055 мкСм/см и содержанием углерода  $< 1$  ppb, предварительно пропущенная через ионообменный фильтр и УФ колонку. Вода в полностью заполненном закрытом пластиковом флаконе (объемом 10 см<sup>3</sup>) замораживалась в морозильной камере холодильника при -15 °С, где выдерживалась в течение 10 часов и после извлечения таяла при комнатной температуре. Спустя два часа (сразу после окончания таяния льда во флаконе) в центр флакона помещался источник позитронов (титановая шайба, содержащая изотоп <sup>44</sup>Ti, на подставке), и флакон герметично закрывался. После этого непрерывно велись измерения временных аннигиляционных спектров (сначала каждые полчаса, а затем - каждый час, 2 и 4 часа). Аннигиляционные спектры разлагались на три убывающие во времени экспоненты. При этом время жизни короткоживущей (парапозитрониевой) компоненты было принято равным 0.16 нс. Интерес представляют вариации значений ортопозитрониевых компонент,  $\tau_3(t)$  и  $I_3(t)$ , в зависимости от времени после таяния льда. Наряду с поверхностным натяжением на время жизни орто-Ps в воде может повлиять наличие в ней растворенного кислорода и присутствие окислительных продуктов радиолиза (ОН-радикалов, ионов  $H_3O^+$  и молекул  $H_2O_2$ ). Отрывая от Ps электрон, они при концентрациях  $> 10^{-3} M$  способны вызвать сокращение его времени жизни. Однако, как показывают измерения и оценки, концентрация этих частиц, по-видимому, недостаточна для объяснения наблюдаемых изменений параметров ПАС спектров. Поэтому полученные результаты, скорее всего, указывают на наличие у воды «структурной памяти» (сохранение микроструктуры после плавления) с длительностью порядка суток.

[1] N.L. Lavrik Chemistry for Sustainable Development, 16(3), pp. 323-330 (2008)

[2] N.L. Lavrik Biophysics, 62(2), pp 164-171 (2017)

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДОВ В-МЕЗОНОВ В КОНЕЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ С ЧАРМОНИЕМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ LHCb

Бояркина О.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Эксперимент LHCb является одним из четырех основных экспериментов на Большом адронном коллайдере (Женева, ЦЕРН), задачами этого эксперимента являются поиск косвенных проявлений физики за пределами Стандартной модели в распадах адронов, содержащих  $b$ - и  $c$ - кварки, изучение рождения тяжелых адронов в протон–протонных столкновениях, свойств тяжелых адронов, а так же поиск новых частиц. Достоинством эксперимента LHCb является большое сечение рождения  $c$ -и  $b$ -кварков и возможность рождения всех возможных состояний, содержащих  $b$ -кварк.

Распады  $B$ -мезонов предоставляют большие возможности для изучения чармония и экзотических чармониеподобных состояний. Большинство таких распадов происходят за счет кварковых переходов  $b \rightarrow c$ . Т.е. такие процессы проходят за счет электрослабого взаимодействия с обменом виртуальным  $W^\pm$ -бозоном. Измерение парциальных ширин таких распадов может помочь пониманию природы адронных взаимодействий и электрослабых переходов.

Новые, так называемые экзотические, состояния – частицы, имеющие в своем составе более трех кварков, могут возникать в распадах  $B$ -мезонов в конечные состояния с чармонием как промежуточные резонансы. Так, в 2003 году коллаборацией Belle в распаде  $B \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^- K^+$  впервые было обнаружено “чармониеподобное” состояние: частица  $X(3872)$ , свойства которой не описываются в рамках традиционной модели чармония. Поиск новых чармониеподобных резонансов и изучение их свойств поможет лучше понять, как взаимодействуют кварки внутри адронов.

Кроме того, такие распады  $B$ -мезонов уже зарекомендовали себя как хороший инструмент для изучения CP-нарушения, поскольку вклады всех трех поколений кварков сравнимы между собой. Такого рода исследования являются ключевыми для эксперимента LHCb.

В докладе будут представлены последние результаты эксперимента LHCb по поиску новых распадов  $B$ -мезонов в конечные состояния с чармонием и исследованию их свойств.

# ФОРМУЛЫ ФАКТОРИЗАЦИИ ДЛЯ ИНТЕГРИРУЕМЫХ СИСТЕМ ЧАСТИЦ

Васильев М.А.<sup>1</sup>, Зотов А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В данной работе были исследованы формулы факторизации для интегрируемых систем частиц типа Калоджеро-Мозера и Русенаарса. Были исследованы уже известные формулы факторизации и их возможные причины (алгебраические и геометрические). Кроме этого, приведены ранее неизвестные формулы факторизации для систем Калоджеро-Мозера, построенным по системам корней классических алгебр Ли.

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ ТЯЖЁЛЫХ ИОНОВ С ВЕЩЕСТВОМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ HINEX НА FAIR

Волков В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В докладе представлены результаты оценок энерговыделения в мишени эксперимента Heavy Ion Heating and Expansion (HINEX) коллаборации HED@FAIR в рамках проекта FAIR. Расчёты выполнены для различных материалов мишени и различных пучков (U, Mo, Ni) с помощью программного пакета FLUKA.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТОРМОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ В ИТЭФ

Гаврилин Р.О.<sup>1</sup>, Высоцкий С.А.<sup>1</sup>, Хурчиев А.О.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>,  
Голубев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Исследование процессов торможения пучков ионов в ионизированном веществе важно для получения новых знаний в областях физики плазмы и физики высокой плотности энергии в веществе. Особый интерес представляет взаимодействие тяжелых ионов, с энергий от 40 до 500 кэВ/а.е.м., с сильно ионизованной низкотемпературной водородной плазмой [1,2]. В ИТЭФ экспериментальная установка создана на основе тяжелоионного линейного ускорителя ТИПр-1 с энергией ионов 101 кэВ/а.е.м. [3]. Плазменная мишень (ПМ) разработана в ИТЭФ[4]. Проведенные с помощью лазерной интерферометрии измерения [5] показали, что величина линейной плотности свободных электронов плазмы лежит в диапазоне от  $3,3 \cdot 10^{17}$  до  $1,3 \cdot 10^{18}$  см<sup>-2</sup>. Мишень была интегрирована в линию транспортировки ионов ускорителя ТИПр-1. В эксперименте использовались ионы  $Fe^{+2}$ , величина тока пучка на выходе из ускорителя составила до 4 мА. Временная микроструктура пучка определяется частотой генератора секции RFQ 27,7 МГц. Измерение потерь энергии ионов проводилось по времяпролетной методике. Система детектирования состоит из фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) Hamamatsu R760 и быстрого  $Al_2O_3$ -сапфирового сцинтиллятора. Временное разрешение системы регистрации составило 0,8 нс. Алгоритм обработки и анализа экспериментальных данных реализован в среде Matlab. Он включает Фурье-анализ и фильтрацию для выделения полезного сигнала. Далее с использованием алгоритма проводится расчет dT - смещения пиковых значений микробанчей на временной шкале относительно реперного сигнала высокой частоты (ВЧ) с ускорителя.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-02-00967, Исследовательского центра ФАИР-Россия

[1] C. Deutsch, G. Maynard, M. Chabot et al., The Open Plasma Physics Journal 3, 88-115, (2010)

[2]R.O. Gavrilin et al., GSI Report 2016-2, p.18

[3] V. Kulevoy et.al, in Proceedings of International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators, Vienna, 4–8 May 2009

[4] A. Golubev, V. Turtikov, A. Fertman et.al, Nucl. Instr. An d Meth. A, V. 464, (2001), p. 247

[5] A. P. Kuznetsov et al., Plasma Physics Reports, 2013, Vol. 39, No. 3, pp. 248–254

# ТЯЖЁЛЫЙ БОЗОН ХИГГСА И КОНТРОЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ Z-БОЗОНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ АТЛАС НА БАК

Гаврилюк А.А.<sup>1</sup>, Цукерман И.И.<sup>1</sup>, Рамакоти Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Представлен поиск гипотетического тяжёлого бозона Хиггса в канале распада  $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$  в эксперименте АТЛАС на БАК. Использовались данные 2015-2016 года с жесткими электроном и мюоном высокого качества в конечном состоянии, набранные при энергии протон-протонных столкновений 13 ТэВ. Накопленная статистика соответствует интегральной светимости 36/фб. Поиск тяжёлого бозона Хиггса проводился в широком диапазоне масс. Свидетельств в пользу рождения новой частицы не обнаружено, поэтому установлены жесткие верхние пределы на сечение его рождения в рамках различных теоретических моделей. Для контроля качества работы детектора в сложных условиях высокой светимости изучались также события с двумя лептонами одного аромата. Благодаря огромной накопленной статистике таких событий (несколько десятков миллионов) представляется возможным изучить многие эффекты, в частности, связанные с наложением десятков событий в каждом пересечении пучков. Изучены двумерные корреляции кинематических переменных. Показано, что результаты Монте-Карло моделирования неплохо согласуются с реальными данными и подтверждена правильность критериев отбора адронных струй в условиях большой светимости БАК.

# СВЕРХНОВЫЕ КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Глазырин С.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Взрывы сверхновых - конечная стадия эволюции некоторых звёзд. Высокая яркость и динамичность этих событий позволяют использовать их для космологических наблюдений. В докладе будут рассмотрены термоядерные и сверхмощные сверхновые. Будет показана их важность для космологии, а также рассмотрен набор нерешённых проблем, связанных с механизмами взрывов этих объектов.



# О РЕЗОНАНСЕ В ИНВАРИАНТНОЙ МАССЕ ДВУХ МЮОНОВ ОКОЛО 28 ГЭВ

Высоцкий М.И.<sup>1</sup>, Годунов С.И.<sup>1</sup>, Жемчугов Е.В.<sup>1</sup>, Новиков В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Обсуждается, может ли резонанс, недавно наблюдаемый коллаборацией CMS, объяснить отклонение экспериментально измеренной величины аномального магнитного момента мюона от теоретического предсказания.

# СУПЕРСИММЕТРИЧНОЕ ОБОБЩЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МАЦУО-ЧЕРЕДНИКА

Греков А.М.<sup>1</sup>, Забродин А.В.<sup>1</sup>, Зотов А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Соответствие Мацуо-Чередника по каждому решению уравнений Книжника-Замолодчикова / квантовых уравнений Книжника-Замолодчикова строит волновую функцию системы Калоджеро-Мозера / Руженаарса. Я расскажу об особенностях этого соответствия в случае использования в упомянутых выше уравнениях R-матрицы связанной с  $gl(N|M)$  супералгеброй.

# ВАКУУМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДА И ВАКУУМНАЯ ЭНЕРГИЯ В ОДНОМЕРНЫХ И ДВУМЕРНЫХ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ДИРАКА-КУЛОНА

Давыдов А.С.<sup>1</sup>, Свешников К.А.<sup>1</sup>, Воронина Ю.С.<sup>1</sup>, Грашин П.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

## Аннотация

В настоящее время большой интерес представляют непертурбативные квантово-электродинамические (КЭД) эффекты, вызванные опусканием дискретных уровней в нижний континуум в сверхкритических статических или адиабатически медленно меняющихся кулоновских полях, которые создаются локализованными протяженными источниками с зарядом  $Z > Z_{cr,1}$  ( $Z_{cr,1}$  – значение первого критического заряда). Такие эффекты являются предметом непрерывно растущего теоретического и экспериментального интереса ввиду того, что в 3+1 КЭД для  $Z > Z_{cr,1}$  предсказывается непертурбативная перестройка вакуума, сопровождающаяся целым рядом нетривиальных эффектов, в том числе рождением электрон-позитронных пар. Похожие по существу эффекты должны наблюдаться также в 2+1 (двумерные графеновые гетероструктуры) и 1+1 (одномерный «атом водорода») измерениях. Настоящий доклад посвящен исследованию таких существенно непертурбативных вакуумных эффектов в сверхкритических системах Дирака-Кулона в 1+1 и 2+1 измерениях. При этом главное внимание уделяется энергетической характеристике поляризации вакуума (вакуумной энергии). В докладе сперва исследуется перенормированная вакуумная плотность заряда в сверхкритической области методом Вихманна-Кролла. Далее, основываясь на этих результатах, формулируется процедура перенормировки для вакуумной энергии. В результате показывается, что для широкого диапазона параметров внешнего источника (с зарядом  $Z$  и радиусом  $R$ ), нелинейные эффекты в сверхкритической области могут приводить к существенно отличному от пертурбативного квадратичного роста поведению вакуумной энергии вплоть до чётко выраженного убывания в отрицательную область со скачками, вызванными погружением дискретных уровней в нижний континуум. В рассматриваемом диапазоне изменения параметров  $Z$  и  $R$ , вакуумная энергия ведет себя  $\sim -Z^2/R$  в 1+1 измерениях и  $\sim -Z^3/R$  в 2+1 измерениях, достигая больших отрицательных значений. В заключение подчеркивается, что методы, примененные для расчета вакуумной энергии в 2+1 измерениях, с минимальным числом изменений могут быть перенесены на трёхмерный случай, где поведение вакуумной энергии, как ожидается, должно быть  $\sim -Z^4/R$ , и, следовательно, вакуумная энергия будет конкурировать с классической электростатической энергией кулоновского источника.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХЛЕПТОННЫЕ РАСПАДОВ $B$ -МЕЗОНОВ

Данилина А.В.<sup>1</sup>, Никитин Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Четырехлептонные распады  $B$ -мезонов открывают возможность провести прецизионную проверку предсказаний Стандартной модели в высших порядках теории возмущений и могут служить фоновыми процессами для подавленных по спиральности сверхредких распадов  $B_{d,s} \rightarrow \mu^+ \mu^-$ . Последние распады в настоящее время активно исследуются на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН в связи с поиском физики вне рамок СМ. Настоящая работа посвящена вычислению парциальных шириин распадов заряженных  $B$ -мезонов на три легких заряженных лептона и нейтрино и изучению связанных с этими распадами дифференциальных распределений, в том числе различных угловых распределений и асимметрий.

# ТЕРМИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ ДИМЕЖУЗЛИЙ В ОЦК Fe И V: МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Демидов Д.Н.<sup>1</sup>, Сивак А.Б.<sup>1</sup>, Сивак П.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт»

## Аннотация

В процессе повреждающего нейтронного каскадообразующего облучения образуются не только собственные точечные дефекты (СТД), но и их кластеры. Одним из самых часто образующихся типов кластеров СТД является димежузлие. Димежузлия могут обладать относительно невысокой энергией связи, что делает возможным их диссоциацию за относительно короткие промежутки времени, сравнимые по масштабу со временем, которое необходимо для миграции димежузлия от места образования до места поглощения на стоке. Поэтому при построении физических моделей диффузии радиационных дефектов к стокам необходимо учитывать возможность диссоциации димежузлий. Для этого необходимо знать температурные зависимости времени жизни димежузлий до диссоциации. Экспериментальное изучение процессов диссоциации кластеров СТД затруднительно ввиду того, что явление протекает на малых пространственных ( $10^{-9}$  м) и временных ( $<10^{-8}$  с) масштабах. Метод молекулярной динамики (МД) позволяет проводить исследования на указанных масштабах. В данной работе МД-методом, с использованием потенциалов межатомного взаимодействия [1] и [2] для Fe и V соответственно, рассчитаны температурные зависимости времени жизни димежузлий до диссоциации для ОЦК-металлов Fe и V (900 – 1450 К для Fe и 650 – 1100 К для V), являющихся основой конструкционных материалов ядерных и термоядерных реакторов (ферритно-мартенситные стали, сплавы ванадия). На основе рассчитанных данных предлагаются аналитические зависимости, позволяющие экстраполировать полученные данные в область более низких температур. Определены энергии диссоциации димежузлия в Fe и V. Они составляют 0.992 эВ и 0.584 эВ соответственно. Для выбранной силы стоков радиационных дефектов  $k_2=10^{15}$  м<sup>-2</sup> определены температурные границы в Fe и V, ниже которых подавляющее количество димежузлий поглощается на стоках, не успев продиссоциировать. Они составляют 700 К и 400 К для Fe и V соответственно. Полученные результаты расширяют понимание физических механизмов, лежащих в основе эволюции микроструктуры ОЦК-металлов Fe и V под повреждающим нейтронным облучением, и позволяют уточнить многоуровневые модели радиационного формоизменения металлов.

\*Исследование поддержано грантом РФФИ 18-08-01205-а, с использованием оборудования центра коллективного пользования «Комплекс моделирования и обработки данных исследовательских установок мега-класса» НИЦ «Курчатовский институт», (субсидия Минобрнауки, идентификатор работ RFMEFI62117X0016), <http://ckp.nrcki.ru/>.

