

МЕЖДУНАРОДНАЯ СЕССИЯ-КОНФЕРЕНЦИЯ  
СЕКЦИИ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ОФН РАН

**«ФИЗИКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ»**

**Москва, 17 – 21 ноября 2014 г.**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Москва 2014

Российская академия наук  
Отделение физических наук  
Секция ядерной физики  
Министерство образования и науки РФ  
Национальный исследовательский ядерный университет  
"МИФИ"

МЕЖДУНАРОДНАЯ СЕССИЯ-КОНФЕРЕНЦИЯ  
СЕКЦИИ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ОФН РАН

**«ФИЗИКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ»**

**Москва, 17 – 21 ноября 2014 г.**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва 2014

УДК 539.1  
ББК 22.383  
М43

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕССИИ-  
КОНФЕРЕНЦИИ СЕКЦИИ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ОФН  
РАН «ФИЗИКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ». М.: НИЯУ МИФИ, 2014.  
156 с.

Публикуемые тезисы содержат краткое изложение докладов, представленных на международную сессию-конференцию секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий», 17 – 21 ноября 2014 г.

Тезисы получены до 10 ноября 2014 г.,  
издаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-7262-2032-1

© Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», 2014

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Стриханов М.Н.	ректор НИЯУ МИФИ	Председатель, НИЯУ МИФИ
Данилов М.В.	член-корреспондент РАН	Зам. председателя, ИТЭФ, НИЯУ МИФИ
Петрухин А.А.	доктор физ.-мат. наук	Зам. председателя, НИЯУ МИФИ
Барбашина Н.С.	кандидат физ.-мат. наук	Секретарь Оргкомитета, НИЯУ МИФИ
Абов Ю.Г.	член-корреспондент РАН	ИТЭФ НИЦ КИ
Бедняков В.А.	доктор физ.-мат. наук	ОИЯИ
Беляев С.Т.	академик	НИЦ КИ
Бондарь А.Е.	член-корреспондент РАН	ИЯФ СО РАН
Боос Э.Э.	доктор физ.-мат. наук	НИИЯФ МГУ
Воробьев А.А.	член-корреспондент РАН	ПИЯФ НИЦ КИ
Высоцкий М.И.	член-корреспондент РАН	ИТЭФ НИЦ КИ
Гальпер А.М.	доктор физ.-мат. наук	НИЯУ МИФИ
Герштейн С.С.	академик	ИФВЭ НИЦ КИ
Далькаров О.Д.	доктор физ.-мат. наук	ФИАН
Данилян Г.В.	член-корреспондент РАН	ИТЭФ НИЦ КИ
Денисов С.П.	академик	ИФВЭ НИЦ КИ
Дмитриева А.Н.	кандидат физ.-мат. наук	НИЯУ МИФИ
Зайцев А.М.	доктор физ.-мат. наук	ИФВЭ НИЦ КИ
Иванов С.В.	академик	ИФВЭ НИЦ КИ
Иоффе Б.Л.	член-корреспондент РАН	ИТЭФ НИЦ КИ
Казаков Д.И.	доктор физ.-мат. наук	ОИЯИ
Кекелидзе В.Д.	доктор физ.-мат. наук	ОИЯИ
Кокоулин Р.П.	доктор физ.-мат. наук	НИЯУ МИФИ
Коршенинников А.А.	член-корреспондент РАН	НИЦ КИ
Куденко Ю.Г.	доктор физ.-мат. наук	ИЯИ РАН
Липатов Л.Н.	академик	ПИЯФ НИЦ КИ
Матвеев В.А.	академик	ОИЯИ
Морозов А.Ю.	член-корреспондент РАН	ИТЭФ НИЦ КИ
Образцов В.Ф.	член-корреспондент РАН	ИФВЭ НИЦ КИ
Оганесян Ю.Ц.	академик	ОИЯИ
Окунь Л.Б.	академик	ИТЭФ НИЦ КИ
Ритус В.И.	член-корреспондент РАН	ФИАН
Рубаков В.А.	академик	ИЯИ РАН
Рубин С.Г.	доктор физ.-мат. наук	НИЯУ МИФИ
Скринский А.Н.	академик	ИЯФ СО РАН
Славнов А.А.	академик	МИ им. В.А. Стеклова РАН
Черепанова О.С.	зам. начальника отдела	ОФН РАН
Хриплович И.Б.	член-корреспондент РАН	ИЯФ СО РАН
Ширков Д.В.	академик	ОИЯИ
Яшин И.И.	доктор физ.-мат. наук	НИЯУ МИФИ

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Обзорные доклады .....</b>	<b>16</b>
Последние результаты эксперимента Борексино О.Ю.СМИРНОВ от коллаборации Борексино .....	16
Результаты экспериментов с детектором СНД на $e^+e^-$ коллайдере ВЭПП-2000 Л.В.КАРДАПОЛЬЦЕВ.....	16
Экспериментальное изучение времениподобных электромагнитных формфакторов барионов С.И.СЕРЕДНЯКОВ, В.П.ДРУЖИНИН.....	17
Электромагнитные свойства нейтрино: окно в новую физику А.И.СТУДЕНИКИН .....	17
Экспериментальный комплекс НЕВОД для исследования частиц сверхвысоких энергий И.И.ЯШИН .....	18
Бозону Хиггса исполнилось два года И.И.ЦУКЕРМАН от имени коллабораций ATLAS и CMS .....	19
Изучение процессов квантовой хромодинамики на установке CMS на Большом Адронном Коллайдере О.Л.КОДОЛОВА от коллаборации CMS .....	19
Поиски проявлений суперсимметрии в экспериментах на БАК С.Н.КАРПОВ от коллаборации АТЛАС.....	20
Физика релятивистских соударений тяжелых ионов в широком диапазоне энергий И.П.ЛОХТИН .....	21
Будущие протонные и кольцевые $e^+e^-$ коллайдеры на высокую энергию В.И.ТЕЛЬНОВ .....	21
<b>Результаты ЛHC .....</b>	<b>22</b>
Рождение D и B мезонов на Большом Адронном Коллайдере в реджевском пределе квантовой хромодинамики М.А.НЕФЕДОВ, А.В.КАРПИШКОВ, В.А.САЛЕЕВ, А.В.ШИПИЛОВА.....	22
Поиск аномальных связей в вершине $Wtb$ в данных детектора CMS на 7 и 8 ТэВ с помощью метода введения дополнительных полей М.А.ПЕРФИЛОВ .....	23
Поиск физики за рамками стандартной модели в эксперименте CMS М.В.САВИНА от имени коллаборации CMS .....	23
Поиск долгоживущих многозарядных тяжёлых частиц в эксперименте ATLAS на БАК ЦЕРН Ю.С.СМИРНОВ, О.В.БУЛЕКОВ, А.С.РОМАНЮК.....	24
Search for anomalous $Wtb$ couplings and top FCNC in t-channel single-top-quark events at CMS Н.А.ЦИРОВА от коллаборации CMS .....	25