[1] В.А. Романов и др., ВАНТ, Сер. МиНМ, 1(66) (2006) 129

[2] В.А. Романов и др., ВАНТ, Сер. ТС, вып. 2 (2012) 60

# ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННОГО ФОНА В ЗАЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТА DANSS

Дигуров А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Эксперимент DANSS- это эксперимент, направленный на обнаружение новой физики за границами Стандартной модели. Цель DANSS- поиск стерильных нейтрино. Экспериментальная установка находится в 10 метрах под работающим реактором Калининской атомной электростанции и представляет собой кубический нейтринный спектрометр на основе пластикового сцинтиллятора. Основной способ регистрации нейтрино- через реакцию обратного бета-распада. В связи с этим необходимо понимать фоновое число нейтронов в комнате с детектором. Моя работа заключается в измерении и обработки нейтронного фона в зале КАЭС при помощи детектора с жидким сцинтиллятором.

# РАЗВИТИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КВАНТМ-3D АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Дмитриев А.Е.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Шутов А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Атомно-зондовая томография позволяет исследовать 3х-мерные распределения химических элементов в материалах с атомарным разрешением. В рамках развития методики в ИТЭФ разрабатывается прототип атомно-зондового томографа с лазерным испарением и 120-ти миллиметровой DLD-детектирующей системой ПАЗЛ-3D. Эти особенности позволяют прибору проводить исследования различных типов материалов, а также собирать существенные объемы данных, порядка 50x50x1000 нм<sup>3</sup>. В ходе разработки установки было создано программное обеспечение для восстановления и анализа данных КВАНТМ-3D. Однако, существующие методы обработки данных не обладают достаточной точностью для анализа структурно-фазовых неоднородностей произвольной формы. В настоящей работе рассматривается разработка алгоритмов проксиграм-анализа для характеристики несферических кластеров путем построения концентрационного профиля в приповерхностной области. Представлено обобщение 2-х мерного «Флип» алгоритма триангуляции Делоне на 3-х мерное пространство. Реализован алгоритм «экстракта» диаграммы Вороного из 3-х мерного разбиения Делоне. Программная реализация вышеупомянутых алгоритмов позволяет эффективно работать с большими объемами данных. На основе предложенных алгоритмов продемонстрирован концентрационный анализ кластеров несферической формы. Предложены шаги по внедрению новых цифровых технологий для улучшения работы существующего программного обеспечения.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АДРОННЫХ СТРУЙ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ БЫСТРОТ В PP ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $\sqrt{S} = 13$ ТЕВ

Додонова А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В докладе будут представлены измерения сечений рождения адронных струй в детекторе CMS на коллайдере LHC. В работе использованы "low-pileup" данные 2015 года pp столкновений при  $\sqrt{s} = 13$ . Разделение по быстрой между двумя струями  $|Delta y| < 9.4$ . Значение наблюдаемых сопоставляется с Монте Карло генераторами, с помощью которых также производится анфолдинг данных.



# МЕТОДЫ МИНИМИЗАЦИИ ЧИСЛА ПРОГРАММНЫХ ОШИБОК. КОНТЕКСТНЫЙ АНАЛИЗ

Доренская Е.А.<sup>1</sup>, Семёнов Ю.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

До сих пор ещё неизвестно может ли искусственный интеллект, созданный по образу и подобию человека (нейронная модель), обеспечить меньше ошибок, чем обычный программист.

Сегодня качество программного обеспечения определяет практически все стороны нашей жизни, включая такие важные сферы как здоровье и финансы. Благодаря этому минимизация программных ошибок стала необходимостью. Все современные языки программирования алгоритмические. Лучший результат по количеству ошибок - 0,5 ошибки на 1000 строк кода для ОС Windows. Но есть множество сфер, где такой уровень ошибок слишком высок.

Наша задача - минимизировать программные ошибки. Сейчас нет даже эффективного инструмента для оценки реального числа ошибок в коде. Мы пытаемся решить эту задачу с помощью описания проблемы на естественном языке (или специально созданном языке описания проблемы) с последующим преобразованием его компьютером в программу на языке высокого уровня. Описание проблемы будет иметь объём в 50-200 раз меньше, чем текст программы на любом из алгоритмических языков, что существенно уменьшает пространство для программных ошибок. О результатах, полученных нами, будет подробнее рассказано в докладе.

Основой системы минимизации ошибок является банк описаний алгоритмов. Это такая база данных, где будут храниться алгоритмы программ. С этими алгоритмами смогут работать как люди, так и программы. В докладе также будет рассмотрена возможность создания языка описания проблемы, а не алгоритма. С помощью этой техники можно минимизировать ошибки и упростить процесс программирования. В процессе размышления над тем, как машина будет интерпретировать описание проблемы, нами был придуман метод анализа контекста слова и документа. Он был проверен с помощью неравенства Чебышева и метода Монте-Карло. Проверка показала, что метод эффективен, в 95% случаев даёт верный результат, а также очень прост в вычислении, для его реализации не требуется много ресурсов. Данный метод мы планируем использовать при создании языка описания проблемы.

Также будут описаны 3 предлагаемых нами метода для машинного формирования кода. Далее приведены их названия: метод диалога между компьютером и программистом; метод модификации кода программы по заданным входным параметрам; метод интерпретации описания с помощью специального языка.

На базе метода диалога между компьютером и программистом планируется создать программу генерации кода для безопасного веб-сервера, а WEB-интерфейсы широко используются для управления измерительным оборудованием.

По некоторым из рассмотренных программ получены авторские свидетельства. Всего получено 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ по темам доклада. На алгоритм распознавания контекстных значений слов и фрагментов текста послана заявка на патент.

# НОВЫЙ ТЕОРЕТИКО-ПОЛЕВОЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССОВ КОНЕЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Егоров В.О.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

## Аннотация

В рамках квантовой теории поля рассматривается новый подход к описанию процессов, происходящих на конечных пространственно-временных интервалах. К процессам этого типа относятся, например, осцилляции нейтрино и нейтральных каонов, описываемые в настоящее время в квантово-механическом подходе, имеющем существенные недостатки, а также процессы распада нестабильных частиц. Развиваемый формализм основан на диаграммной технике Фейнмана в координатном представлении, где мы, руководствуясь имеющейся экспериментальной ситуацией, модифицируем процедуру перехода в импульсное представление. Эффективно это приводит к тому, что меняется фейнмановский пропагатор частицы в импульсном представлении, в то время как остальные правила Фейнмана удается оставить без изменений. Мы не используем волновые пакеты в данном подходе, описывая начальные и конечные состояния частиц плоскими волнами, что существенно упрощает вычисления. С технической точки зрения процедура аналогична стандартным вычислениям в рамках диаграммной техники Фейнмана в импульсном представлении. На примере трех названных процессов — осцилляций нейтрино, нейтральных каонов и распада нестабильной частицы — мы демонстрируем, как могут быть найдены их дифференциальные вероятности, и показываем, что получаемые результаты совпадают с ожидаемыми.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ФОНА ОДИНОЧНЫХ НЕЙТРОНОВ ОТ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «DANSS»

Ершова А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Эксперимент DANSS направлен на поиск новой физики за пределами Стандартной модели, а именно поиск стерильных нейтрино. Он представляет собой компактный нейтринный спектрометр, расположенный на Калининской АЭС в непосредственной близости к ядру энергетического промышленного реактора. В основе детектирования реакторных антинейтрино лежит реакция обратного бета-распада. Детектором регистрируются порядка 5000 событий в сутки после вычитания фона. Ощутимый вклад в фоновые события вносят нейтроны, образовавшиеся в пассивной защите детектора в результате взаимодействия с ней космических мюонов.

В данном исследовании было проведено моделирование параметров рождающихся нейтронов от мюонов в свинце и меди пассивной защиты, а также в бетонных конструкциях пола и потолка экспериментального зала и получена оценка количества сигналоподобных событий, которые дают нейтроны в детекторе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-12-01145.

# ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ФОТОНЫ В ПРОТОН-ПРОТОННЫХ И ИОН-ИОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ НА БАК

Высоцкий М.И.<sup>1</sup>, Жемчугов Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Большой адронный коллайдер можно рассматривать как фотон-фотонный коллайдер, в котором фотоны рождаются в ультрапериферических столкновениях протонов или тяжёлых ионов. Так как светимость такого коллайдера пропорциональна  $Z^4$ , где  $Z$  — заряд сталкивающихся частиц, столкновения тяжёлых ионов выглядят особенно привлекательно. Однако, инвариантная масса рождающихся частиц ограничена максимальной энергией фотона, который может испустить сталкивающаяся частица, не развалившись, а для протонов она на порядок больше, чем для ионов свинца. В докладе сравниваются данные по ультрапериферическим столкновениям, набранные в течение Run 2 (2016–2018 годы) и в течение Heavy Ions Run в 2015 году.

Ультрапериферические столкновения можно использовать для поиска Новой Физики, проявляющейся в фотон-фотонных взаимодействиях. Для того, чтобы иметь возможность сравнить теоретическое предсказание с экспериментальными данными, необходимо уметь рассчитывать сечения процессов с учётом экспериментальных обреза́ний на фазовое пространство продуктов реакции. Обычно переход от полного сечения к обреза́нному делается с помощью метода Монте-Карло. Однако, в случае ультрапериферических столкновений метод эквивалентных фотонов позволяет получить аналитические формулы для сечения с наиболее часто встречающимися обреза́ниями: по инвариантной массе продуктов реакции, по их поперечному импульсу и по псевдобыстроте. В докладе даётся теоретическое описание проделанных коллаборацией ATLAS измерений сечений реакций  $pp \rightarrow pp \mu^+ \mu^-$  и  $Pb Pb \rightarrow Pb Pb \mu^+ \mu^-$  с учётом наложенных экспериментальных обреза́ний.

Доклад основывается на работе arXiv:1806.07238.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАГМЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО ПУЧКА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА

Жигарева Н.М.<sup>1</sup>, Ставинский А.В.<sup>1, 2</sup>, Афанасьев С.В.<sup>1, 2</sup>, Сакулин Д.Г.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*Объединенный институт ядерных исследований*

## Аннотация

Представлены результаты анализа экспериментальных данных, полученных во время экспозиции электромагнитного калориметра типа “шашлык” на вторичных частицах, образующихся в процессе взаимодействия ядер углерода со свинцовой мишенью при энергии 3.5 ГэВ/нуклон. Разработан алгоритм, позволяющий выделить сигналы от частиц разной зарядности. Результаты анализа использованы для энергетической калибровки ячеек электромагнитного калориметра установки VM@N (Baryonic Matter at Nuclotron, ОИЯИ).

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВАНАДИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ

Захарова П.С.<sup>1</sup>, Никитин А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

В представленной работе методами атомно-зондовой томографии проведены исследования сплавов на основе ванадия типа V-W-Cr-Zr, V-Ta-Cr-Zr и V-4Cr-4Ti. Получены данные о химическом составе и распределении атомов в локальных объёмах материала. С помощью использования парных корреляционных функций, а также статистических методов сделан анализ однородности твёрдого раствора в исследованных образцах. Определены состав и размеры наблюдаемых фаз и включений в зависимости от системы легирования материала.

# ИНЖЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС УСКОРИТЕЛЯ ВЕЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОДНОВРЕМЕННОМУ ОБЛУЧЕНИЮ УСКОРЕННЫМИ ПУЧКАМИ ТЯЖЕЛЫХ И ЛЕГКИХ ИОНОВ

Зиятдинова А.В.<sup>1</sup>, Федин П.А.<sup>1</sup>, Никитин А.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>,  
Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В НИЦ Курчатовский институт – ИТЭФ ведется разработка линейного ускорителя протонов ВЕЛА (Based on ECR Iona source Linear Accelerator). Инжектор этого ускорителя представляет собой мультифункциональный комплекс на базе двух источников ионов и имеет несколько каналов транспортировки пучка и мишенных камер. Один из источников будет генерировать пучки тяжелых ионов высокой зарядности (железо, ванадий, титан, хром), второй – пучки легких ионов (водород, гелий). В одну из мишенных камер инжекторного комплекса будут сходиться два транспортных канала (по одному от каждого источника) для облучения одной мишени. Такая схема облучения будет реализована для проведения имитационных экспериментов по одновременному облучению ускоренными пучками тяжелых и легких ионов. Данная методика имитационного эксперимента позволяет с большей точностью воспроизводить процессы, происходящие в конструкционных материалах ядерных реакторов. Воздействие ускоренного тяжелоионного пучка инициирует каскадное рождение структурных дефектов, а внедрение ионов водорода и гелия позволяет моделировать накопление газовых продуктов ядерных реакций, а также внедрение изотопов водорода из плазмы в реакторах синтеза. Работа посвящена рассмотрению параметров пучков ионов и каналов транспортировки для реализации имитационных экспериментов по одновременному облучению ускоренными пучками тяжелых и легких ионов.

# ПЕРЕСТРОЙКА НАНОСТРУКТУРЫ СТАЛИ ЧС-139 ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ

Искандаров Н.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Лукьянчук А.А.<sup>1</sup>, Федин П.А.<sup>1</sup>,  
Потехин А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Жаропрочные ферритно-мартенситные (Ф-М) стали являются перспективными конструкционными материалами активной зоны и внутрикорпусных устройств ядерных и термоядерных реакторов [1]. Серьезной проблемой для таких сталей является низкотемпературное радиационное охрупчивание (НТРО), поэтому в настоящее время актуальные исследования сконцентрированы на выяснении микроскопических причины НТРО Ф-М сталей. В качестве одного из основных механизмов НТРО рассматривается образование наноразмерных предвыделений, либо кластеров, состоящих из легирующих элементов, либо примесей. Образование таких особенностей в низкохромистых сталях корпусов ядерных энергетических реакторов, эксплуатирующихся при температурах 270-300 °С, хорошо известно [2-3]. В данной работе методом атомно-зондовой томографии (АЗТ) проведены исследования наноструктуры стали ЧС-139 после облучения ионами железа при различных температурах 250-400 °С и повреждающих дозах несколько сна. Облучение собственными ионами моделирует радиационные повреждения при нейтронном облучении, позволяя получать сравнимые по параметру сна (количество смещений на атом) радиационные нагрузки в 102-103 раз быстрее и качественно анализировать возможные радиационные эффекты [4].