Поиск дополнительных пространственных измерений в эксперименте CMS С.В.ШМАТОВ от коллаборации CMS (Компактный мюонный соленоид) .....	25
Изучение процессов множественного рождения частиц в событиях со струями в эксперименте CMS С.Г.ШУЛЬГА от коллаборации CMS ...	26
<b>Мягкая физика.....</b>	<b>27</b>
Предварительные результаты поиска суточных и годовых вариаций периода полураспада $^{214}\text{Po}$ <u>Е.Н.АЛЕКСЕЕВ</u> , Ю.М.ГАВРИЛЮК, А.М.ГАНГАПШЕВ, В.В.КАЗАЛОВ, В.В.КУЗЬМИНОВ, С.И.ПАНАСЕНКО, С.С.РАТКЕВИЧ.....	27
Фоторождение $\rho$ мезонов с лидирующим нейтроном на коллайдере ГЕРА Я.А.ВАЗДИК от коллаборации H1 .....	28
Экспериментальные исследования сечения реакции $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$ в области E1 гигантского резонанса Л.З. ДЖИЛАВЯН.....	28
От исследования ABC эффекта до обнаружения дибариона $d^*(2380)$ Е.А.ДОРОШКЕВИЧ, WASA-at-COSY .....	29
Парциально-волновой анализ системы $\pi^+\pi^-\pi^+$ на данных модернизированной установки ВЕС И.А.КАЧАЕВ, группа ВЕС .....	30
Кумулятивный процесс преодоления кулоновского барьера в реакциях холодной трансмутации атомных ядер Ю.С. КОПЫСОВ .....	30
Поиск возбужденных состояний изотопа $^6\text{Li}$ Ю.Б.ГУРОВ, <u>Л.Ю.КОРОТКОВА</u> , С.В.ЛАПУШКИН, Р.В.ПРИТУЛА, В.Г.САНДУКОВСКИЙ, Б.А.ЧЕРНЫШЕВ, Т.Д.ЩУРЕНКОВА.....	31
Образование очарованных $\text{Lc}^+$ - барионов в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ. В.Н.РЯДОВИКОВ, Содружество СВД .....	32
Систематика мультиплетов основного состояния атомных ядер в приближении дельта-взаимодействия Т.Ю.ТРЕТЬЯКОВА, Л.Т.ИМАШЕВА, Б.С.ИШХАНОВ, М.Е.СТЕПАНОВ .....	33
Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ с детектором СНД на ВЭПП-2000 Д.А.ШТОЛЬ .....	34
<b>Электрослабые взаимодействия.....</b>	<b>35</b>
Modelling of anomalous $Wtb$ couplings in single top $tW$ -channel and $t\bar{t}b$ process <u>А.ВАСКАКОВ</u> , Е.ВООС, V.BUNICHEV, L.DUDKO, M.PERFILOV.....	35
Изучение эффектов CP-нарушения в распаде $\gamma\gamma \rightarrow H \rightarrow \tau^+\tau^-$ <u>Н.Л.БЕЛЯЕВ</u> <sup>1</sup> , Р.В.КОНОПЛИЧ <sup>2,3</sup> , К.А.ПРОКОФЬЕВ <sup>4</sup> , D.ZANZI <sup>5</sup> .....	35
Парное рождение бозона Хигса в моделях с изотриплетами <u>С.И.ГОДУНОВ</u> , М.И.ВЫСОЦКИЙ, Е.В.ЖЕМЧУГОВ.....	36

Нарушение CP-инвариантности в секторе Хиггса НМССМ А.В.ГУРСКАЯ.....	36
Стабильность вакуума эффективного потенциала Хиггса в двухдублетных моделях М.В.ДОЛГОПОЛОВ .....	37
Ограничения на конечнотемпературный эффективный потенциал от массы бозона Хиггса С.П.ЗАВОДОВ, Э.Н.РЫКОВА .....	38
Поиск солнечных аксионов 5.5 МэВ с помощью аксиоэлектрического эффекта А.С.КАЮНОВ, А.В.ДЕРБИН, С.В.БАХЛАНОВ, И.С.ДРАЧНЕВ, В.Н.МУРАТОВА.....	39
Нестабильные лептоны на основе единого подхода О.С. КОСМАЧЕВ Двухдублетный температурный хиггсовский потенциал в рамках теории катастроф Е.Ю.ПЕТРОВА, М.Н.ДУБИНИН.....	40
<b>Электромагнитные взаимодействия.....</b>	<b>42</b>
Первое измерение спиновых поляризуемостей протона Г.М.ГУРЕВИЧ от коллаборации A2.....	42
Сравнительное изучение скалярных и тензорных мезонов в $\gamma\gamma^*(Q^2)$ столкновениях А.В.КИСЕЛЁВ, Н.Н.АЧАСОВ .....	43
Определение поляризуемостей нейтрона из данных по комптоновскому рассеянию на дейтроне А.И.ЛЬВОВ, М.И.ЛЕВЧУК.....	43
Теория лэмбовского сдвига в ионах мюонного гелия А.П.МАРТЫНЕНКО, А.А.КРУТОВ, Г.А.МАРТЫНЕНКО, Р.Н.ФАУСТОВ.....	43
Резонанс в комптоновском процессе во внешней активной среде Д.А.РУМЯНЦЕВ, А.В.КУЗНЕЦОВ, Д.М.ШЛЕНЕВ.....	44
Закрученные фотоны и электроны как новый инструмент исследований в области физики атомов, ядер и элементарных частиц В.Г.СЕРБО ....	45
Экспериментальное исследование рассеяния релятивистских электронов, пересекающих тонкую плоскую мишень под малым углом к ее поверхности А.В.СЕРОВ <sup>1</sup> , И.А.МАМОНОВ <sup>2</sup> , А.В.КОЛЬЦОВ <sup>1</sup> ....	47
Сверхтонкая структура мюонного дейтерия В.В.СОРОКИН, А.П.МАРТЫНЕНКО, Г.А.МАРТЫНЕНКО, Р.Н.ФАУСТОВ.....	47
Сверхтонкая структура основного состояния в ионах мюонного лития А.А.УЛЫБИЦ, А.П.МАРТЫНЕНКО.....	48
<b>Ядро-ядерные взаимодействия ВЭ.....</b>	<b>50</b>
Каонная фемтоскопия в эксперименте ALICE для Pb-Pb и p-p соударений на ЛНС Н.М.ЖИГАРЕВА <sup>1,2</sup> , Б.В.БАТЮНЯ <sup>1</sup> , Л.В.МАЛИНИНА <sup>1,3</sup> , К.Р.МИХАЙЛОВ <sup>1,2</sup> , Е.П.РОГОЧАЯ <sup>1</sup> .....	50

Измерение рождения нейтральных каонов в столкновениях ядер при энергии 200 ГэВ <u>Д.А.ИВАНИЩЕВ</u> , А.Я.БЕРДНИКОВ, Д.О.КОТОВ, В.Г.РЯБОВ, Ю.Г.РЯБОВ, В.М.САМСОНОВ .....	51
"Свет Будды" кумулятивных частиц <u>В.Б.КОПЕЛИОВИЧ</u> , Г.К.МАТУШКО, И.К.ПОТАШНИКОВА .....	51
Измерение свойств лёгких адронов в Cu+Au взаимодействиях при энергии 200 ГэВ <u>Д.О.КОТОВ</u> , Я.А.БЕРДНИКОВ, Д.А.ИВАНИЩЕВ, В.Г.РЯБОВ, Ю.Г.РЯБОВ, В.М.САМСОНОВ, А.С.САФОНОВ .....	52
Корреляционная фемтоскопия в эксперименте ALICE Л.В.МАЛИНИНА от коллаборации ALICE .....	53
Анализ фемтоскопических корреляций заряженных мезонов в эксперименте SELEX Г.А.НИГМАТКУЛОВ от коллаборации SELEX	54
Энергетическая зависимость геометрии источника вторичных пионов в ядро-ядерных взаимодействиях В.А.ОКОРОКОВ.....	54
Азимутальный поток и корреляции в соударениях тяжелых ионов в эксперименте CMS на LHC и их описание в модели HYDJET++ С.В.ПЕТРУШАНКО от CMS Collaboration.....	55
Анализ $\pi^0$ -адронных корреляций в столкновениях p-Pb и Pb-Pb в эксперименте ALICE Д.Е.ПОНОМАРЕНКО от коллаборации ALICE	55
Jet measurements by ALICE at LHC R.SULTANOV.....	57
Измерение множественности заряженных частиц в зависимости от псевдобыстроты в p+Pb столкновениях при энергии $\sqrt{s} = 5.02$ ТэВ/нуклон в эксперименте АТЛАС А.В.АНТОНОВ, <u>С.Л.ТИМОШЕНКО</u> , Н.А.КОРОТКОВА.....	57
Результаты измерений зависимости рождения заряженных частиц от поперечного импульса в p+Pb столкновениях при $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ ТэВ, в эксперименте АТЛАС Е.А.ШУЛЬГА от коллаборации АТЛАС.....	58
<b>Тяжелые ионы.....</b>	<b>60</b>
Легкие фрагменты при фрагментации ионов углерода при 0.3-2.0 GeV/n: сравнение с моделями ион-ионных взаимодействий <u>Б.М.АБРАМОВ</u> , П.А.АЛЕКСЕЕВ, Ю.А.БОРОДИН, С.А.БУЛЫЧЕВ, И.А.ДУХОВСКОЙ, А.П.КРУТЕНКОВА, В.В.КУЛИКОВ, М.А.МАРТЕМЬЯНОВ, М.А.МАЦЮК, Е.Н.ТУРДАКИНА, А.И.ХАНОВ .....	60
Elliptic flow feasibility study for the NICA/MPD project N.GERAKSIEV	61
Зарядовая топология когерентной диссоциации релятивистских ядер $^{11}\text{C}$ и $^{12}\text{N}$ <u>П.И.ЗАРУБИЦ</u> , Д.А.АРТЕМЕНКОВ, А.А.ЗАЙЦЕВ, Н.К.КОРНЕГРУЦА, В.В.РУСАКОВА .....	61