[1] Иолтуховский А. Г., Леонтьева-Смирнова М. В., Соколов Н.Б. и др. Разработка 12%-ных хромистых сталей нового поколения для ядерной энергетики России. Вопросы атомной науки и техники, серия: Материаловедение и новые материалы, 2005, т. 1(64), с. 247–257

[2] С.В. Рогожкин, А.А. Никитин, А.А. Алеев, А.Г. Залужный, А.А. Чернобаева, Д.Ю. Ерак, Я.И. Штромбах, О.О. Забусов, Исследование тонкой структуры материала сварного шва с высоким содержанием фосфора корпуса реактора ВВЭР-440 после облучения, отжига и повторного облучения, Ядерная физика и инжиниринг, 2013, Т. 4, №1, С. 73-82

[3] A. Kryukov, L. Debarberis, A. Ballesteros, V. Krsjak, R. Burcl, S.V. Rogozhkin, A.A. Nikitin, A.A. Aleev, A.G. Zaluzhnyi, V.I. Grafutin, O. Plyukhina, Yu.V. Funtikov, A. Zeman, Integrated analysis of WWER-440 RPV weld re-embrittlement after annealing, Journal of Nuclear Materials, 2012, V. 429, P. 190–200

[4] Воеводин В.Н., Неклюдов И.М. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. Киев: Наукова думка, 2006. 376 с., G.S. Was, Fundamentals of Radiation Materials Science, Springer-Verlag, Berlin, 2007. 827 p



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЦ КАЛОРИМЕТРАМИ УСТАНОВОК VM@N И SPD

Кирин Д.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

В докладе рассказывается о результатах моделирования электронного калориметра для установки VM@N. Исследовалась зависимость от угла поворота детектора относительно направления пучка и от толщины модулей детектора, количества и толщины слоев сцинтиллятора и свинца. Также было проведено моделирование калориметра установки SPD при разной толщине блоков сцинтиллятора и свинца.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЧАСТИЧНЫХ СВОЙСТВ НЕСТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ Ca И Zr ПО ДИСПЕРСИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Климочкина А.А.<sup>1</sup>, Беспалова О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

## Аннотация

В настоящей работе проведено исследование одночастичных свойств изотопов Ca и Zr при приближении к границе нейтронной стабильности по дисперсионной оптической модели (ДОМ) [1]. ДОМ позволяет одновременно описывать одночастичные свойства связанных нуклонных состояний и данные о рассеянии нуклонов ядрами. Центральная действительная часть комплексного дисперсионного оптического потенциала (ДОП) представляется суммой 3 слагаемых: потенциала хартри-фоковского типа, объемной  $\Delta V_s$  и поверхностной  $\Delta V_d$  дисперсионных составляющих. Дисперсионные поправки связаны с мнимой частью  $W(r, E)$  ДОП с помощью дисперсионного соотношения:

$$\Delta V_{s(d)}(E) = (E_F - E) \frac{P}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{W_{s(d)}(E')}{(E' - E_F)(E - E')} dE'$$

Дисперсионные составляющие эффективно учитывают связь одночастичного движения с более сложными конфигурациями и приводят к увеличению концентрации одночастичных уровней вблизи энергии Ферми  $E_F$  по сравнению с расчетами в приближении Хартри-Фока. В настоящей работе были определены параметры протонного и нейтронного ДОП для стабильных четных  $^{40-48}\text{Ca}$  и  $^{90-96}\text{Zr}$  и вычислены одночастичные энергии, дифференциальные сечения упругого рассеяния, нейтронные полные сечения взаимодействия, протонные полные сечения реакций. Достигнуто хорошее согласие с экспериментальными данными. Ранее в нашей научной группе был разработан метод физически обоснованной экстраполяции параметров ДОП на область нестабильных ядер. Он основывается на использовании систематики глобальных параметров традиционной оптической модели [2], учитывает оболочечный эффект и приводит к соответствию расчетного числа протонов (нейтронов) числу  $Z(N)$  ядра. В настоящей работе, этот метод использован для расчета эволюции одночастичных свойств (энергий, среднеквадратичных радиусов и плотностей) изотопов Ca и Zr при изменении числа нейтронов  $N$  в широком диапазоне. Гигантское нейтронное гало в изотопах Ca, Zr вблизи границы нейтронной стабильности было предсказано релятивистской моделью Хартри-Фока с учетом континуума [3], а также нерелятивистской моделью Хартри-Фока-Боголюбова с силами Скирма [4]. Согласно расчету по ДОМ величина нейтронного среднеквадратичного радиуса  $\langle r_n \rangle$  растет с увеличением числа нейтронов  $N$  быстрее, чем  $r_0 N^{1/3}$  в изотопах Ca с  $N > 46$  и в изотопах Zr с  $N > 82$ . По сравнению со стабильными изотопами распределения нейтронной плотности  $^{68,70}\text{Ca}$  и  $^{124-130}\text{Zr}$  имеет более длинный «хвост», простирающийся далеко за пределы ядерной

поверхности, что может связать с формированием структуры гало. Расчет одночастичных энергий по ДОМ показывает, что нейтронные состояния  $3s_{1/2}$  и  $2d_{5/2}$  дают основной вклад в гало. Состояние  $3s_{1/2}$  слабо связано с энергией  $E = -0.05$  МэВ и среднеквадратичным радиусом  $R_{rms}(1s_{1/2}) = 11.8$  фм. Нейтроны в состояниях  $2d_{5/2}$  ( $E_{nlj} = 0.37$  МэВ) and  $2d_{3/2}$  ( $E_{nlj} = 1.22$  МэВ) являются частью континуума. Гало в изотопах Zr формируется нейтронами в  $3p_{1/2}$ ,  $3p_{3/2}$  состояниях. Энергия одночастичного уровня  $3p_{3/2}$  ( $E_{nlj} = -0.12$  МэВ) находится около энергии Ферми, состояние  $2f_{7/2}$  ( $E_{nlj} = -0.28$  MeV) лежит немного ниже, а состояние  $3p_{1/2}$  ( $E_{nlj} = 0.11$  МэВ) находится в континууме. Оцененные вероятности заполнения  $N_{nlj}$  равны 0.49, 0.34 для состояний  $3p_{3/2}$ ,  $2p_{1/2}$  соответственно. Среднеквадратичный радиус  $3p$  состояний составляет около 11 фм, это примерно в 2 раза больше, чем у состояния  $2f_{7/2}$ . Настоящая работа демонстрирует высокую предсказательную способность ДОМ для изучения свойств нейтроноизбыточных ядер. Для повышения точности предсказаний необходимы экспериментальные данные о зависимости поверхностного поглощения от нейтронно-протонной асимметрии при большом нейтронном избытке.

- [1] C. Mahaux, R. Sartor // Adv. Nucl. Phys. 20, 1 (1991)
- [2] Koning A.J., Delaroche J.P. // Nucl. Phys. A. 2003. V. 713. P. 231
- [3] J. Terasaki et al. // Phys. Rev. C 74, 054 318 (2006)
- [4] J. Meng, P. Ring // Phys. Rev. Lett. 80, 460 (1998).

# АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПЕРВОГО ТЕСТОВОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЕТЕКТОРА РЭД-100

Козлова Е.С.<sup>1</sup>, Акимов Д.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Двухфазный эмиссионный детектор РЭД-100 разработан для регистрации когерентного рассеяния нейтрино и для первой регистрации двойного безнейтринного бета-распада изотопа Хе-124. Установка РЭД-100 планируется на Калининской атомной электростанции (КАЭС). Работа РЭД-100 планируется в условиях наземной лаборатории.

В данной работе приведены первичные результаты калибровки по Na-22 и анализа кандидатов в 2-бета события по результатам первого тестового набора данных в ЛЭЯФ НИЯУ МИФИ в марте-апреле 2018 года.

# РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОТОННО-РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Колесников Д.С.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>, Голубев А.А.<sup>1</sup>, Богданов А.В.<sup>1</sup>,  
Скобляков А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Протонная радиография с использованием пучка протонов высокой энергии является эффективным методом диагностики при исследовании внутренней структуры плотных объектов. Данная методика обладает уникальной совокупностью качеств, таких как высокое пространственное и временное разрешение, высокая контрастная чувствительность и возможность наблюдения эволюции объектов в динамике. Результатом протонно-радиографического эксперимента является двухмерное изображение исследуемого объекта в единицах интенсивности пучка. Для получения информации о физических свойствах (плотности) объекта необходимо провести дополнительную пост-обработку. Для решения данной задачи разработан комплекс различных методик, реализованный в МАТЛАБ. Комплекс состоит из математических методов используемых для коррекции различных видов искажений в исходных данных и восстановления распределения объемной плотности в мишени, а также реализации возможностей Монте-Карло моделирования при анализе экспериментальных изображений. Возможности и работа данного комплекса методик продемонстрированы на результатах обработки и анализа экспериментальных данных, полученных на установке ПУМА в ИТЭФ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-38-00708

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПРОТОНАМИ НА РОСТ КУЛЬТУРЫ ЦИАНОБАКТЕРИИ *ARTHROSPIRA PLATENSIS*

Коннычев М.А.<sup>1</sup>, Боков А.В.<sup>1</sup>, Краевский С.В.<sup>1</sup>, Лямкин П.В.<sup>1</sup>,  
Рогожкин С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»

## Аннотация

*Arthrospira platensis* (Nordstedt) Gomont, или спирулина (*Spirulina*) – микроскопическая нитчатая цианобактерия, используется для получения высококачественного пищевого белка для лечебно-профилактических целей, кормов для животных, биологически активных веществ (ферменты, витамины, пигменты, липиды и др.), для биоконверсии солнечной энергии, рециклизации отходов. Высокая пищевая ценность, отсутствие токсинов и относительная простота культивирования *A.platensis* (требуется только минеральная среда и свет) делают её перспективным объектом питания людей в условиях космических полётов. Условия культивирования в закрытых биореакторах и параметры биомассы *A.platensis* и *A.maxima* уже исследовались НАСА [1]. Однако в таких условиях культура будет подвергаться сильному радиационному воздействию, влияние которого исследовано недостаточно.

Ранее проводились исследования радиационной стойкости *A.platensis* при облучении  $\gamma$ -квантами от источника  $^{60}\text{Co}$  [2, 3]. *Arthrospira* обладает высокой толерантностью к  $\gamma$ -лучам и может выжить по крайней мере при 6400 Гр (мощность дозы 527 Гр/час). Таким образом, её можно охарактеризовать как радиационно-стойкую бактерию [2].

В данной работе была исследована жизнеспособность культуры *A.platensis* после облучения протонами с энергией 21,6 МэВ и флюенсом  $5 \cdot 10^9 - 2 \cdot 10^{10}$  частиц/см<sup>2</sup>. Облучение проводилось на линейном ускорителе И-2. Для оценки роста биомассы проводились измерения оптической плотности культуры. Были проведены 2 серии экспериментов с диапазоном поглощенных доз 28–11200 Гр. Выявлено, что облучения до 168 Гр включительно незначительно влияют на культуру, доза в 280 Гр действует угнетающе, но не увеличивает лаг-фазу (период задержки размножения) по сравнению с контролем. При дозе от 840 Гр большая часть культуры гибнет, наличие немногочисленных оставшихся жизнеспособными трихом *A.platensis* проявляется только на 14 день культивирования. Дозы в 1680 и 2800 Гр имеют аналогичное действие: не вызывают полной гибели культуры, но увеличивают лаг-фазу до 21 дня.

Методом АСМ получены снимки *A.platensis* с нормальной и изменённой вследствие облучения морфологией, разрушенные трихомы после облучения 11,2 кГр [4].

По сравнению с  $\gamma$ -облучением для сублетального действия требуется меньшая поглощенная доза протонов. Для протонов оно наблюдается уже при 320-840 Гр, или  $6 \cdot 10^{10} - 15 \cdot 10^{10}$  частиц/см<sup>2</sup>, проходящих через образец, в то время как при облучении  $\gamma$ -квантами с дозой 4,2 кГр длительной лаг-фазы не наблюдается, и уже через неделю культура переходит в стадию экспоненциального роста [3].

- [1] Tadros M.G. Characterization of *Spirulina* Biomass for CELSS Diet Potential. NASA Contractor NCC 2-501. Alabama: Alabama A&M University. 1988
- [2] Badri H., Monsieurs P., Coninx I., Wattiez R., Leys N. Molecular investigation of the radiation resistance of edible cyanobacterium *Arthrospira* sp. PCC 8005 // *MicrobiologyOpen*. 2015. V. 4. №. 2. P. 187-207
- [3] Коннычев М.А., Боков А.В., Бяков В.М., Лямкин П.В., Перфильев Ю.Д., Степанов С.В., Тамбиев А.Х. Воздействие ионизирующего излучения на рост культуры цианобактерий *Arthrospira platensis* // Молодежная конференция по теоретической и экспериментальной физике приуроченная к празднованию 75-летия НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, 20-23 ноября 2017. С. 35-36
- [4] Боков А.В., Лямкин П.В., Коннычев М.А., Рогожкин С.В., Степанов С.В., Столбунов В.С. Исследование цианобактерии *Arthrospira platensis* методом атомно-силовой микроскопии // XXVII Российская конференция «Современные методы электронной и зондовой микроскопии в исследованиях органических, неорганических наноструктур и нано-биоматериалов». Черноголовка, 28-30 августа 2018 г. Том 1. 2018. С. 189-190

# СИГНАЛЫ ОТ ОДИНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ИОНИЗАЦИИ В ДЕТЕКТОРЕ РЭД-100

Коновалов А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Целью эксперимента РЭД-100 является наблюдение упругого когерентного рассеяния нейтрино (УКРН) на атомном ядре при помощи двухфазного эмиссионного детектора на жидком ксеноне. Необходимым условием регистрации УКРН с помощью РЭД-100 является чувствительность детектора к одиночным электронам ионизации. В докладе представлены результаты обработки данных первого тестового пуска детектора, подтверждающие его способность регистрировать одноэлектронные сигналы.



# ОТКЛИК ВЫСОКОГРАНУЛЯРНОГО АДРОННОГО КАЛОРИМЕТРА ILD НА ОДИНОЧНЫЕ АДРОНЫ С УЧЕТОМ ДЕТЕКТОРНЫХ ЭФФЕКТОВ

Корпачев С.С.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук*

<sup>2</sup>*Московский физико-технический институт (государственный университет)*

## Аннотация

Высокогранулярные калориметры предложены в качестве калориметрической системы многоцелевых детекторов на будущих лептонных коллайдерах. В частности, адронный калориметр ILD будет собран из сцинтилляционных ячеек с прямым считыванием света кремниевыми фотоумножителями. Мы измерили отклик системы тайл - SiPM на минимально ионизирующие частицы, имитируемые электронами из радиоактивного источника. Был оценен вклад различных эффектов, таких как эффективность светосбора и шум электроники, в ширину отклика по этим экспериментальным данным. Полученная экспериментальная оценка была использована для изучения влияния детекторных эффектов на смоделированное разрешение адронного калориметра ILD для одиночных адронов в диапазоне энергий от 5 до 50 ГэВ.

# АТОМНО-МАСШТАБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛОИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫДЕЛЕНИЯ А'-ФАЗЫ В СПЛАВЕ Fe-22% Cr

Корчуганова О.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В настоящее время в области разработки новых материалов значительные усилия направлены на создание теоретических основ и формирование научных подходов, обеспечивающих возможности цифрового моделирования, расчета и проектирования как новых типов сплавов, так и конечных изделий. Крупные американские и европейские материаловедческие программы (например, 7-я рамочная программа) направлены на развитие модельных представлений протекания подобных процессов, используя многоуровневый подход в моделировании на широком диапазоне масштабов от атомарного до конечных изделий. Одним из направлений таких работ является исследование высокохромистых сплавов на основе железа, нашедших широкое применение как в индустрии конструкционных материалов, так и в областях с повышенными требованиями к физико-химическим свойствам готовых изделий, в том числе в ядерной и термоядерной энергетике. В процессе эксплуатации под воздействием таких факторов как термическое старение и радиационные повреждения, происходит деградация эксплуатационных характеристик, что в значительной мере связывают с масштабной перестройкой наноструктуры материала. Таким образом, для эффективного решения возникающих материаловедческих задач, исследования и модельные расчеты должны проводиться на всех уровнях, начиная с атомарного. Данное исследование является последней частью проекта, направленного на изучение кинетики изменений структурного фазового состояния сплава Fe-Cr с высоким содержанием хрома на атомном уровне в широком диапазоне времен термического старения (от 10 до 1200 часов) и доз облучения тяжелоионного облучения (флюенс  $10^{14} - 10^{15}$  частиц/см<sup>2</sup> при комнатной температуре и 300°C). Рассмотрена эволюция выделений а'-фазы при ионном облучении до 0.6 сна с нагревом при 300°C для двух разных размеров кластеров.

# РЕШЕТОЧНАЯ КВАНТОВАЯ ХРОМОДИНАМИКА

Котов А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Решеточная регуляризация является важнейшим методом квантовой теории поля, позволяющим изучать свойства теории поля при помощи современных суперкомпьютеров. Одним из основных преимуществ данного подхода является тот факт, что он не полагается на пертурбативное разложение, а значит, может быть использован для изучения низкоэнергетических свойств теории сильных взаимодействий, квантовой хромодинамики. Данные, полученные в результате расчетов в решеточной регуляризации квантовой хромодинамики, являются важнейшими параметрами, используемыми в феноменологических моделях, применяемых, в частности, для описания эволюции кварк-глюонной плазмы, возникающей в столкновениях тяжелых ионов. В данном обзоре будут рассмотрены теоретические основы решеточной квантовой хромодинамики, основные методы, применяемые при численных вычислениях, и текущее состояние данной области, включая основные результаты и главные открытые проблемы. В частности, будут обсуждаться такие вопросы, как адронная спектроскопия, свойства квантовой хромодинамики при ненулевой температуре и плотности, транспортные свойства кварк-глюонной плазмы, конфайнмент и структура вакуума квантовой хромодинамики и другие.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИСТОЛЛАГРАФИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МОНТМОРИЛЛОНИТА МЕТОДОМ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Краевский С.В.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> *Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины*

<sup>2</sup> *Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Глинистый слоистый минерал монтмориллонит, привлекает внимание исследователей и используется во многих областях промышленности. Для французского агентства по захоронению ядерных отходов (ANDRA), монтмориллонит представляет особый интерес, поскольку он является основой естественного барьера в строящемся подземном хранилище отходов АЭС у города Бюр. В настоящей работе, по АСМ изображениям отдельных частиц монтмориллонита измерены удельные площади базальной и боковых поверхностей, определены их кристаллографические направления. Проведено сравнение с результатами молекулярно-динамического моделирования. Показано, что боковые поверхности перпендикулярные направлению [110] значительно более предпочтительные, чем перпендикулярные [010], что согласуется с молекулярно-динамическими расчетами.

# МАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВАКУУМА В ПЛАНАРНЫХ СИСТЕМАХ В ЗАКРИТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Краснов А.А.<sup>1</sup>, Свешников К.А.<sup>1</sup>, Давыдов А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

## Аннотация

Доклад посвящен изучению непертурбативных магнитных эффектов поляризации вакуума, возникающих в планарной системе Дирака-Кулона во внешнем поле закритического протяженного кулоновского источника и поле бесконечного тонкого соленоида конечного радиуса. С помощью метода функции Грина исследуется поведение и вид индуцированной вакуумной плотности тока и энергии поляризации вакуума. Показывается, что в рассматриваемой системе возможен эффект усиления внешнего магнитного поля за счет индуцированного тока.

# СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ КОРПУСКУЛЯРНОЙ ВОДОРОДНОЙ МИШЕНИ ЭКСПЕРИМЕНТА PANDA ПРОЕКТА FAIR

Кристи Н.М.<sup>1</sup>, Герасимов А.С.<sup>1</sup>, Панюшкин В.А.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>,  
Луцевская Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В настоящее время в ИТЭФ создана действующая модель корпускулярной водородной мишени для эксперимента PANDA проекта FAIR. Проводятся тестовые испытания и одновременно модернизация установки с целью оптимизации параметров. Так же устанавливаются отдельные узлы, которые прибыли из Юлихского исследовательского центра. Все перечисленные вопросы требуют конструкторских проработок. Современные требования подачи проекта требуют представление документации на основе 3D-моделирования. До недавнего времени вся конструкторская документация разрабатывалась в системе AUTOCAD. Передо мной была поставлена задача перейти в такую систему, которая давала более четкое и объемное представление устройства узлов и всей установки в целом. Кроме того, полученный большой объем экспериментальных данных позволяет построить пространственные характеристики тепло-гидравлических процессов. В качестве базовой программы была выбрана CATIA, которая, на мой взгляд, позволяет решать поставленные задачи. В работе решаются задачи: 1) Перевести чертежи из AUTOCAD в CATIA. 2) На основе программы CATIA провести тепло-гидравлические расчеты параметров и провести сравнение с экспериментальными данными.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Исследовательского центра ФАИР-Россия

# ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗА СВИНЦОВОЙ ЗАЩИТОЙ

Крусанов Г.А.<sup>1</sup>, Белоусов А.В.<sup>1</sup>, Черняев А.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

## Аннотация

В настоящей работе проведено моделирование прохождения фотонов высоких энергий через тканеэквивалентные фантомы и оценка степени эффективности моноэнергетического фотонного излучения в зависимости от энергии. Моделирование спектрального распределения тормозного излучения при торможении электронов в вольфрамовой мишени и оценка степени радиационной опасности тормозного излучения за свинцовой защитой

# ХРОМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В $SU(2)$ КХД

Кудров И.Е.<sup>1</sup>, Брагута В.В.<sup>1</sup>, Котов А.Ю.<sup>1</sup>, Николаев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В этом докладе будет обсуждаться распределение хромоелектрического поля между статической парой кварк-антикварк. Расчеты были проведены в рамках решеточной  $SU(2)$  КХД с ненулевым барионным хим. потенциалом при различных температурах. Различные численные исследования установили, что распределение поля между кварками имеет структуру трубки. В работе исследуется изменение этой структуры при переходе конфайнмент-деконфайнмент.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В КХД ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СРЕДЕ

Кузнецов Д.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

В данном докладе будет рассмотрено влияние вращения на положение температуры перехода конфайнмент-деконфайнмент, и представлены результаты моделирования методом Монте-Карло рассматриваемой задачи на решетке. В ходе вычислений был обнаружено понижение температуры фазового перехода во вращающейся среде по сравнению с неподвижной.

# ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ИОНОВ НА ОСНОВЕ СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА ДЛЯ ТЯЖЕЛОИОННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ ИТЭФ

Лосев А.А.<sup>1</sup>, Сатов Ю.А.<sup>1</sup>, Хрисанов И.А.<sup>1</sup>, Васильев А.А.<sup>1</sup>,  
Шумшуров А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Дано описание лазерно-плазменного источника ионов на основе СО<sub>2</sub>-лазера. Предполагается его использование на ускорителях И-3 и И-4 ИТЭФ. В работе проведено исследование ионной компоненты плазмы при облучении твердотельной мишени излучением СО<sub>2</sub>-лазера при плотности мощности  $10^{11}$ – $10^{12}$  Вт/см<sup>2</sup>. В исследовании применена времяпролетная методика с использованием электростатического цилиндрического энергоанализатора. Приведены энергетические и зарядовые распределения, а также парциальные токи генерируемых ионов углерода и вольфрама. Представлены результаты исследования влияния образующегося при стрельбе в одну точку кратера на зарядовый состав плазмы. Целью работы являлось изучение характеристик ионов генерируемых в плазме для нахождения оптимальных параметров излучения и системы экстракции. Такие исследования могут иметь практическую ценность для формирования спектра разлета ионов на входе в ускоритель, улучшить согласование с ним и повысить таким образом эффективность ускорения и количество ускоренных частиц.

# ЦВЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЦВЕТОМАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ ФЛАКС-ТЬЮБОВ В ФОРМАЛИЗМЕ ПОЛЕВЫХ КОРРЕЛЯТОРОВ

Лукашов М.С.<sup>1</sup>, Симонов Ю.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

В данной работе изучаются цветоэлектрические и цветомагнитные структуры флакс-тубов (которые соединяют тяжелые кварк и антикварк) в формализме полевых корреляторов (на основе работы M.S. Lukashov and Yu.A. Simonov, Phys. Rev. D96, 076019 (2017)). Эти корреляторы могут быть вычислены с помощью глюампов, которые позволяют нам предсказать результирующее распределение цветовых полей  $E(r)$  и цветомагнитных потоков  $k(r)$  в трубках тока. Нами было показано, что на больших расстояниях  $r \gg 0.2 \text{ fm}$  вся структура полей и отношений между ними полностью аналогична структуре дуальной теории сверхпроводимости, но базовая динамика, включающая малые расстояния, задаётся полевыми корреляторами действительного стохастического вакуума. При этом в теории конфайнмента, основанной на упомянутой выше теории типа сверхпроводников (т. н., дуальная теория Гинзбурга-Ландау) приходится менять параметры теории для каждой новой длины флакс-туба, а в нашей теории полевых корреляторов единственный параметр, – это средняя масса глюампа, 1 ГэВ, – объясняет все возможные зависимости. В целом, наша теория конфайнмента – единственная, которая удовлетворяет всем данным.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (N 16-12-10414).

# МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПЛОСКОСТЯМИ АТОМОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ

Лукьянчук А.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Шутов А.С.<sup>1</sup>, Разницын О.А.<sup>1</sup>,  
Алеев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Методика атомно-зондовой томографии активно развивается последние десятилетия. Хорошо известно, что на качество восстановления данных существенно влияют параметры восстановления данных и калибровка прибора. Для любого изменения схемы установки (например, нового детектора или изменение геометрии траектории пролета ионов) необходимо тратить значительное количество времени на ряд процедур калибровки. Соответственно, необходимо упрощение и автоматизация калибровки прибора и процедуры восстановления первичных данных. В НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ проводится разработка приборов атомно-зондовой томографии. Для того чтобы откалибровать установку атомно-зондовой томографии обычно используется методика измерения расстояния между плоскостями атомов кристаллической решетки простых материалов. В настоящей работе представлены принципы работы инструмента определения расстояния между плоскостями атомов кристаллической решетки простых материалов. Для этого использован уже имеющийся инструмент поиска ближайших соседей в программном обеспечении для обработки атомно-зондовых данных «КВАНТМ-3D» [1]. Работоспособность метода подтверждена на примере исследований простых материалов, таких как алюминий и вольфрам. Также в работе показано применение данного инструмента для калибровки трехмерного восстановления атомно-зондовых данных.

[1] Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661876

# ОЦЕНКА СПЕКТРА АТМОСФЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ НА УРОВНЕ МОРЯ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 0,05 - 1 ГЭВ

Лукьяшин А.В.<sup>1, 2</sup>, Акимов Д.Ю.<sup>1, 2</sup>, Болоздыня А.И.<sup>2</sup>, Деденко Л.Г.<sup>3</sup>,  
Этенко А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

<sup>3</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

## Аннотация

Проведены оценки спектров нейтронов по потоку первичного космического излучения с учетом поглощения его в атмосфере и генерации нейтронов в диапазоне энергий  $0.05 \div 1$  ГэВ. Оценка потока нейтронов с энергией выше 1 ГэВ составила  $\sim 0.3$  частиц/м<sup>2</sup>/с/ср. Была проведена оценка потока нейтронов для постановки наземного эксперимента по мониторингу работы ядерных установок. Эти расчеты будут учтены в анализе фоновых событий наземного лабораторного сеанса.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ОБЛУЧЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Лямкин П.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) – мощнейший инструмент в исследовании поверхности разнообразных объектов на субмикронном и наноразмерном масштабе. С её помощью можно изучать поверхности различных материалов, в том числе живых клеток. АСМ позволяет реконструировать трёхмерную картину поверхности исследуемого объекта, описать морфологию и определить её механические свойства. В лаборатории Атомно-масштабных исследований конденсированных сред НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ ведутся исследования влияния ионного облучения на различные объекты. В настоящей работе представлены АСМ результаты подобных исследований для таких объектов как: реакторные сплавы, монокристаллический кремний и клетки цианобактерии *Arthrospira platensis*.

# СУПЕРСИММЕТРИЧНЫЕ МОДЕЛИ С НАРУШЕННОЙ ЛОРЕНЦЕВОЙ СИММЕТРИЕЙ: ТЕОРИЯ И ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Маракулин А.О.<sup>1</sup>, Сибиряков С.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт Ядерных Исследований Российской академии наук*

## Аннотация

Рассматриваются суперсимметричные модели с нарушенной лоренцевой симметрией, вопросы их существования, единственности, а также феноменологические следствия. Проанализированы возможные нерелятивистские расширения алгебры суперсимметрии. Основное внимание уделено построению теории супергравитации с нарушением лоренц-инвариантности. Суперсимметричная модель гравитационного супермультиплетта рассмотрена как с использованием суперполевого формализма, так и в терминах компонентных полей. Построена и подробно изучена теория линейризованной супергравитации с нарушенной лоренц-инвариантностью, основанная на конструкции суперполя эфира, гравитационного суперполя и линейного компенсатора, характерного для неминимальных моделей  $N=1$  супергравитации. Получен лагранжиан теории в суперполях, проведено интегрирование по суперпространству, а также отынтегрирование вспомогательных полей в бозонном секторе модели. Проанализирован супертоковый супермультиплет теории, с помощью вычислений в компонентах прояснена структура фермионного сектора модели. Кратко рассмотрено нелинейное обобщение лоренц-нарушающей супергравитации.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕЛЕСТНЫХ БАРИОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ЛНСб

Матюнин В.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Эксперимент ЛНСб предназначен для изучения тяжелых адронов, рождающихся в протон-протонных столкновениях на Большом адронном коллайдере (БАК). Распады прелестных барионов изучаются как для понимания динамики процессов с участием тяжелых кварков, так и для поиска физики за пределами Стандартной модели. Кроме того, очарованные и прелестные адроны изучаются с целью обнаружения новых состояний, подтверждения или опровержения недавно обнаруженных частиц и для определения их квантовых чисел. В докладе будут представлены последние результаты поисков новых прелестных барионов и их распадов, проведенных на основе данных, набранных экспериментом ЛНСб за время Сеанса-1 и Сеанса-2 работы БАК.



# ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ И КВАНТОВОЕ ЗАПУТЫВАНИЕ

Миронов С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Будет обсуждаться связь запутанности состояний в квантовой механике и топологической запутанности. Будет приведено несколько примеров, где и как возникает топологическое запутывание, в том числе в теории узлов. Кроме того, будет рассмотрен пример топологического программирования.

# КИРАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ ВО ВНЕШНИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОЛЯХ

Миткин П.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Киральные эффекты во внешних гравитационных полях стали темой активных исследований за последние годы. Это связано, во-первых, с тем, что существует аналогия между потоком жидкости вдоль градиента температуры и вдоль ускорения, вызванного внешним гравитационным полем, что позволяет подойти к теории термальных киральных эффектов. Другая мотивация включения гравитационного поля приходит из феноменологии столкновений тяжелых ионов - состояние системы после столкновения может рассматриваться как вращающаяся ускоренная жидкость. Будет рассмотрено два вопроса: дополнительные законы сохранения для идеальной жидкости и их проявление в киральных эффектах в гравитационном поле, а также введение понятия мнимого ускорения и его связь с аномалиями.

# КРАШЕННЫЕ ПОЛИНОМЫ АЛЕКСАНДЕРА И ИЕРАРХИЯ КП

Мишняков В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Теория узлов изучает топологию вложений окружности в трехмерное пространство. Сегодня основной интерес представляет исследование связей между этой наукой и различными моделями в теоретической физике. Например, было обнаружено, что вакуумные средние петель Вильсона в теории Черна-Саймонса с калибровочной группой  $SU(N)$  приводят к, так называемым, квантовым инвариантам - крашенным полиномам HOMFLY. Так же широко известна возможность получать полиномиальные инварианты узлов из  $R$ -матриц интегрируемых моделей статистической физики. Доклад посвящен свойству крашенного полинома Александра (специального предела крашенного полинома HOMFLY), которое связывает его значения в фундаментальном и произвольном представлении. Петлевое разложение этого полинома наследует структуру полинома HOMFLY, которая обсуждается во многих работах, а именно, каждый порядок имеет вид полинома от собственных значений операторов Казимира алгебры  $SU(N)$  в соответствующем представлении. Таким образом свойство полинома Александра переносится в каждый порядок разложения. Его можно рассмотреть, как систему уравнений на коэффициенты перед мономами из инвариантов Казимира. Оказывается, что решения этой системы эквивалентны уравнениям иерархии Кадомцева-Петриашвили (КП), записанной через операторы Хироты. Это дает новый пример связи полиномов узлов с интегрируемыми системами и интересен, в том числе, и тем, что предел, дуальный к пределу крашенного полинома Александра, специальный полином, так что связан с иерархией КП, но уже с её решениями, а не уравнениями.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК АНТИНЕЙТРИНО ПО РЕАКЦИИ ОБРАТНОГО БЕТА-РАСПАДА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ DOUBLE CHOOZ

Никитенко Я.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт Ядерных Исследований Российской академии наук*

## **Аннотация**

Определение направления на источник (анти)нейтрино - важная задача для физики сверхновых звёзд и физики Земли. Реакция обратного бета-распада позволяет дать оценку направления на источник антинейтрино. Эксперимент Double Chooz, регистрирующий антинейтрино от двух близко расположенных ядерных реакторов, обладает уникальными возможностями для изучения сигнала антинейтрино от почти точечного источника. В докладе представлены современные математические модели распределения направлений регистрируемых частиц, а также последние экспериментальные данные Double Chooz.

# СИГМА МОДЕЛЬ НА ПРОСТРАНСТВЕ ФЛАГОВ

Павшинкин Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Рассмотрена двумерная бозонная сигма-модель на отрезке. Впервые получены неоднородные решения этой модели с таргет пространствами грассманианом и флагом.

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ КРИОГЕННОЙ КОРПУСКУЛЯРНОЙ ВОДОРОДНОЙ МИШЕНИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА PANDA

Панюшкин В.А.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>, Герасимов А.С.<sup>1</sup>, Балануца П.В.<sup>1</sup>,  
Луцевская Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В эксперименте PANDA проекта FAIR предполагается использовать внутренние мишени на основе изотопов водорода в которых обеспечивается монодисперсионный режим генерации струй твердых сферических микромишеней водорода диаметром 15-40 мкм с частотой от нескольких десятков до нескольких сотен кГц. Процесс генерирования микромишеней, в таких установках, включает в себя охлаждение, ожижение, дробление направленной вертикально вниз жидкой струи водорода, ее замораживание при истечении с ускорением в вакуум и транспортировку через вакуумный тракт в заданную область взаимодействия с пучком антипротонов. Для эффективного управления системами установки и настройки режимов генерации микромишеней разработана система автоматизации и управления мишенной установкой, объединяющая в единую вычислительную сеть приборы контроля и регулировки температур, давления, потоков водорода, частоты пьезогенератора, оптическую диагностику.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Исследовательского центра ФАИР-Россия

# СПЕКТРОСКОПИЯ $\Lambda_B^0$ -БАРИОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ЛНСб.

Перейма Д.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Высокое сечение рождения  $b$ -кварков на Большом адронном коллайдере, наряду с превосходным массовым разрешением и эффективной идентификацией адронов в эксперименте ЛНСб позволяют проводить поиск новых каналов распада  $\Lambda_b^0$ -барионов, а также производить прецизионные измерения основных свойств данной частицы. В настоящем докладе представлены последние результаты по поиску новых распадов  $\Lambda_b^0$ -барионов, с использованием данных, набранных экспериментом ЛНСб в 2011 и 2012 гг.