Перспективы изучения плотной ядерной материи на установке NICA/MPD с использованием электромагнитных и странных пробников В.А.ВАСЕНДИНА, <u>А.И.ЗИНЧЕНКО</u> .....	62
Изучение образования кластеров и гиперядер в экспериментах NICA/MPD и BM@N В.А.КИРЕЕВ .....	63
<b>Теория</b> .....	<b>64</b>
Геометрическая интерпретация VCSFW рекурсии для форм факторов в $N=4$ SYM Л.В.БОРК .....	64
Изучение фазовой диаграммы $SU(2)$ КХД в плоскости температура-химический потенциал <u>С.Н.ВАЛГУШЕВ</u> , В.В.БРАГУТА, Е.-М.ИЛЬГЕНФРИЦ, А.Ю.КОТОВ, М.МЮЛЛЕР-ПРОЙСКЕР, А.А.НИКОЛАЕВ.....	65
Представление Баргмана в пространстве Крейна <u>Ю.С.ВЕРНОВ</u> , М.Н.МНАЦАКАНОВА .....	65
Неопределенности вычислений сечений Дрелла-Яна М.Г.ГАВРИЛЕНКО .....	66
О возможной динамической реализации регуляризации Паули-Вилларса <u>А.А.КИРИЛЛОВ</u> , Е.П.САВЁЛОВА .....	66
Реджевская вершина для рождения кварка в центральной области быстрот в следующем за главным приближении, <u>М.Г.КОЗЛОВ</u> , А.В.РЕЗНИЧЕНКО .....	67
Двухцветная КХД с киральным химическим потенциалом <u>А.Ю.КОТОВ</u> , В.В.БРАГУТА, В.А.ГОЙ, М.ИЛЬГЕНФРИЦ, А.В.МОЛОЧКОВ, М.МЮЛЛЕР-ПРОЙСКЕР .....	68
Сверхслабая (нечёткая) топология и геометрическое квантование С.Н.МАЙБУРОВ.....	68
Внутренняя симметрия, квантовый принцип относительности и калибровочная инвариантность Р.С.МАКИН .....	69
Кластерные свойства функций Уайтмана в НКТП <u>Ю.С.ВЕРНОВ</u> , <u>М.Н.МНАЦАКАНОВА</u> .....	69
Кварковые ансамбли с бесконечной корреляционной длиной Г.М.ЗИНОВЬЕВ <sup>1</sup> , <u>С.В.МОЛОДЦОВ</u> <sup>2,3</sup> .....	70
Представление квантовой теории поля с конечными перенормировками масс и констант связи элементарных частиц В.П.НЕЗНАМОВ .....	71
Высшие регуляторы и функциональная ренормализационная группа С.Л.ОГАРКОВ .....	71
3D-область взаимодействия при высоких энергиях и статические КХД струны В.А.ПЕТРОВ .....	72

Применение методов квантовой теории поля в исследовании нелинейного уравнения Шредингера и канала связи с гауссовским шумом <u>А.В.РЕЗНИЧЕНКО</u> , И.С.ТЕРЕХОВ, С.К.ТУРИЦЫН .....	72
Перенормировка поляковой петли и универсальность <u>Р.Н.РОГАЛЁВ</u> , В.К.МИТРЮШКИН .....	73
Асимптотическое поведение двойных партонных распределений в КХД А.М.СНИГИРЕВ .....	73
Зависящие от времени неравенства Вигнера для нестационарных и открытых квантовых систем Н.В.НИКИТИН, <u>В.П.СОТНИКОВ</u> , К.С.ТОМС .....	74
Скачки многочастичных амплитуд в мульти-реджевской кинематике и БДС анзац В.С.ФАДИН .....	75
<b>Нейтрино .....</b>	<b>76</b>
Результаты эксперимента ЕХО-200 В.А.БЕЛОВ от ЕХО-200.....	76
Измерение активности высокоинтенсивных искусственных источников нейтрино калориметрическим методом <u>Е.П.ВЕРЕТЕНКИН</u> , В.Н.ГАВРИН, Ю.П.КОЗЛОВА, И.Н.МИРМОВ .....	77
Солнечные нейтрино в экспериментах SAGE и Borexino В.Н.ГАВРИН .....	77
Измерение активности нейтринного источника Cr51 по спектру гамма-излучения <u>В.В.ГОРБАЧЁВ</u> , В.Н.ГАВРИН, Т.В.ИБРАГИМОВА, А.В.КАЛИХОВ, Ю.Н.МАЛЫШКИН, А.А.ШИХИН .....	78
Исследования антинейтрино и его источников в эксперименте Борексино М.Б.ГРОМОВ от Borexino Collaboration.....	78
Сечение реакции превращения нейтрино-антинейтринной пары в электрон-позитронную пару и его использование в астрофизических расчетах: работа над ошибками <u>А.В.КУЗНЕЦОВ</u> , В.Н.САВИН.....	79
Изучение СНО-нейтрино от Солнца в эксперименте Борексино Г.А.ЛУКЬЯНЧЕНКО от коллаборации Борексино .....	80
Geoneutrino I.МАСНУЛИН, Borexino Collaboration.....	81
Исследование свойств нейтринного пучка эксперимента T2K Т.А.ОВСЯННИКОВА от коллаборации T2K.....	81
Образование мезонных резонансов в нейтринных взаимодействиях А.Ю.ПОЛЯРУШ от NOMAD .....	82
Процесс рождения электрон-позитронных пар из нейтрино в магнитном поле <u>В.Н.САВИН</u> , А.В.КУЗНЕЦОВ, Д.А.РУМЯНЦЕВ .....	83
Новые измерения ЭДМ нейтрона и перспективы увеличения точности до уровня $10^{-27}$ е·см А.П.СЕРЕБРОВ.....	83