# НЕОДНОРОДНЫЕ СОСТОЯНИЯ В НЕЛИНЕЙНОЙ $CP(N)$ СИГМА МОДЕЛИ

Пикалов А.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В двумерной  $CP(N)$  нелинейной сигма модели в пределе больших  $N$  найдены решения с пространственно неоднородным конденсатом скалярного поля (солитон). Это решение связано с кинком в модели Гросса-Неве (Nitta, M. & Yoshii, R. J. High Energ. Phys. (2017) 2017: 145). Вычислена энергия солитона в сигма-модели, вычисления проводились с помощью различных методов регуляризации. Оказывается, что энергия этих решений ниже энергии однородного состояния. Также рассмотрено периодическое неоднородное решение, представляющее собой решетку из солитонов. Его энергия также ниже энергии однородного состояния, однако выражение для конденсата содержит инфракрасную расходимость, поэтому неприменимо для случая бесконечного пространства. Доклад основан на неопубликованной работе (Gorsky A., Pikalov A., Vainshtein A.).



# УСИЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОДНОМЕРНЫХ СЛОИСТЫХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СРЕДАХ

Пичкуренко С.В.<sup>1</sup>, Филатов В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*МГТУ им. Н.Э.Баумана*

## Аннотация

В работе анализируется усиление поля в мезопористой фотоннокристаллической пленке анодного оксида алюминия. Показано, что при определенных условиях на границах стоп-зон возникает резкое локальное увеличение спектральной плотности энергии электромагнитного поля.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ СВЕТОВОХОДА СТРИПОВ ДЛЯ DANSS

Погорелов Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

DANSS – высоко сегментированный пластиковый сцинтилляционный детектор, использующий сцинтилляторные пластины с гадолиний-содержащим отражающим покрытием для обнаружения реакторных антинейтрино в реакции обратного бета-распада. Свет собирается с помощью спектросмещающего волокна (3 на пластину), расположенного в канавках. Это может привести к значительной неоднородности распределения световыходов. Профиль световыходов был изучен в ИТЭФ на экспериментальном стенде, содержащем пропорциональные камеры и сцинтилляторные пластины. Этот результат важен для калибровки DANSS, а метод может быть полезен при создании похожих детекторов.

# ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ УСТАНОВКИ ПО АНАЛИЗУ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД СРЕДСТВАМИ GEANT4

Пономарева П.В.<sup>1</sup>, Идалов В.А.<sup>1</sup>, Клопиков Е.Б.<sup>1</sup>, Лупарь Е.Э.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

## Аннотация

В работе представлен способ оптимизации конфигурации защиты установки по анализу элементного состава горных пород от нейтронного и гамма-излучений. В качестве инструмента моделирования распределения эквивалентной дозы использован инструментарий Geant4. В работе проведен анализ влияния конструктивных элементов установки и объектов рабочего помещения на значение дозы. Кроме того, проведена валидация результатов моделирования путем сравнения со значениями дозиметрических измерений. В завершении работы показана возможность применения представленного алгоритма для проектирования биологических защит от источников ионизирующего излучения.

# ВАЖНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СПЕКТРОВ СВЕРХНОВЫХ. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО СВЕРХНОВЫХ

Поташов М.Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Важность учёта эффекта нестационарности в кинетике в течение фотосферной фазы при взрыве сверхновой подтверждена несколькими независимыми исследовательскими группами. Эффект позволяет получать более высокую степень ионизации водорода в сравнении со стационарными решениями, а также усиливает линию  $H\alpha$  в результирующем моделируемом спектре, причём выраженность эффекта растёт со временем. Однако, некоторые исследователи утверждают, что эффект ионизационной нестационарности не важен. Его учёт приводит в их моделировании к незначительному усилению  $H\alpha$  только в первые дни после взрыва. В настоящей работе продемонстрирована важность эффекта нестационарности: 1) на простых аналитических оценках, 2) на примере моделей сверхновой *SN 1999em* при помощи нового оригинального программного пакета LEVELS. Проверена роль ряда факторов, которые могут изменять роль эффекта нестационарности. Подтверждено, что на выраженность эффекта влияет обилие примесей металлов в оболочке, а добавление дополнительных уровней в модель атома водорода меньше ослабляет эффект нестационарности и никогда его полностью не устраняет. Было показано, что при учёте нелокального радиационного взаимодействия между компонентами тонкой структуры, выраженность эффекта нестационарности меняется незначительно, по сравнению с изменениями от других факторов, поэтому уровни атома водорода можно рассматривать как суперуровни (где между компонентами тонкой структуры устанавливается термодинамическое равновесие). Сравнение полных модельных спектров *SN 1999em* с наблюдениями, показало, что нестационарное описание лучше фитирует линию  $H\alpha$ . Для сверхмощной сверхновой *SN 2006gy* типа II<sub>p</sub> было показано, что эффект нестационарности имеет обратный знак, в дни роста кривой блеска. Также в докладе будет освещён оригинальный метод измерения космологических расстояний *Dense Shell Method* до сверхновых типа II<sub>p</sub>. Он основан на первоначальной идее Бааде, выдвинутой ещё в 1920-е годы. Новый метод даёт возможность непосредственного измерения параметра Хаббла без использования лестницы космических расстояний. Он даёт удовлетворительные результаты для сверхмощных сверхновых типа II<sub>p</sub>.

# ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБЛУЧЕНИЮ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ДЕФЕКТОВ В ВОЛЬФРАМЕ НА УСКОРИТЕЛЕ ТИПР С ПОКФ

Прянишников К.Е.<sup>1</sup>, Федин П.А.<sup>1, 2</sup>, Куйбида Р.П.<sup>1, 2</sup>, Кулевой Т.В.<sup>1, 2</sup>,  
Бобырь Н.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Разработка современных термоядерных установок требует создания материала покрытия внутренних стенок вакуумной камеры с целью защиты от плазменных и нейтронных потоков. Одним из перспективных материалов, предполагаемого отвечающего этим требованиям, является вольфрам. Для исследования влияния нейтронного облучения на вольфрам, используется метод экспресс-моделирования на пучках тяжелых ионов, имитирующих нейтронные потоки. Такие эксперименты проводятся в НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ на ускорителе Тяжело Ионный Прототип (ТИПр). ТИПр ускоряет пучки тяжелых ионов до энергии 101 кэВ/нуклон в импульсном режиме с длительностью импульса 450 мкс и частотой повторения до одного импульса в течение двух секунд. В докладе представлено описание конструкции установленного перед образцами проволочного профилометра, результаты измерения профиля пучка и исследования влияния напряжения супрессора на измерения тока пучка, приходящего на мишень. Работы проводились при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (ID RFMEFI61317X0084).

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА АТОМНО-ЗОНДОВОМ ТОМОГРАФЕ ПАЗЛ-3D

Разницын О.А.<sup>1</sup>, Лукьянчук А.А.<sup>1</sup>, Шутов А.С.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

В настоящее время при решении значительного числа задач по разработке новых материалов необходим контроль особенностей структурно-фазового состояния материалов вплоть до атомных пространственных масштабов. Одной из методик, позволяющих проводить подобный анализ для многокомпонентных материалов, является атомно-зондовая томография. На базе НИЦ «Курчатовский Институт» – ИТЭФ разработан атомно-зондовый томограф «ПАЗЛ-3D» [1], позволяющий исследовать структуру материалов на уровне, близком к атомарному, с пространственным разрешением 3А и разрешением по массе  $M/dM$  более 600 [2]. Проведена отработка методики томографического атомно-зондового анализа на сталях и сплавах Fe-Cr, продемонстрирована точность определения химического состава до 0.06% [3]. Проведены исследования различных металлов и сплавов, в том числе высокоэнтропийных, и полупроводников. Рассмотрено влияние базовой температуры образца на точность определения концентрации в сплавах Fe-Cr и Al-Mg.

[1] Рогожкин С.В., Алеев А.А., Лукьянчук А.А., Шутов А.С., Разницын О.А., Кириллов С.Е., Прототип атомного зонда с лазерным испарением, Приборы и техника эксперимента, 2017, № 3, С. 129-134

[2] Разницын О.А., Лукьянчук А. А., Шутов А.С., Рогожкин С. В., Алеев А. А., Оптимизация параметров лазера для исследований сплавов на атомно-зондовом томографе с лазерным испарением, Ядерная физика и инжиниринг, 2017, Т. 8, №2. С. 138-140

[3] Разницын О.А., Лукьянчук А. А., Шутов А.С., Рогожкин С. В., Алеев А. А., Оптимизация параметров анализа материалов методами атомно-зондовой томографии с лазерным испарением атомов, Масс-спектрометрия, 2017, Т. 14, № 1, С. 33-39

# ИЗУЧЕНИЕ СТАНДАРТНОГО БОЗОНА ХИГГСА В КАНАЛЕ $HWLVLV$ ПРИ 13 ТЭВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ АТЛАС НА БАК

Рамакоти Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Представлены результаты исследования свойств стандартного бозона Хиггса в канале распада  $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$  в эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере. Анализ основан на полной статистике событий протон-протонных столкновений за 2015–2016 гг. при энергии в их системе центра масс 13 ТэВ. В многомерном анализе использовались только события с двумя жесткими изолированными лептонами разных ароматов ( $l = \mu, e$ ) с  $p_T > 25$  ГэВ. Оказалось, что статистическая значимость сигнала от рождения бозона Хиггса превышает  $5\sigma$ , измерены константы связи в механизме его рождения за счет слияния глюонов и векторных бозонов.

Нами проведен проверочный (более простой) анализ в случае рождения бозона Хиггса через механизм VBF. В полученных распределениях учитывались полные систематические ошибки. Результаты этого исследования сравнивались с результатами аналогичного предыдущего анализа при более низкой энергии 8 ТэВ. Видно, что с ростом энергии пучка отношение сигнала к фону немного ухудшается, а также начинают сильнее проявляться эффекты, связанные с наложением событий в одном пересечении пучков (*pile-up*), которые сложно изучить в сигнальной области от бозона Хиггса. Поэтому была рассмотрена контрольная область  $Z \rightarrow \mu\mu$ , чистая от других процессов и с накопленной статистикой, достаточной для детального изучения многих эффектов.

Показано, что моделирование методом Монте-Карло удовлетворительно описывает экспериментальные данные в этой контрольной области по множественностям адронных струй, а также по спектрам струй по поперечному импульсу и псевдобыстроте. Рассматривались распределения в условиях высокого и низкого *pile-up* для более точной оценки фонов в сигнальной области бозона Хиггса, где учитывалась только систематика, связанная с адронными струями. Наблюдается удовлетворительное согласие данных и МС-моделирования.

# РАСЧЁТ КРИТИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ В СИСТЕМЕ ДВУХ СТАЛКИВАЮЩИХСЯ ТЯЖЁЛЫХ ЯДЕР ЗА РАМКАМИ МОНОПОЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ

Роевко А.А.<sup>1</sup>, Свешников К.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Объединенный институт ядерных исследований*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

## Аннотация

Представлен метод расчёта энергии связи электронных состояний в компактных сверхтяжёлых ядерных квазимолекулах, основанный на численном решении уравнения Дирака в сферических координатах с использованием разложения электронных волновых функций по сферическим гармоникам и мультипольного разложения двухцентрового потенциала. Показано, что для межъядерных расстояний, не превышающих  $\sim 100$  фм, данный метод обладает быстрой сходимостью по числу используемых сферических гармоник, что позволяет вычислять энергию электронных уровней с точностью не хуже  $10^{-6} mc^2$ , при этом все мультипольные моменты могут быть вычислены аналитически. Были рассчитаны критические расстояния между одинаковыми сталкивающимися ядрами для нижнего чётного  $1\sigma_g$  и нижнего нечётного  $1\sigma_u$  уровней в диапазоне  $Z \simeq 87 - 100$ , полученные результаты уточняют значения, полученные другими методами.



# ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ПЕРЕИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРОЙ КОМПОНЕНТЫ СЦИНТИЛЛЯЦИИ ЖИДКОГО АРГОНА КСЕНОНОМ ПРИ БОЛЬШИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ

Рудик Д.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Представлено первое экспериментальное подтверждение переизлучения сцинтиляционного света быстрой компоненты жидкого аргона (LAr) ксеноном (Xe) в больших концентрациях ( $> 200$  ppm по массе). Продемонстрирована связь улучшения анализа по форме сигналов (PSD-анализа) с ростом концентрации, обнаруженная в предыдущих экспериментах, с переизлучением быстрой компоненты LAr посредством Xe. Представлено обсуждение преимуществ Xe, при использовании его в качестве спектросместителя в LAr-детекторах.

# ЛОКАЛЬНЫЕ СИММЕТРИИ NS 5-БРАН И Т-ДУАЛЬНОСТЬ

Рудинский Д.А.<sup>1</sup>, Мусаев Э.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

<sup>2</sup>*Московский физико-технический институт (государственный университет)*

## Аннотация

В данной работе изучаются свойства экзотических бран, а именно локальные симметрии конфигураций пространства-времени и калибровочных полей вокруг них. Исследование ведется в рамках формализма т.н. двойной теории поля в которой струнные симметрии делаются явными на уровне низкоэнергетической теории поля при помощи трюка удвоения пространственных координат. При этом струнные моды импульса соответствуют обычным пространственным координатам в смысле преобразования Фурье, а моды намотки соответствуют новым дуальным негеометрическим координатам. На таком пространстве определяется структура обобщенной геометрии, для которой в настоящее время известны понятия обобщенной производной Ли, обобщенного тензора кривизны и кручения. В работе были найдены обобщенные вектора Киллинга для DFT-монополя, которые являются инвариантными относительно Т-дуальности, и для найденных векторов была построена алгебра относительно скобки, определенной обобщенной производной Ли.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОТИЧЕСКИХ АДРОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ЛНСб

Саврина Д.В.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

<sup>2</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Существование экзотических адронов — частиц, которые не укладываются в традиционную схему мезонов, состоящих из пары кварк-антикварк, и барионов, состоящих из трех кварков, — было предсказано одновременно с появлением кварковой модели. Однако первый такой кандидат был экспериментально найден всего лишь 15 лет назад. С тех пор было обнаружено еще около трех десятков частиц, свойства которых указывают на возможность их экзотической природы. Различные теоретические модели предсказывают разные массы и квантовые числа для таких состояний. Поэтому поиск новых экзотических адронов и изучение их свойств важно для лучшего понимания их внутренней структуры. В докладе будут представлены недавние результаты эксперимента ЛНСб по поиску и изучению экзотических адронов.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ

Сакулин Д.Г.<sup>1</sup>, Жигарева Н.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Объединенный институт ядерных исследований*

<sup>2</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В данной работе проведено моделирование прохождения космических мюонов в калориметрических модулях. Получены коэффициенты преобразования амплитуд сигналов в поглощенную энергию проходящей частицы. Проведен анализ данных, набранных во время экспозиции электромагнитного калориметра на космических мюонах. Результаты анализа использованы для обработки экспериментальных данных, полученных в реакции взаимодействия углерода, аргона и криптона при энергии 3.5 ГэВ/нуклон с различными мишенями.

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ DANSS

Самигуллин Э.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В данной работе представлены результаты исследования космических мюонов с помощью установки DANSS. Был разработан алгоритм отбора мюонных событий из данных и построения их треков, эффективность которого составила  $>97\%$ . Приведены первоначальные результаты калибровки установки DANSS с помощью космических мюонов. Также показаны первоначальные результаты исследования годовой изменчивости потока космических мюонов, в которых оценивался параметр  $\langle E_{thrcos} \rangle$ , и его значение составило  $\langle E_{thrcos} \rangle = 5.7 \pm 0.7$  ГэВ.

# ИЗУЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА МОНТЕ-КАРЛО ДАЛЬНИХ КОРРЕЛЯЦИЙ СРЕДНЕГО ПОПЕРЕЧНОГО ИМПУЛЬСА И МНОЖЕСТВЕННОСТИ ДЛЯ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ В РР-СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИЯХ БОЛЬШОГО АДРОННОГО КОЛЛАЙДЕРА

Сандул В.С.<sup>1</sup>, Феофилов Г.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет*

## Аннотация

Одним из главных направлений в современной физике высоких энергий является изучение кварк-глюонной плазмы (КГП) – сверхгорячего и сверхплотного состояния сильно взаимодействующей материи, в котором находилась Вселенная в первые миллионные доли секунды после Большого Взрыва. Долгое время КГП наблюдалась лишь в ультрарелятивистских столкновениях тяжёлых ионов, однако недавно сигналы формирования КГП (а именно увеличение выхода странных частиц) были получены в столкновениях протонов на Большом адронном коллайдере [1], в связи с чем возрос интерес к изучению ультрарелятивистских рр-столкновений. Одним из инструментов изучения высокоэнергетичных столкновений частиц является изучение дальних корреляций между физическими величинами, наблюдаемыми в различных (псевдо)быстротных интервалах – так называемых “передних” и “задних” окнах, – разделённых между собой некоторым (псевдо)быстротным интервалом [2]. Предполагается, что коэффициенты дальних корреляций несут в себе информацию о системе, предшествующим образованию КГП. В настоящем исследовании проводится изучение дальних корреляций среднего поперечного импульса и множественности для частиц, содержащих странный кварк, а конкретно для  $\Lambda$ -гиперонов, нейтральных и короткоживущих К-мезонов. Анализ соответствующих коэффициентов корреляций странных частиц, образованных в рр-столкновениях при энергии  $\sqrt{s} = 7$  ТэВ, проведён в рамках монте-карловского генератора событий РУТНИА 8 [3]. Процесс симуляций столкновений проводился с учётом механизма слияния кварк-глюонных струн и формирования так называемых “цветных верёвок”(color ropes), образующихся в результате слияния нескольких одиночных цветных струн и обладающих большим эффективным натяжением, что обеспечивает увеличение выхода странных частиц в рр-столкновениях [4, 5]. В результате исследования было изучено поведение коэффициентов корреляции  $b_{n-n}$ ,  $b_{p_T-n}$  и  $b_{p_T-p_T}$  в зависимости от ширины переднего псевдобыстротного окна и ширины псевдобыстротного интервала между передним и задним окнами. Проведено сравнение поведения коэффициентов корреляции для странных и заряженных частиц. Показано, что для всех вышеуказанных типов частиц наблюдаются положительные  $n-n$ ,  $p_T-n$  и  $p_T-p_T$  корреляции. Коэффициенты корреляции для странных частиц в каждом из рассматриваемых случаев оказываются существенно меньше, чем для заряженных. Полученные результаты находятся в качественном согласии с моделью слияния цветных струн [6].

- [1] ALICE Collaboration. Enhanced production of multi-strange hadrons in high-multiplicity proton–proton collisions // *Nature Physics* 13, 535–539. 2017
- [2] ALICE Collaboration, B. Alessandro et al. ALICE: Physics performance report, volume II // *J.Phys. G* 32, 1295-2040. 2006
- [3] T. Sjostrand, S. Mrenna, P. Skands. An Introduction to PYTHIA 8.2 // *Comput. Phys. Commun.* 178, 852-867. 2008
- [4] C. Bierlich. Rope Hadronization and Strange Particle Production // *EPJ Web of Conferences* 171, 14003. 2018
- [5] C. Bierlich, G. Gustafson, L. Lönblad. Effects of overlapping strings in pp collisions // *J. High Energ. Phys.* 2015: 148. 2015
- [6] M.Braun, C.Pajares. Particle production in nuclear collisions and string interactions // *Phys. Let. B* 287, 154-158 . 1992

# ОРГАНИЗАЦИЯ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА И СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИССИ-4

Саратовских М.С.<sup>1, 2</sup>, Лякин Д.А.<sup>1, 2</sup>, Орлов А.Ю.<sup>1, 2</sup>, Барабин С.В.<sup>1, 2</sup>,  
Кулевой Т.В.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Источник синхротронного излучения 4-го поколения (ИССИ-4) – концептуально новая установка, обеспечивающая предельно высокую пространственную когерентность и яркость излучения. Как и любой синхротрон, ИССИ-4 – сложный территориально-распределенный комплекс, требующий синхронизации и мониторинга состояния многочисленных его узлов. В настоящее время разрабатывается система сетевого информационного обмена между узлами системы управления и диагностики электронного пучка и веб-интерфейс пользователей для удаленного мониторинга состояния установки. Представлена предварительная схема организации сети и макет интерфейса.

Работа поддерживается министерством образования и науки РФ. Соглашение 14.616.21.0088 от 24\11\2017 (Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI61617X0088)



# РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА ЭКСПЕРИМЕНТА LHCb

Семенников А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В конце 2018 года будет остановлен коллайдер LHC в Международном Европейском Центре Ядерных Исследований CERN в связи с подготовкой к новой фазе его дальнейшей работы. Учитывая накопленный опыт эксплуатации оборудования в предыдущие периоды решено улучшить характеристики электромагнитного калориметра эксперимента LHCb. Основными элементами калориметра являются модули, построенные по технологии "пашлык" и представляющие собой стек из последовательно сгруппированных пластин свинцового абсорбера и сцинтилляторов. Последние созданы на базе органического стекла, имеющего невысокие показатели радиационной стойкости. Группа ученых из коллаборации LHCb сегодня занята поиском подходящей технологии для производства радиационно стойкого модуля калориметра. Одним из направлений данной работы является изготовление прототипа модуля с вольфрамовым абсорбером и неорганическими кристаллами GAGG и YAG. Об особенностях конструкции и своем вкладе в данную работу я хотел бы рассказать в докладе

# ИНТЕГРИРУЕМАЯ СИСТЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЛЧКОВ

Сечин И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Доклад будет посвящен описанию классической интегрируемой системы взаимодействующих волчков, которая, с одной стороны, является обобщением многочастичной системы частиц (каждая частица теперь несет дополнительные волчковые степени свободы), а с другой стороны, обобщением классического волчка типа Эйлера (на случай, когда таких волчков много и они взаимодействуют друг с другом). Будет показано, как могут быть построены сохраняющиеся величины в такой системе, а также почему такая система является интегрируемой.

# КАЛИБРОВКА МАТРИЦЫ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ДЕТЕКТОРА RED-100

Симаков Г.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Для детектора RED-100 была разработана система проведения калибровки матрицы фотоумножителей на основе альфа-источника и сцинтиллятора, проведена калибровка верхней матрицы с помощью данной системы. Кроме того, обе матрицы (и верхняя, и нижняя) были прокалиброваны по SPE от света светодиодов, запускавшихся от генератора. Получены данные для программного выравнивания усиления ФЭУ при работе. Работа прошла в рамках подготовки к установке детектора RED-100 на Калининской АЭС.

# ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ ОЛОВА В АМОРФНЫЙ СЛОЙ МАТЕРИАЛА ФАЗОВОЙ ПАМЯТИ GST225

Селезнев Д.Н.<sup>1</sup>, Ситников А.Л.<sup>1</sup>, Козлов А.В.<sup>1</sup>, Федин П.А.<sup>1</sup>, Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Стремительное развитие информационных технологий и компьютерной техники требует разработки новых носителей информации, имеющих большую информационную емкость и быстродействие. Одним из наиболее перспективных новых видов запоминающих устройств в настоящее время считается электрическая фазовая память. За счет имплантации ионов, например Sn, в аморфный слой GST225 можно изменять электрические и температурные свойства материала фазовой памяти. В НИЦ «Курчатовский институт» — ИТЭФ совместно с НИУ МИЭТ были начаты работы по имплантации ионов олова в аморфный слой материала фазовой памяти GST225. Имплантация проводится на Универсальном Испытательном Стенде (УИС) в НИЦ «Курчатовский институт» — ИТЭФ. УИС состоит из ионного источника типа MEVVA, электростатической системы формирования пучка и системы измерения полного тока и профиля пучка. В рамках подготовки к имплантации было проведено исследование зарядового распределения пучка ионов олова времяпролетным методом, а также был измерен профиль и полный ток пучка. С помощью программы SRIM была определена энергия пучка, необходимая для имплантации ионов на глубину  $\approx 25$  нм.

# ПОЛНОМАСШТАБНОЕ МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ПРОТОННОМ МИКРОСКОПЕ PRIOR-II

Скобляков А.В.<sup>1</sup>, Канцырев А.В.<sup>1</sup>, Богданов А.В.<sup>1</sup>, Колесников Д.С.<sup>1</sup>,  
Голубев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Высокоэнергетическая протонная радиография в исследованиях плотных динамических и статических мишеней показывает лучшее пространственное разрешение, проникающую способность, разрешение по плотности и динамический диапазон, чем обычные рентгеновские методы [1,2,4,6].

Протонный микроскоп PRIOR-II (энергия пучка 2-5 ГэВ) [4] будет одним из ключевых диагностических инструментов для НЭД экспериментов в проекте ФАИР. Данная установка будет использоваться для исследования статических и динамических мишеней [3] с массовой толщиной до 20 г/см<sup>2</sup>. С помощью данной установки планируется получить пространственные разрешения протонно-радиографических изображений лучше чем 10 мкм. Ионная оптика установки [5] разработана в соответствии со схемой протонного микроскопа с увеличением изображения объекта. В ходе работы было выполнено полномасштабное численное моделирование будущих протонно-радиографических экспериментов в системе моделирования Geant4. Виртуальная модель установки PRIOR-II построена на основе результатов расчета ионно-оптической схемы установки приведенных в PRIOR — Proton Microscope for FAIR TDR [5] для энергии пучка 4 GeV. Полномасштабное численное моделирование для модели микроскопа PRIOR-II было выполнено для мишени (тонкая свинцовая фольга, зажатая между сферическими пластинами), которая будет использована для построения уравнения состояния вещества, посредством исследования фазовой диаграммы. Также с помощью данной модели было оценено влияние реального сцинтиллятора (Bicron-408) на размытие протонно-радиографических изображений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-38-00708 и Исследовательского центра ФАИР-Россия

[1] A. V. Kantsyrev, A.A. Golubev et al, TWAC-ITEP Proton Microscopy Facility, J. IET, v. 1, p. 5-14, 2014

[2] Kantsyrev A.V., Skobliakov A.V. et al. “Monte-Carlo Geant4 numerical simulation of experiments at 247-MeV proton microscope”, Journal of Physics: Conference Series Volume 946, Issue 1, 23 February 2018

[3] Mintsev, V.B., Shilkin, N.S., Ternovoi, V.Y., Nikolaev, D.N., Yuriev, D.S., Golubev, A.A., Kantsyrev, A.V., Skobliakov A.V., Bogdanov, A.V. “High-explosive generators of dense low-temperature plasma for proton radiography”, Contributions to Plasma Physics Volume 58, Issue 2-3, February-March 2018

[4] D. Varentsov et al., “Commissioning of the PRIOR proton microscope”, Review of Scientific Instruments, 2016, 87, issue 2, pp. 023303/1–023303/8

[5] D. Varentsov, M. Schanz, A. Kalimov, Proton Microscope for FAIR, Technical Design Report, 2016

[6] А.В. Скобляков, А.В. Канцырев, А.В. Богданов, А.А.Голубев, А.Н. Зубарева, Н.С. Шилкин, А.В. Уткин, В. Б. Минцев, Численное моделирование протонно–радиографической установки в среде Geant4, Ядерная Физика и Инжиниринг, 2017, том 8, номер 2, стр. 1-7;

# ПОИСКИ СТЕРИЛЬНОГО НЕЙТРИНО В ЭКСПЕРИМЕНТЕ DANSS

Скробова Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В докладе будет представлено описание детектора DANSS (совместный проект ИТЭФ и ОИЯИ) и рассказано о перспективах наблюдения нейтринных осцилляций с учетом стерильного состояния нейтрино. Детектор DANSS (Detector of Anti-Neutrino based on Solid Scintillator) представляет собой секционированный сцинтилляционный детектор общим объемом  $1 \text{ м}^3$ , окруженный для подавления внешнего радиационного фона комбинированной пассивной и активной защитой. Детектор расположен рядом с промышленным реактором на КАЭС, и может осуществлять измерения на расстояниях от 10.7 до 12.7 м до ядра реактора. Основным элементом детектора является сцинтилляционная ячейка – стрип. Для съема сцинтилляционного сигнала используются малогабаритные ФЭУ и кремниевые фотоумножители, соединенные с ячейками с помощью спектросмещающих волокон. Детектор восстанавливает спектр антинейтрино по измеренному спектру позитронов. В докладе будет рассказано о моделировании спектров позитронов с учетом наличия стерильного состояния у нейтрино и об анализе применяемом для обработки экспериментального спектра позитронов. Будут показаны полученные предварительные ограничения на параметры стерильных нейтрино.

# АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СОЛНЕЧНОГО СОСТАВА В КОНТЕКСТЕ РАСШИРЕНИЙ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

Соколов А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В работе рассматривается проблема солнечного состава в контексте расширений Стандартной модели физики частиц. Была построена стационарная солнечная модель, при этом к уравнению производства энергии было добавлено резонансное по плотности слагаемое. Получившаяся система была решена с помощью линеаризации вблизи известных решений Стандартной солнечной модели. Было показано, что при резонансном по плотности отводе энергии из зоны солнечного тахоклина вычисленная в Стандартной солнечной модели скорость звука увеличивается в зоне лучистого переноса. Были рассмотрены расширения Стандартной модели физики частиц, в которых возможно резонансное рождение и поглощение частиц в плазме Солнца. Было показано, что аксионоподобные частицы не могут вступать в резонанс с фотонами в плазме Солнца. Влияние резонансного рождения частиц на скорость звука было изучено в модели скрытых фотонов.



# ИССЛЕДОВАНИЕ СОБЫТИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ Z-БОЗОНА И С-КВАРКА В ПРОТОН-ПРОТОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 13 ТЭВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ CMS

Степеннов А.Д.<sup>1</sup>, Гаврилов В.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Доклад посвящен исследованию событий с образованием Z-бозона и с-кварка в эксперименте CMS, в исследовании использовались данные, набранные детектором в ходе протон-протонных столкновений на ускорителе LHC, CERN в 2016 году. Реакции с образованием векторного бозона и струй составляют существенную часть фоновых событий в поиске явлений, выходящих за рамки предсказаний Стандартной Модели элементарных частиц. Для определения вклада таких фоновых событий необходимы точные теоретические предсказания, в частности и для событий с образованием Z-бозона и тяжелого кварка [1].

[1] Measurement of associated Z + charm production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV, 2018, The European Physical Journal C

# НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ШИРИНЫ РАСПАДА $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ PRIMEX-2

Тарасов В.В.<sup>1</sup>, Долголенко А.Г.<sup>1</sup>, Ларин И.Ф.<sup>1</sup>, Матвеев В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Распад  $\pi^0$ -мезона на два гамма кванта играет важную роль в исследовании аномальных явлений в КХД. Амплитуда распада  $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$  определяется киральной аномалией, возникающей при взаимодействии кварков с электромагнитным полем. В киральном пределе амплитуда этого распада точно предсказывается теорией и выражается через постоянную тонкой структуры, константу распада  $\pi^0$ -мезона и число цветовых состояний кварков. С учетом поправок на ненулевые массы кварков, теория предсказывает ширину распада  $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$  с точностью 1%. Поэтому измерение этой величины со сравнимой точностью позволило бы проверить одно из фундаментальных предсказаний КХД. В эксперименте PrimEx-2 ширина двухфотонного распада  $\pi^0$ -мезона определяется с использованием эффекта Примакова из измерения сечения фоторождения  $\pi^0$ - мезонов в кулоновском поле ядер углерода и кремния. В отличие от предыдущих измерений, основанных на эффекте Примакова, в эксперименте PrimEx впервые использовался пучок меченых фотонов с энергией 5 ГэВ, образованных в тонкой мишени электронами с первичной энергией 6 ГэВ от электронного ускорителя лаб. им. Т.Джефферсона. Фотоны от распада нейтрального пиона детектировались в гибридном калориметре на основе вольфрамата свинца и свинцового стекла. В результате эксперимента определена ширина распада нейтрального пи-мезона на два гамма кванта  $\Gamma(\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma) = 7,80 \text{ эВ} \pm 0,06 \text{ эВ} (\text{стат.}) \pm 0,11 \text{ эВ} (\text{сист.})$ . Полная точность измерения составляет 1,6%, что сравнимо с теоретическими расчетами. Данное измерение является лучшим в мире на сегодняшний день. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-02-00938.