Эксперимент "Нейтрино-4" по поиску нейтринных осцилляций на расстояниях 6-11 м на реакторе СМ-3 А.П.СЕРЕБРОВ.....	84
Монте-Карло моделирование эксперимента "Нейтрино-4" А.К.ФОМИН .....	85
Новые результаты по поиску стерильных нейтрино в каонных и нейтринных экспериментах А.Т.ШАЙХИЕВ, Ю.Г.КУДЕНКО .....	86
<b>Космические лучи и астрофизика .....</b>	<b>87</b>
Следы темной материи в гамма-излучении от центра Галактики А.М.ГАЛЬПЕР от коллаборации ГАММА-400 .....	87
Formation and Search of Large Scale Antimatter Regions <u>A.V.GROBOV</u> , S.G.RUBIN.....	88
Исследование анизотропии потоков протонов галактических космических лучей при помощи калориметра в эксперименте ПАМЕЛА А.В.КАРЕЛИН от коллаборации ПАМЕЛА .....	89
Измерение дейтронов в космическом эксперименте ПАМЕЛА С.А.КОЛДОБСКИЙ, О.АДРИАНИ, Г.А.БАЗИЛЕВСКАЯ, ДЖ.БАРБАРИНО, Р.БЕЛОТТИ, Э.А.БОГОМОЛОВ, М.БОЕЦИО, В.БОНВИЧНИ, М.БОНДЖИ, С.БОТТАЙ, А.БРУНО, А.ВАККИ, Е.ВАННУЧЧИНИ, Г.В.ВАСИЛЬЕВ, С.А.ВОРОНОВ, А.М.ГАЛЬПЕР, И.А.ДАНИЛЬЧЕНКО, С. ДЕ ДОНАТО, К. ДЕ САНТИС, Н. ДЕ СИМОНЕ, В. ДИ ФЕЛИЧЕ, ДЖ.ЗАМПА, Н.ЗАМПА, В.Г.ЗВЕРЕВ, М.КАЗОЛИНО, Д.КАМПАНА, Р.КАРБОНЕ, <u>А.В.КАРЕЛИН</u> , П.КАРЛСОН, Д.КАСТЕЛЛИНИ, Ф.КАФАНЬЯ, А.А.КВАШНИН, А.Н.КВАШНИН, С.В.КОЛДАШОВ, С.Ю.КРУТЬКОВ, А.А.ЛЕОНОВ, А.Г.МАЙОРОВ, В.В.МАЛАХОВ, М.МАРТУЧЧИ, Л.МАРЧЕЛЛИ, В.МЕНН, М.МЕРГЕ, В.В.МИХАЙЛОВ, Е.МОКЬЮТТИ, А.МОНАКО, Н.МОРИ, Р.МУНИНИ, ДЖ.ОСТЕРИА, Ф.ПАЛЬМА, Б.ПАНИКО, П.ПАПИНИ, П.ПИКОЦЦА, М.ПИРС, Ч.ПИЦЦОЛОТО, М.РИЧЧИ, С.РИЧЧИАРИНИ, Л.РОЗЕТТО, Р.САРКАР, М.СИМОН, В.СКОТТИ, Р.СПАРВОЛИ, П.СПИЛЛАНТИНИ, Ю.И.СТОЖКОВ, В.ФОРМАТО, Ю.Т.ЮРКИН .....	90
Измерение потока нейтронов в скальном грунте на глубине 850 гт/см <sup>2</sup> по наработке изотопа <sup>12</sup> В в сцинтиляторе БПСТ <u>М.М.КОЧКАРОВ</u> , И.А.АЛИХАНОВ, М.М.БОЛИЕВ, В.И.ВОЛЧЕНКО, Г.В.ВОЛЧЕНКО, Ю.С.ГРИШКАН, И.М.ДЗАПАРОВА, Р.В.НОВОСЕЛЬЦЕВА, Ю.Ф.НОВОСЕЛЬЦЕВ, В.Б.ПЕТКОВ, А.Ф.ЯНИН.....	91
Энергетические спектры позитронов и электронов космических лучей в эксперименте ПАМЕЛА В.В.МИХАЙЛОВ от коллаборации ПАМЕЛА .....	92
Взаимодействия космических лучей ультравысоких энергий с внегалактическим фоновым радиоизлучением А.В.УРЫСОН.....	93

Восстановление параметров высокоэнергичных каскадов в черенковском водном детекторе с плотной решеткой оптических модулей <u>В.А.ХОМЯКОВ</u> , А.Г.БОГДАНОВ, В.В.КИНДИН, Р.П.КОКОУЛИН, А.А.ПЕТРУХИН, С.С.ХОХЛОВ, В.В.ШУТЕНКО, И.И.ЯШИН .....	95
Exploring High-Energy Phenomena in Earth's Atmosphere A.CHILINGARIAN .....	96
Поиск кварковой материи в космических лучах С.Б.ШАУЛОВ .....	96
<b>Гравитация и космология.....</b>	<b>98</b>
Эволюция поздней Вселенной в кривой космологической модели <u>Р.Р.АББАЗОВ</u> , С.В.ЧЕРВОН .....	98
Первичные черные дыры с массой $10^{16}$ - $10^{17}$ г и реионизация Вселенной <u>К.М.БЕЛОЦКИЙ</u> , А.А.КИРИЛЛОВ .....	99
Чёрные дыры и квази-черные дыры в дилатонной гравитации <u>К.А.БРОННИКОВ</u> , О.Б.ЗАСЛАВСКИЙ.....	100
Космологические модели с неминимально взаимодействующим скалярным полем, положительно определённым потенциалом и отрицательной космологической константой С.Ю.ВЕРНОВ .....	101
Спин и масса сверхмассивной черной дыры в центре Галактики В.И.ДОКУЧАЕВ .....	102
Квантовые уровни электрона в поле заряженной черной дыры В.И.ДОКУЧАЕВ, <u>Ю.Н.ЕРОШЕНКО</u> .....	103
High energy particle collisions near black holes О.В.ЗАСЛАВСКИЙ.....	103
Галактический Центр как уникальная лаборатория для новой физики А.Ф.ЗАХАРОВ .....	104
Космологические решения инфляционного типа в модели "Эйнштейна-Гаусса-Бонне" А.А.КОБЦЕВ, <u>В.ДИВАЦУК</u> .....	105
Флаксбранные и чёрнобранные решения в многомерной гравитации с полями форм, управляемые полиномами <u>В.ДИВАЦУК</u> , В.Н.МЕЛЬНИКОВ .....	105
О глобальной структуре чёрно-дырных решений в модели с анизотропной жидкостью С.В.БОЛОХОВ, <u>В.ДИВАЦУК</u> .....	106
Реперные точки шкалы космологических расстояний С.Ф.ЛЕВИН...	107
Проблемы применимости статистических методов в космологии С.Ф.ЛЕВИН .....	109
Анализ квантово-механической эквивалентности метрик центрально симметричного незаряженного гравитационного поля <u>В.П.НЕЗНАМОВ</u> , М.В.ГОРБАТЕНКО.....	112