# КОММЕНТАРИИ К АДИАБАТИЧЕСКОЙ ТЕОРЕМЕ

Трунин Д.А.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*Московский физико-технический институт (государственный университет)*

## Аннотация

Рассмотрен случай 0 + 1-мерной неравновесной КТП на примере квантовомеханического осциллятора с переменной частотой и  $\lambda\phi^4$  взаимодействием. Показано, что случай адиабатически изменяющейся частоты качественно не отличим от стационарного случая. Петлевые поправки к келдышевскому пропагатору в этом случае инфракрасно расходятся:  $D_n^K(t_1, t_2) \sim \lambda^n(t_1 + t_2)^{n-1}$ , однако рост можно убрать, модифицируя вакуумное состояние свободного гамильтониана. Поправки к запаздывающему и опережающему пропагаторам не расходятся. Этот факт связан с адиабатической теоремой из квантовой механики.

С другой стороны, в случае адиабатически изменяющейся частоты поправки к келдышевскому пропагатору расходятся сильнее, чем в адиабатическом случае:  $D_n^K(t_1, t_2) \sim \lambda^n(t_1 + t_2)^n$ . Более того, от этого роста нельзя избавиться модификацией вакуумного состояния или перенормировкой частоты. Это указывает на секулярный рост заселенности уровней и аномального квантового среднего, связанный с закачкой энергии в систему. При этом теория возмущений перестает работать, поскольку даже при малых  $\lambda$  произведение  $\lambda T \sim 1$ .

Таким образом, на примере простой системы установлено, при каких условиях квазиклассическое (древесное) приближение можно применять для расчета корреляторов и заселенности уровней — понимание этих условий важно для многих приложений, в частности, для исследования коллапса черной дыры, космологической инфляции или рождения частиц в сильных электрических полях.

# РАЗРАБОТКА ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА УСТАНОВКИ BELA

Трушин М.С.<sup>1</sup>, Федин П.А.<sup>1</sup>, Ситников А.Л.<sup>1</sup>, Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Проект BELA (Based on ECR ion source Linac Accelerator) нацелен на выполнение ряда задач, таких как, бор нейтрон-захватная терапия, производство радиоизотопов и создания радиофармпрепаратов. Исследование радиационной стойкости конструкционных материалов и нейтронно-активационного анализа планируются проводится в инжекционном комплексе установки. Источниками заряженных частиц (ионов) для инжекционного комплекса данной установки являются ЭЦР-источники. В данной работе представлен обзор современных действующих вакуумных систем ускорителей заряженных частиц, использующих в качестве источника ионов ЭЦР-источники. Результаты предварительного расчета газовых нагрузок и откачки инжекционного комплекса установки BELA представлены в данной работе.

# НОВЫЙ СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ УСКОРЯЮЩИЙ СПОУК РЕЗОНАТОР НА ЧАСТОТУ 325МГц ДЛЯ $\beta=0.21$

Трушин М.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

В работе представлены результаты разработки геометрии сверхпроводящего (СП) ускоряющего Споук (Spoke) резонатора на частоту 325 МГц и относительную скорость пучка 0,21с. Приведены результаты оптимизации геометрии с целью снижения пиковых электрических и магнитных полей. Показаны численно рассчитанные электродинамические характеристики оптимизированной структуры.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ РАДИАЦИОННО-ДОМИНИРОВАННЫХ УДАРНЫХ ВОЛН

Урвачев Е.М.<sup>1</sup>, Глазырин С.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В последнее время к сверхновым высокой мощности приковано значительное внимание, в частности для развития новых первичных методов измерения космологических расстояний. Один из сценариев образования таких объектов состоит в распространении радиационно-доминированных ударных волн по плотной среде. В таких волнах динамика определяется излучением, и ее полноценное описание требует решений уравнений бoльцмановского переноса, согласованных с гидродинамикой, что очень ресурсоемко. Однако, общие закономерности можно получить и с помощью более простых моделей. В данной работе рассматривается движение сильной ударной волны с учетом одной из приближенных моделей переноса излучения (M1-модель) и производится численное моделирование на основе многомерного параллельного кода Front3D. Показано, что в многомерных расчетах в такой постановке воспроизводится одномерная структура радиационно-доминированной ударной волны: образуется так называемый «плотный слой», который оказывается неустойчивым. Показано, что данная неустойчивость относится к неустойчивости типа Рэлея-Тейлора.

# РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ЭЦР ИСТОЧНИКА ДЛЯ СТЕНДА ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фаткуллин Р.Д.<sup>1</sup>, Селезнев Д.Н.<sup>1</sup>, Семенников А.И.<sup>1</sup>, Богомолов С.Л.<sup>2</sup>,  
Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

<sup>2</sup>*Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова, Объединенный Институт Ядерных  
Исследований*

## Аннотация

В настоящее время в НИЦ «Курчатовский Институт» – ИТЭФ ведутся работы по разработке компактного 2.45 ГГц ЭЦР ионного источника. Данное оборудование планируется применить на экспериментальном стенде для изучения радиационной стойкости конструкционных материалов, используемых при производстве ядерных реакторов нового поколения. При проектировании конструкции нового источника был применен опыт работ с похожим источником в ЛЯР ОИЯИ, учтены недостатки последнего и предложены новые конструкторские и технические решения. Главным отличием от уже существующих образцов подобного оборудования является возможность изменения геометрии резонатора источника в режиме непрерывной эксплуатации (без напуска атмосферы и разборки источника), что позволяет настраивать источник при изменяющихся условиях согласования при горящем разряде в камере. Помимо этого в источнике применена компактная магнитная система, основанная на постоянных неодимовых магнитах.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ИОННОМ ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ТИПР

Федин П.А.<sup>1</sup>, Куйбида Р.П.<sup>1</sup>, Никитин А.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Деградация материалов, обусловленная радиационными повреждениями, является ограничивающим фактором при выборе конструкционных материалов для современных ядерных реакторов и термоядерных установок. Проведение экспериментов с использованием нейтронного реакторного облучения, требует больших затрат, как финансовых так и временных (облучение до десятков смещений на атом длится, как правило, несколько лет). Облучение тяжелыми ионами является эффективным средством для проведения ускоренных испытаний для оценки радиационной стойкости структурно-фазового состояния материалов. В НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ образцы перспективных сталей и сплавов облучаются на линейном ускорителе ТИПр (Тяжело-Ионный Прототип) пучком ускоренных тяжелых ионов (Fe, Ti, V, ...) с энергией 100 кэВ/нуклон до флюенсов  $10^{17}$  ионов/см<sup>2</sup>. При облучении исследуемые образцы могут нагреваться до 700 °С. Образцы, облученные тяжелыми ионами, анализируются с помощью просвечивающей электронной микроскопии и атомно-зондовой томографии. Показаны результаты просвечивающей электронной микроскопии стали Eurofer97, облученной при 300 °С до  $10^{16}$  ионов/см<sup>2</sup>.



# СЦЕНАРИИ МССМ С ЛЕГКИМИ БОЗОНАМИ ХИГГСА

Федотова Е.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

## Аннотация

Построено однопетлевое приближение эффективного хиггсовского потенциала Минимальной суперсимметричной Стандартной Модели (МССМ), разложенного до операторов размерности "шесть" по полям. В модельно-зависимом случае с ресуммированным эффективным потенциалом шестой степени, индуцируемым членами мягкого нарушения суперсимметрии, получены однопетлевые пороговые поправки сектора "скалярные кварки третьего поколения-бозоны Хиггса" в форме аналитических выражений для эффективных констант связи самовзаимодействия полей Хиггса МССМ. Приведены аналитические оценки значений параметров МССМ, при которых полученные радиационные поправки становятся существенными. Предложен чувствительный к новым вкладам сценарий МССМ —  $low-m_A$ , согласно которому масса CP-нечетного бозона Хиггса может быть порядка 5-90 ГэВ, а наблюдаемым бозоном Хиггса с массой 125 ГэВ является легкий CP-четный скаляр  $h$ .

# РАЗРАБОТКА КАНАЛА ТРАНСПОРТИРОВКИ ИОННОГО ПУЧКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТОРМОЗНЫХ ПОТЕРЬ МНОГОЗАРЯДНЫХ ТЯЖЁЛЫХ ИОНОВ НИЗКОЙ ЭНЕРГИИ В ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЕ

Хабибуллина Е.Р.<sup>1</sup>, Гаврилин Р.О.<sup>1</sup>, Федин П.А.<sup>1</sup>, Высоцкий С.А.<sup>1</sup>,  
Кулевой Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В ИТЭФ на ускорителе ТИПр-1 (Тяжелоионный Прототип) проводятся экспериментальные работы по измерению тормозных потерь многозарядных тяжёлых ионов низкой энергии в газоразрядной плазме. Ускоритель ТИПр-1 с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой обеспечивает ускорение ионов до 100 кэВ/нуклон. Вакуумно-дуговой источник ионов металлов данного ускорителя может генерировать пучки ионов с широким спектром масс от  $C^+$  до  $U^{4+}$ . Для изучения процессов торможения в ионизированном веществе в ИТЭФ была создана высокоточная газоразрядная плазменная мишень с плотностью свободных электронов до  $10^{17}$  см<sup>-3</sup> при температуре до 2 эВ. Проведены первые тестовые испытания по настройке вакуумной системы в тракте, в результате которых были установлены параметры диафрагм на входе и выходе исследуемой мишени. На основании моделирования динамики пучка определены параметры ионно-оптических элементов и их положение в транспортном канале для обеспечения максимально возможной интенсивности пучка после прохождения диафрагм в плазменной мишени.

# СКОРОСТЬ ЗВУКА В ГЛЮОДИНАМИКЕ И КВАРКГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЕ

Хайдуков З.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## **Аннотация**

Скорость звука в кваркглюонной плазме играет важную роль для понимания физики, связанной с БАК (например, для описания процесса термализации). В окладе будет описан метод, который позволяет вычислить скорость звука в случае чистой глюодинамики а такж в случае КХД с (2+1) ароматом, будут приведены результаты численных расчетов и проведено сравнение с решеточными показаниями

# ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ АТОМНО-ЗОНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЛИ 12CRODS ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

Хомиц А.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>, Разницын О.А.<sup>1</sup>, Лукьянчук А.А.<sup>1</sup>,  
Шутов А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Одной из важных проблем, касающейся создания новых реакторов деления и синтеза является разработка материалов для активной зоны реактора. Эксплуатационные свойства новых материалов должны быть лучше по сравнению с уже имеющимися. Например, радиационная стойкость до 200 сна (смещений на атом), сохранение механических свойств при температурах больше 700 °С и прочее. Одним из кандидатов способных удовлетворить данным требованиям является дисперсно-упрочненные оксидами (ДУО) стали. Механические свойства ДУО сталей в значительной степени зависят от наноструктуры материала: размера и пространственного распределения дисперсных включений (оксидные частицы и кластеры). Известно, что такие элементы как Ti и V влияют на образование наноразмерных частиц, уменьшая их размер и увеличивая их плотность. С данной точки зрения важно изучать модельные ДУО стали с различными системами легирования. Данный подход может позволить углубиться в понимание процессов формирования наноструктуры ДУО материалов, в зависимости от их изначального состава. Более того, изучение поведения стабильности включений при облучении, в том числе с применением различных моделирующих воздействий, таких как облучение тяжелыми ионами, является важным вопросом, из-за применение ДУО сталей в ядерных реакторах. В данной работе модельная ферритно-мартенситная сталь 12Cr-1.1W-0.2V-0.3Ti-0.3Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, произведенная в Корейском Атомном Энергетическом Исследовательском Институте (KAERI), была облучена ионами железа  $Fe^{2+}$  до дозы 9 сна при комнатной температуре, и затем исследована с помощью прототипа атомно-зондового томографа с лазерным типом испарения, разработанным в Институте Теоретической и Экспериментальной Физики (ИТЭФ). Получено трехмерное распределение элементов в исследованных объемах материала. Обнаружены кластеры, обогащенные преимущественно по таким элементам как Ti, O и Y в обоих состояниях. Наблюдался эффект увеличения среднего размера кластеров с 4 нм в исходном состоянии до 5 нм после облучения без значительных изменений их плотности ( $10^{23} \text{ м}^{-3}$ ). Отношения концентраций элементов Y/Ti, Y/(Ti+V), (Ti+V+Y)/O в кластерах остаются постоянными в пределах погрешности, что говорит о стабильности данных кластеров к облучению тяжелыми ионами железа при комнатной температуре до дозы 8 сна.

# ПРЕЦИЗИОННАЯ ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ С ПОМОЩЬЮ ФОКУСИРОВАННОГО ИОННОГО ПУЧКА В РАСТРОВОМ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОМ МИКРОСКОПЕ

Хорошилов В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Атомно-зондовая томография (АЗТ) является современным и динамично развивающимся методом исследования материалов, позволяющим изучать строение вещества на атомном уровне. Физические принципы этого метода накладывают серьёзные ограничения на размер, форму и электропроводность исследуемого объекта. Для приготовления образцов из широкого спектра материалов применяется растровый электронно-ионный микроскоп (РЭИМ) с системой напыления вещества и микроманипулятором. С 2003 года в ИТЭФ работает установка по АЗТ, а в 2016 запущен прототип АЗТ с лазерным испарением. Наряду с запуском нового томографа в лаборатории ведутся работы по совершенствованию методики приготовления образцов с помощью РЭИМ. В докладе представлены результаты внедрения, успешного применения и совершенствования методики приготовления образцов из материалов с различными физическими свойствами.

# УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ МОЩНОГО КОРОТКОГО ИМПУЛЬСА $CO_2$ ЛАЗЕРА.

Хрисанов И.А.<sup>1</sup>, Сатов Ю.А.<sup>1</sup>, Лосев А.А.<sup>1</sup>, Шумшуров А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Описаны результаты исследования экспериментальными и расчетными методами схемы генерации мощного короткого импульса  $CO_2$  лазера. Эта схема основана на основе эффекта «компрессии» лазерного импульса при нелинейном усилении при условии создания определенного закона нарастания фронта импульса. Необходимое для проявления этого эффекта формирование специальной формы импульса на линии Р20-10 мкм полосы на входе в усилитель создается в нелинейно-поглощающей ячейке с газовой смесью  $SF_6 + N_2$ . Создана феноменологическая модель распространения импульса излучения  $CO_2$  лазера в резонансно-поглощающей среде. В рамках исследования проведена разработка и изготовлена поглощающая ячейка, расчетным путем оптимизированы ее параметры, что гарантирует существенное «укручение» фронта нарастания излучения при ее прохождении. Кроме того, изменение параметров ячейки позволяет управлять длительностью и мощностью импульса на выходе генератор-усилительной схемы в достаточно широких пределах. Это дает возможность оптимизации и оперативной перестройки характеристик лазерного импульса для генерации максимального количества ионов необходимого сорта и требуемой зарядности. Ожидается, что достигнутые характеристики лазерного излучения позволят получать достаточное количество ионов  $C^{4+} \div C^{6+}$ ,  $Al^{9+} \div Al^{11+}$ ,  $W^{8+}$  для планируемых прикладных работ с использованием инжекторов И-3, И-4. Разработанная технология формирования мощных импульсов  $CO_2$  лазера в схеме «генератор-усилитель» может обеспечить получение необходимого числа частиц  $Au^{32+}$  в проекте NICA.

# ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ВОДОРОДНОЙ МИШЕНИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ТОРМОЖЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ИОНИЗОВАННОМ ВЕЩЕСТВЕ

Хурчиев А.О.<sup>1</sup>, Гаврилин Р.О.<sup>1</sup>, Голубев А.А.<sup>1</sup>, Кузнецов А.П.<sup>1</sup>,  
Канцырев А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Определению тормозной способности вещества для пучков заряженных частиц, в частности тяжёлых ионов, посвящено большое количество экспериментальных и теоретических работ [1]. Вопрос об энергетических потерях ионов в холодном и ионизованном веществе крайне важен не только при разработке мишеней инерциального термоядерного синтеза, но имеет и целый ряд практических приложений в медицине, материаловедении, ускорительной физике. В соответствии с теоретическими представлениями [2] плазма должна обладать более высокой тормозной способностью по сравнению с неионизованным газом при одинаковых плотностях. При сравнительном анализе торможения тяжёлых ионов в плазме и холодном веществе необходимо установление однозначного соответствия между тормозной способностью плазмы и ее параметрами: плотностью свободных электронов и средней степенью ионизации вещества [3]. Для измерения этих величин была аппаратно реализована двухволновая квадратурная методика. Информацию об электронной концентрации можно получить из измерения фазовых сдвигов зондирующей электромагнитной волны с применением интерференционных методов [4]. Разделение вклада в фазовый сдвиг зондирующей электромагнитной волны, вносимого электронами, и вклада тяжёлых ионов возможно благодаря сильной дисперсии плазмы. Для этого необходимо проводить измерения одновременно на нескольких длинах волн. По измеренным фазовым сдвигам одновременно на двух длинах волн можно получить значения линейной электронной плотности и плотности нейтральных частиц. Для диагностики плазмы водородной мишени была применена схема квадратурного интерферометра с непрерывным одночастотным He-Ne лазером с длиной волны  $\lambda = 632,8$  нм и непрерывным одночастотным твердотельным лазером на кристалле YVO<sub>4</sub>:Nd<sup>3+</sup> с внутриврезонаторной генерацией второй гармоники ( $\lambda = 532$  нм). Применение квадратурной методики фотоэлектрической регистрации позволяет устранить нелинейную дифференциальную чувствительность интерференционных измерений. Проведенные измерения показали, что изменением начального давления водорода в диапазоне 1 – 3,5 торр и напряжения 3 – 6 кВ на конденсаторной батарее можно изменять величину линейной электронной плотности в диапазоне от  $2,6 * 10^{17} \text{ cm}^{-2}$  до  $6,9 * 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ .

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-02-00967

- [1] Фортов В. Е., Хофман Д., Шарков Б. Ю. // УФН. т.178, №2, с. 113 (2008)  
[2] Баско М. М. // Физика плазмы, с. 10, 1195 (1984)

[3] А. П. Кузнецов, О. А. Бялковский, Р. О. Гаврилин, А. А. Голубев, В. И. Туртиков, А. В. Худомясов. Измерение электронной плотности и степени ионизации плазмы водородной мишени в экспериментах по торможению пучков тяжелых ионов в ионизованном веществе // Ядерная физика и инжиниринг, 2012, том 3, № 6, с. 526-533

[4] Кузнецов А. П., Савелов А. С. // Энциклопедия низкотемпературной плазмы под ред. В.Е. Фортова. Серия Б, том V-1, М., ЯНУС-К, с. 586 (2006)



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ПРОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ВНУТРИГЛАЗНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

Черных А.Н.<sup>1</sup>, Карпунин А.Н.<sup>1</sup>, Хорошков В.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатовский институт»*

## Аннотация

Исследования в области применения протонной лучевой терапии (ПЛТ) в онкоофтальмологии начались в 1976 г. в Гарвардской лабораторией в США, затем в 1977 г. исследования начались в Москве ИТЭФ совместно со специалистами Московского Научно-исследовательского института глазных болезней им. Гельмгольца, в 1984 г. в Европе в институте Пауля Шерера (PSI). В настоящее время из 65 действующих центров ПЛТ работает 7 специализированных онкоофтальмологических центра, а во все остальные центры в большинстве своем оборудованы специализированными установками для онкоофтальмологических больных. На сегодняшний день более 15000 онкоофтальмологических больных с внутриглазными новообразованиями получили лечение методом протонной лучевой терапии. Основным диагнозом внутриглазных новообразований является увеальная меланома – в 98% случаев. При больших размерах опухоли, ПЛТ является практически единственным методом лечения, позволяющим сохранить не только глаз, но и зрение. На большом статистическом материале показано, что резорбция опухоли достигается в 98 % случаев, причём функция зрения (в той или иной степени) сохраняется у 70 % пациентов. Хотелось бы отметить, что ПЛТ является не единственным методом лечения внутриглазных новообразований, наряду с ПЛТ применяются и другие методы лучевого лечения, такие как брахитерапия – контактный метод с использованием специальных аппликаторов с радиоактивным веществом и установки Гамма-нож. Но брахитерапия подобных злокачественных новообразований возможна лишь при толщинах опухоли до 3 мм, а при использовании установки Гамма-нож число постлучевых осложнений достигает 67% (при ПЛТ этот показатель не превышает 5-10%). Наибольшие возможности для лечения внутриглазных злокачественных новообразований предоставляет протонная лучевая терапия. При таком лечении резорбция опухоли достигается в 98 % случаев, причём функция зрения (в той или иной степени) сохраняется у 70 % пациентов. В статье представлен обзор технологических этапов протонной лучевой терапии для внутриглазных новообразований и результаты совместной работы НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ и НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ по внедрению технологий в рамках разработки комплекса протонной лучевой терапии на основе ускорителя Ц-80.

# КВАНТОВЫЕ ОБОЛОЧЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ В СЖАТЫХ ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЯХ СУБМИКРОННОГО РАЗМЕРА

Шидловский Д.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В данной работе рассматривается влияние квантовых оболочечных эффектов в распределении вырожденных электронов на динамику сжатия пузырей ионизованного газа с размером от нескольких нанометров до микрона. В предыдущих работах по этой теме было показано наличие неоднородностей порядка размера системы в распределении электрического потенциала в статичной сферически-симметричной системе, как для модели свободных электронов (аналитически и численно), так и в расчетах для газовых пузырей с использованием метода функционала плотности (DFT). Предполагается, что осцилляции плотности электронов и электростатического потенциала в сферически-симметричной системе при сжатии могут приводить к генерации ионно-звуковых и ударных волн, сходящихся к центру. Эти волны, в свою очередь, усиливают нагрев вещества в центре сжимаемого пузыря из-за кумулятивного эффекта. Для динамических расчетов сжатия предлагается использовать уравнения квантовой гидродинамики для вырожденных электронов и классических ионов с добавлением осцилляционного потенциала для учета квантовых эффектов. Также рассматривается возможность использования метода DFT для получения распределения электронов в динамических расчетах.

# МАГНИТОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Ba(Fe<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>

Шипулин И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук*

## Аннотация

В работе изучены структурные и сверхпроводящие свойства тонких эпитаксиальных пленок Ba(Fe<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>)<sub>2</sub>As<sub>2</sub> (x=0.035, 0.05 и 0.08), полученные методом импульсного лазерного осаждения. Температура сверхпроводящего перехода составила 20.9 К, 21.3 К и 10.8 К для номинальных концентраций никеля x=0.035, 0.05 и 0.08, соответственно. Обнаружен большой вклад электрон-электронного взаимодействия в процессы рассеяния. Критические поля для Ba(Fe<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>)<sub>2</sub>As<sub>2</sub> (x=0.035 и 0.05) значительно выше, чем для монокристаллов, а в механизме разрушения сверхпроводимости отсутствует заметный вклад от спин-орбитального взаимодействия.

# ЭФФЕКТ АНОМАЛЬНОГО ПРОПУСКАНИЯ ПРИ ДИФРАКЦИИ ПУЧКОВ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ КОНЕЧНОЙ ШИРИНЫ

Шмайснер Й.<sup>1</sup>, Тюлюсов А.Н.<sup>1</sup>, Елютин Н.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

В экспериментах по рассеянию нейтронов широко применяются апертурные системы. Во-первых, их применение может быть непосредственно продиктовано условиями опыта, например, для сканирования пространственной зависимости свойств изучаемого объекта. Во-вторых, для коллимации пучка и уменьшения его угловой расходимости. В работе изучается влияние ограниченности апертуры нейтронного пучка на эффект аномального пропускания для случаев слабого и сильного поглощения в модели рассеяния нейтронов на совершенном монокристалле произвольной толщины.

# РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Шутов А.С.<sup>1</sup>, Лукьянчук А.А.<sup>1</sup>, Разницын О.А.<sup>1</sup>, Рогожкин С.В.<sup>1</sup>,  
Никитин А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ  
«Курчатовский институт»*

## Аннотация

Атомно-зондовая томография позволяет исследовать 3х-мерные распределения химических элементов в материалах с атомарным разрешением. В рамках развития методики в ИТЭФ разрабатывается прототип атомно-зондового томографа с лазерным испарением и 120-ти миллиметровой DLD-детектирующей системой ПАЗЛ-3D. Эти особенности позволяют прибору проводить исследования различных типов материалов, а также собирать существенные объемы данных, порядка 50x50x1000 нм<sup>3</sup>. Проведенная работа по оптимизации и адаптации базовых алгоритмов восстановления позволила достичь высокой точности восстанавливаемых данных. Однако, в рамках проводимых исследований была выявлена проблема низкого быстродействия основных алгоритмов анализа. Таким образом, возникла необходимость разработать новые или модернизировать существующие аналитические методы, позволяющие проводить экспресс, и полный атомно-зондовый анализ с высокой скоростью. В настоящей работе рассматриваются основные методы анализа, используемые в атомно-зондовой томографии для обнаружения и характеристики особенностей структурно-фазового состояния материала. Представлены реализованные и модернизированные методы обработки данных, такие как методы ближайших соседей, парно-корреляционные методы, алгоритмы частотного анализа, а также построение изоповерхностей. Продемонстрировано возросшее в несколько раз быстродействие модернизированных алгоритмов. Предложены шаги по внедрению новых цифровых технологий для дальнейшего ускорения их работы. Также представлены планируемые к реализации, в рамках развития атомно-зондовой томографии в ИТЭФ, методы обработки данных, такие как проксиграм-анализ, анализ локальных химических обогащений, «Point-to-Point» анализ. На примере экспериментов по исследованию наноструктурированных многокомпонентных сплавов продемонстрированы особенности применения различных методов обработки данных атомно-зондовой томографии.

# ВНУТРЕННЯЯ ИОНИЗАЦИЯ АТОМА ПРИ БЕТА РАСПАДЕ ТРИТИЯ

Тырин К.С.<sup>1</sup>, Криворученко М.И.<sup>2</sup>, Шимковиц Ф.Ф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>НИИЦ «Курчатовский институт»

<sup>2</sup>Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИИЦ «Курчатовский институт»

<sup>3</sup>Университет им. Коменского (Братислава, Словакия)

## Аннотация

Рассмотрена задача о внутренней ионизации при бета распаде трития за счет неупругого рассеяния бета электрона на оболочке атома. Найдена полная вероятность процесса на один акт распада. Построены распределения по импульсу и кинетической энергии выбитого электрона. Найдена поправка к форме бета спектра, обусловленная эффектом внутренней ионизации. Во всех вычислениях учитывается тождественность электронов. Расчеты модифицированного спектра представляют интерес для эксперимента KATRIN, предназначенного для измерения массы электронного нейтрино. Высокая светимость источника также позволяет проводить поиск стерильных нейтрино с массой масштаба кэВ в средней части бета спектра. Стерильные нейтрино в диапазоне масс кэВ рассматриваются как кандидаты на роль темной материи Вселенной [1].

[1] P. O. Ludl, W. Rodejohann, JHEP 1606 (2016) 040

## ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Айрапетянц В.М.	13
Акимов Д.Ю.	52 69
Алеев А.А.	68
Алексеев С.О.	14
Андрейчиков М.А.	15
Андрианов С.Л.	16
Анемподистов П.А.	17
Анохина А.С.	18
Астраханцев Л.Н.	20
Астраханцев Н.Ю.	19
Афанасьев С.В.	45
Ахмедов Э.Т.	17
Балануца П.В.	21 78
Барабин С.В.	96
Белоусов А.В.	63
Беспалова О.В.	50
Бишлер Л.В.	23
Бобырь Н.П.	85
Богачев А.А.	24
Богданов А.В.	25 53 101
Богомоллов С.Л.	111
Боков А.В.	26 54
Болоздыня А.И.	69
Бояркина О.А.	27
Брагута В.В.	64
Бяков В.М.	26
Васильев А.А.	66
Васильев М.А.	28
Волков В.А.	25 29
Воронина Ю.С.	35
Высоцкий М.И.	33 44
Высоцкий С.А.	30 114
Гаврилин Р.О.	30 114 119
Гаврилов В.Б.	105
Гаврилюк А.А.	31
Герасимов А.С.	21 62 78
Глазырин С.И.	32 110
Годунов С.И.	33
Голубев А.А.	30 53 101 119
Грашин П.А.	35
Греков А.М.	34
Давыдов А.С.	35 61
Данилина А.В.	36
Деденко Л.Г.	69
Демидов Д.Н.	37
Дигуров А.С.	38
Дмитриев А.Е.	39
Додонова А.И.	40

Долголенко А.Г.	106
Доренская Е.А.	41
Егоров В.О.	42
Елютин Н.О.	124
Ершова А.М.	43
Жемчугов Е.В.	33 44
Жигарева Н.М.	45 92
Забродин А.В.	34
Захарова П.С.	46
Зиятдинова А.В.	47
Зотов А.В.	28 34
Иванова И.Д.	17
Идалов В.А.	83
Илюхина О.В.	26
Искандаров Н.А.	48
Канцырев А.В.	21 25 30 53 62 78 101 119
Карпов М.В.	26
Карпунин А.Н.	121
Кирин Д.Ю.	49
Климочкина А.А.	50
Клопиков Е.Б.	83
Козлов А.В.	100
Козлова Е.С.	52
Колесников Д.С.	25 53 101
Коннычев М.А.	54
Коновалов А.М.	56
Корпачев С.С.	57
Корчуганова О.А.	58
Котов А.Ю.	59 64
Краевский С.В.	54 60
Краснов А.А.	61
Кристи Н.М.	62
Крусанов Г.А.	63
Кудров И.Е.	64
Кузнецов Д.Д.	65
Кузнецов А.П.	119
Куйбида Р.П.	85 112
Кулевой Т.В.	16 47 85 96 100 108 111 112 114
Ларин И.Ф.	106
Литвинов М.В.	14
Лосев А.А.	66 118
Лукашов М.С.	67
Лукьянчук А.А.	48 68 86 116 125
Лукьяшин А.В.	69
Лупарь Е.Э.	83
Луцевская Е.В.	21 62 78
Лякин Д.А.	96
Лямкин П.В.	54 70
Маракулин А.О.	71
Матвеев В.А.	106



Матюнин В.И.	72
Миронов С.А.	73
Миткин П.Г.	74
Мишняков В.В.	75
Мусаев Э.Т.	90
Никитенко Я.В.	76
Никитин А.А.	16 24 46 47 112 125
Никитин Н.В.	36
Николаев А.А.	64
Новиков В.А.	33
Орлов А.Ю.	96
Павшинкин Д.В.	77
Панюшкин В.А.	21 62 78
Перейма Д.Ю.	79
Пикалов А.Б.	80
Пичкуренко С.В.	81
Погорелов Н.А.	82
Пономарева П.В.	83
Поташов М.Ш.	84
Потехин А.А.	48
Прянишников К.Е.	85
Разницын О.А.	13 68 86 116 125
Рамакоти Е.Н.	31 87
Рогожкин С.В.	13 16 24 39 47 48 54 68 86 112 116 125
Роевко А.А.	88
Рудик Д.Г.	89
Рудинский Д.А.	90
Саврина Д.В.	91
Сакулин Д.Г.	45 92
Самигуллин Э.И.	93
Сандул В.С.	94
Саратовских М.С.	96
Сатов Ю.А.	66 118
Свешников К.А.	35 61 88
Селезнев Д.Н.	100 111
Семенников А.И.	97 111
Семёнов Ю.А.	41
Сечин И.А.	98
Сибиряков С.М.	71
Сивак А.Б.	37
Сивак П.А.	37
Симаков Г.Е.	99
Симонов Ю.А.	15 67
Ситников А.Л.	100 108
Скобляков А.В.	25 53 101
Скробова Н.А.	103
Соколов А.В.	104
Ставинский А.В.	45
Степанов С.В.	26
Степеннов А.Д.	105

Тарасов В.В.	106
Трунин Д.А.	107
Трушин М.С.	108 109
Тырин К.С.	126
Тюлюсов А.Н.	124
Урвачев Е.М.	110
Фаткуллин Р.Д.	111
Федин П.А.	47 48 85 100 108 112 114
Федотова Е.Ю.	113
Феофилов Г.А.	94
Филатов В.В.	81
Хабибуллина Е.Р.	114
Хайдуков З.В.	115
Хомич А.А.	116
Хорошилов В.В.	117
Хорошков В.О.	121
Хрисанов И.А.	66 118
Хурчиев А.О.	30 119
Цукерман И.И.	31
Черных А.Н.	121
Черняев А.П.	63
Шидловский Д.С.	122
Шипулин И.А.	123
Шмайснер Й.	124
Шумшуров А.В.	66 118
Шутов А.С.	39 68 86 116 125
Этенко А.В.	69