Решения де Ситтера космологических моделей Э.ЭЛИЗАЛДЕ, С.Д.ОДИНЦОВ, <u>Е.О.ПОЗДЕЕВА</u> , С.Ю.ВЕРНОВ.....	113
Темная материя, астросейсмология и гравитационные волны, излучаемые Солнцем Ю.Е.ПОКРОВСКИЙ .....	114
Бигравитация в тетрадном формализме и взаимодействие с материей В.О.СОЛОВЬЕВ.....	115
<b>Детекторы и методы исследований.....</b>	<b>116</b>
Калибровка газовых детекторов изотопами $^{37}\text{Ar}$ и $^{83\text{m}}\text{Kr}$ Д.Ю.АКИМОВ от коллаборации РЭД.....	116
Моделирование стриповой плоскости GEM детектора в эксперименте VM@N на Нуклотроне ОИЯИ <u>Д.А.БАРАНОВ</u> , О.В.РОГАЧЕВСКИЙ .....	117
Регистрация электронов высоких энергий спектрометром направленного действия В.А.БАСКОВ .....	117
Экстраполяция карты магнитного поля дипольного магнита SP41 эксперимента VM@N на Нуклотроне ОИЯИ <u>П.Н.БАТЮК</u> , Д.А.БАРАНОВ, С.П.МЕРЦ, О.В.РОГАЧЕВСКИЙ .....	118
Liquid Xenon Emission Detector RED100 To Search For Neutrino Coherent Scattering A.BOLOZDYNIA for the COHERENT Collaboration .....	119
Система регистрации и сбора данных детектора TRC/MPD проекта NICA А.АВЕРЬЯНОВ, А.БАЖАЖИН, <u>С.ВЕРЕЩАГИН</u> , Ю.ЗАНЕВСКИЙ, С.ЗАПОРОЖЕЦ, В.ЗРЮЕВ, А.КОРОТКОВА, Ф.ЛЕВЧАНОВСКИЙ, Ю.ЛУКСТИНЫШ, С.РАЗИН, А.РЫБАКОВ, О.ФАТЕЕВ, В.ЧЕПУРНОВ, Г.ЧЕРЁМУХИНА, С.ЧЕРНЕНКО .....	120
Развитие методики широкоапертурных кремниевых трековых систем для проектов VM@N-NICA и SVM-FAIR в ЛФВЭ ОИЯИ Д.В.ДЕМЕНТЬЕВ .....	121
Позиционно-чувствительный нейтронный детектор <u>Д.Ю.КИРИН</u> , О.А.ЧЕРНЫШОВ, В.С.ГОРЯЧЕВ, К.Р.МИХАЙЛОВ, П.А.ПОЛОЗОВ, М.С.ПРОКУДИН, Д.В.РОМАНОВ, Г.Б.ШАРКОВ, А.В.СТАВИНСКИЙ, В.Л.СТОЛИН, Н.М.ЖИГАРЕВА.....	122
Экспериментальное изучение ионизационного выхода жидкого ксенона для $^{83\text{m}}\text{Kr}$ и гамма-квантов в диапазоне энергий от 2.8 до 80 кэВ с помощью двухфазного эмиссионного детектора А.М.КОНОВАЛОВ от коллаборации РЭД.....	122
Изучение работы детектора переходного излучения в эксперименте ATLAS при высоких нагрузках <u>Д.В.КРАСНОПЕВЦЕВ</u> , А.С.РОМАНЮК от коллаборации ATLAS .....	123
Изучение фоновых условий на SNS (Окридж) для эксперимента RED- 100 А.В.КУМΠΑН от коллаборации РЭД.....	124

О концепции комплексного шунтового импеданса в электродинамике ускоряющих резонаторов В.Г.КУРАКИН .....	125
Кремниевый трекер эксперимента clas12 Е.О.КУРБАТОВ .....	126
ДаМоСкоп и его Интернет графика для визуального контроля настройки математических моделей описания экспериментальных данных Ю.В.КУЯНОВ, В.И.БЕЛОУСОВ, В.В.ЕЖЕЛА, Н.П.ТКАЧЕНКО .....	127
Изучение кинетики сцинтилляции Хе в двухфазном эмиссионном детекторе А.ЛУКЬЯШИН, Д.АКИМОВ, А.БУРЕНКОВ, А.КОНОВАЛОВ .....	128
Моделирование условий регистрации переходного излучения при использовании Ag и Kr смесей в TRT ATLAS А.С.МАЕВСКИЙ, А.С.БОЛДЫРЕВ .....	129
Регистрация нейтронов детектором Crystal Ball на микротроне МАМІ-В М.А.МАРТЕМЬЯНОВ, В.В.КУЛИКОВ от коллаборации A2 (Майнц, Германия) .....	130
Разработка методов трекинга для эксперимента VM@N на Нуклотроне ОИЯИ С.П.МЕРЦ, П.Н.БАТЮК, Г.А.ОСОСКОВ, О.В.РОГАЧЕВСКИЙ .....	131
Разработка Прототипа TАСD (Totally Active Scintillator Detector) Ю.Г.КУДЕНКО <sup>1,2,3</sup> , А.В.МЕФОДЬЕВ <sup>1,2</sup> .....	132
Разработка скоростного цифрового триггера на основе ПЛИС П.П.НАУМОВ, В.А.БЕЛОВ, В.А.КАПЛИН от коллаборации RED..	132
Статус системы АШИФ детектора КЕДР И.В.ОВТИН, А.Ю.БАРНЯКОВ, М.Ю.БАРНЯКОВ, В.С.БОБРОВНИКОВ, А.Р.БУЗЫКАЕВ, В.В.ГУЛЕВИЧ, А.Ф.ДАНИЛЮК, А.А.КАТЦИН, С.А.КОНОНОВ, Д.В.КОРДА, Е.А.КРАВЧЕНКО, И.А.КУЯНОВ, А.П.ОНУЧИН, В.А.РОДЯКИН .....	133
Статус работ по подготовке исследований корреляционных кумулятивных процессов. Установка МАРУСЯ-ФЛИНТ на выведенных пучках Нуклотрона Д.В.РОМАНОВ, В.С.ГОРЯЧЕВ, Н.М.ЖИГАРЕВА, Д.Ю.КИРИН, К.Р.МИХАЙЛОВ, П.А.ПОЛОЗОВ, М.С.ПРОКУДИН, А.В.СТАВИНСКИЙ, В.Л.СТОЛИН, О.А.ЧЕРНЫШОВ, Г.Б.ШАРКОВ.....	134
Быстрые Детекторы времяпролетной системы MPD М.М.РУМЯНЦЕВ от коллаборации MPD .....	135
Методика поиска 2К-захвата Хе-124 с помощью медного пропорционального счетчика Ю.М.ГАВРИЛЮК, А.М.ГАНГАПШЕВ, В.В.КАЗАЛОВ, В.В.КУЗМИНОВ, С.И.ПАНАСЕНКО, С.С.РАТКЕВИЧ, Д.А.ТЕКУЕВА, С.П.ЯКИМЕНКО .....	136

Цилиндрический калориметр детектора КМД-3 В.Е.ШЕБАЛИН от КМД-3 .....	137
<b>Кварковый.....</b>	<b>138</b>
X(3872): статус и перспективы Т.А.-Х.АУШЕВ.....	138
X(3872)-резонанс как обычный чармоний <u>Н.Н.АЧАСОВ</u> , Е.В.РОГОЗИНА .....	138
Perspective study of charmonium and exotics above $D\bar{D}$ threshold <u>М.Ю.БАРАБАНОВ</u> <sup>1</sup> , <u>А.С.ВОДОПЬЯНОВ</u> <sup>1</sup> , <u>S.L.OLSEN</u> <sup>2</sup> .....	139
Изучение Р-волновых состояний кваркония в эксперименте LHCb И.БЕЛЯЕВ от имени коллаборации LHCb .....	140
Дважды тяжёлые барионы А.БЕРЕЖНОЙ.....	140
Изучение свойств Zb(10610) и Zb(10650) в эксперименте Belle А.Ю.ГАРМАШ от коллаборации Belle.....	141
Изучение рождения и распадов с- и b-адронов в эксперименте ATLAS Л.К.ГЛАДИЛИН от коллаборации ATLAS.....	141
Изучение интерференции в распадах $\psi \rightarrow K \text{ anti-K}$ В.П.ДРУЖИНИН от коллаборации BABAR.....	141
Изучение новых распадов $B_c$ -мезонов в LHCb В.Ю.ЕГОРЫЧЕВ от коллаборации LHCb .....	142
Доли распадов $\psi(3770)$ и $\Upsilon(10580)$ в лёгкие (не- $D\bar{D}$ и не- $B\bar{B}$ ) адроны А.А.КОЖЕВНИКОВ, Н.Н.АЧАСОВ .....	143
Наблюдение нейтрального состояния Zb0(10610) в распаде $\Upsilon(5S) \rightarrow$ $\Upsilon(2,3S) \pi^0 \pi^0$ П.КРОКОВНЫЙ от коллаборации Belle .....	143
Измерение вероятности распада $J/\psi \rightarrow \eta_c \text{ gamma}$ и параметров $\eta_c$ -мезона В.М.МАЛЫШЕВ от коллаборации КЕДР.....	144
Изучение распада $B_0 \rightarrow D^* \omega$ на детекторе Belle Д.В.МАТВИЕНКО от коллаборации Belle .....	145
Изучение боттомония в эксперименте Belle Р.В.МИЗЮК от коллаборации Belle .....	145
Рождение пар чармониев с большими инвариантными массами в pp- взаимодействиях А.НОВОСЕЛОВ.....	146
Перспективы исследования чармония на супер-В-фабрике Г.В.ПАХЛОВА.....	146
Изучение $\eta$ - $\eta'$ смешивания в распадах В-мезонов в LHCb <u>С.М.ПОЛИКАРПОВ</u> , <u>В.Ю.ЕГОРЫЧЕВ</u> , <u>И.МБЕЛЯЕВ</u> , <u>Д.В.САВРИНА</u> .....	147
Изучение экзотических состояний чармония в LHCb И.ПОЛЯКОВ, И.БЕЛЯЕВ, В.ЕГОРЫЧЕВ.....	147

Что можно узнать из интенсивности распада $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0} + D^{*0} \bar{D}^0$ Н.Н.АЧАСОВ, Е.В.РОГОЗИНА .....	148
Изучение S-волновых состояний кваркония в ЛНСб Д.В.САВРИНА от кллаборации ЛНСб .....	149
Измерения b-адронов в эксперименте ATLAS <u>Л.Н.СМИРНОВА</u> , А.С.МАЕВСКИЙ, С.М.ТУРЧИХИН.....	149
Спектроскопия очарованных барионов Е.И.СОЛОВЬЁВА от коллаборации BELLE .....	150
Парное рождение дваждытяжелых дикварков в протон-протонном взаимодействии А.М.ТРУНИН <sup>1,2</sup> , А.П.МАРТЫНЕНКО <sup>2,3</sup> .....	150
Заряженные чармониеподобные состояния как эффект перерассеяния <u>Т.УГЛОВ</u> , П.ПАХЛОВ .....	151
Заряженные чармониеподобные состояния в эксперименте Belle К.А.ЧИЛИКИН от кллаборации Belle .....	152
Поиск Новой Физики в распадах В-мезонов Р.Н.ЧИСТОВ.....	152
Тяжелый кварконий - состояние и проблемы С.И.ЭЙДЕЛЬМАН (Particle Data Group – Группа свойств частиц).....	153



# Обзорные доклады

## Последние результаты эксперимента Борексино О.Ю.СМИРНОВ от коллаборации Борексино

*ОИЯИ*

**Ключевые слова:** солнечные нейтрино, осцилляции нейтрино, pp-нейтрино.

После недавней публикации результатов измерения потока нейтрино от протон-протонной (pp) реакции на Солнце, коллаборация Борексино завершила изучение нейтринных потоков из цепи pp-реакций. Таким образом впервые на одном детекторе в режиме реального времени измерены потоки нейтрино в широком энергетическом диапазоне, а также определены вероятности выживания нейтрино в разных режимах осцилляций. Будет представлен обзор измерений потоков солнечных нейтрино, в том числе приведены подробности наиболее сложного в техническом плане недавнего измерения низкоэнергетического потока pp-нейтрино.

## Результаты экспериментов с детектором СНД на $e^+e^-$ коллайдере ВЭПП-2000 Л.В.КАРДАПОЛЬЦЕВ

*ИЯФ СО РАН*

**Ключевые слова:** СНД, ВЭПП-2000,  $e^+e^-$ .

Представлены результаты по измерению сечений электрон-позитронной аннигиляции в адроны, полученные в экспериментах с детектором СНД на  $e^+e^-$  коллайдере ВЭПП-

2000, в диапазоне энергии до 2 ГэВ. Изучены следующие процессы:  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ ,  $\pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $\eta\pi^+\pi^-$ ,  $\eta\pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $\eta\gamma$  и другие. Измеренные сечения важны для определения адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона и для определения параметров возбужденных векторных мезонов. Помимо этого, представлен результат измерения сечений рождения нуклон-антинуклонных пар вблизи порога.

**Экспериментальное изучение времениподобных  
электромагнитных формфакторов барионов**  
С.И.СЕРЕДНЯКОВ, В.П.ДРУЖИНИН

*ИЯФ СО РАН, г.Новосибирск*

**Ключевые слова:** детектор, коллайдер, нуклон, формфактор, сечение.

Приводится обзор существующих, а также недавно полученных на коллайдере ВЭПП-2000 экспериментальных данных по времениподобным формфакторам  $p$ ,  $n$ ,  $\Lambda_s$ ,  $\Sigma_s$ ,  $\Lambda_c$  барионов. Дается сравнение с моделями формфакторов.

**Электромагнитные свойства нейтрино: окно в новую  
физику**  
А.И.СТУДЕНИКИН

*МГУ и ОИЯИ*

**Ключевые слова:** электромагнитные формфакторы нейтрино, магнитный момент и миллизаряд нейтрино.

В различных теоретических моделях, выходящих за пределы Стандартной модели, нейтрино может приобретать нетривиальные электромагнитные свойства за счёт квантовых петлевых эффектов. Поэтому теоретические и экспериментальные исследования электромагнитных

характеристик нейтрино являются эффективным способом поиска новых фундаментальных теорий взаимодействия за пределами Стандартной модели. Электромагнитные взаимодействия нейтрино могут иметь важные феноменологические следствия для нейтринных взаимодействий в плотных астрофизических средах, в которых присутствуют сильные магнитные поля. В докладе обсуждается: современный статус электромагнитных свойств и взаимодействий нейтрино; электромагнитные формфакторы нейтрино; экспериментальные ограничения на магнитный момент и миллизаряд нейтрино из данных современных экспериментов с реакторными антинейтрино (включая ограничения эксперимента ГЕММА); астрофизические ограничения на магнитный момент и миллизаряд нейтрино; теоретические методы описания электромагнитных взаимодействий нейтрино при распространении частицы в плотной замагниченной среде.

C.Giunti, A.Studenikin, arXiv: 1403.6344.

C.Broggini, C.Giunti, A.Studenikin, Adv. High Ener. Phys. (2012) 459526.

A.Studenikin, Eur. Phys. Lett. 107 (2014) 21001.

A.Studenikin, I.Tokarev, Nucl. Phys. B884 (2014) 396.

K.Kouzakov, A.Studenikin, Adv. High Ener. Phys. (2014) 569409.

## **Экспериментальный комплекс НЕВОД для исследования частиц сверхвысоких энергий**

**И.И.ЯШИН**

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** НЕВОД, космические лучи, сверхвысокие энергии, мюоны.

Экспериментальный комплекс НЕВОД объединяет несколько уникальных детекторов, предназначенных для

проведения мультикомпонентных исследований потока и взаимодействия космических лучей в области сверхвысоких энергий, в том числе выше энергии ЛНС. В докладе рассматривается современное состояние экспериментального комплекса НЕВОД, полученные результаты и перспективы его дальнейшего развития за счет создания новых детекторов и установок.

### **Бозону Хиггса исполнилось два года**

И.И.ЦУКЕРМАН от имени коллабораций ATLAS и CMS

*НИЦ КИ ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ*

**Ключевые слова:** бозон Хиггса, Стандартная Модель, Большой Адронный Коллайдер, эксперименты ATLAS и CMS, CERN.

Представлены последние результаты экспериментов ATLAS и CMS на Большом Адронном Коллайдере в CERN по поиску бозона Хиггса Стандартной Модели и изучению его свойств (сечение рождения, относительные вероятности разных каналов распада, спин, четность и константы связи).

### **Изучение процессов квантовой хромодинамики на установке CMS на Большом Адронном Коллайдере**

О.Л.КОДОЛОВА от коллаборации CMS

*НИИЯФ МГУ*

**Ключевые слова:** КХД, струи, адроны.

Представлены результаты изучения мягких и жестких процессов квантовой хромодинамики (КХД) на данных, собранных установкой CMS на Большом Адронном Коллайдере (БАК) при энергии пучков 7 и 8 ТэВ. Были измерены спектры и характеристики жестких струй, фотонов

в разных областях фазового пространства, а также множественность и спектры мягких частиц. Полученные результаты сравнивались с теоретическими моделями в первом и следующих приближениях разложения по главному логарифму. Данные установки CMS были использованы для уточнения функций распределения партонов в адроне и значения бегущей константы сильного взаимодействия.

**Поиски проявлений суперсимметрии  
в экспериментах на БАК**  
С.Н.КАРПОВ от коллаборации АТЛАС

*ОИЯИ*

**Ключевые слова:** БАК, АТЛАС, КМС, суперсимметрия.

Краткий обзор основных результатов поиска суперсимметрии на Большом адронном коллайдере (БАК), полученных коллаборациями ATLAS и CMS. Ни в одном из исследованных процессов не обнаружено отличий от стандартной модели элементарных частиц. Приведены ограничения на параметры некоторых наиболее популярных моделей суперсимметрии, полученные на основании отсутствия наблюдаемого сигнала. Показано предполагаемое улучшение результатов ATLAS и CMS в новом сеансе измерений с энергией, увеличенной до 13 ТэВ, начало которого запланировано на май 2015 г.

## **Физика релятивистских соударений тяжелых ионов в широком диапазоне энергий**

**И.П.ЛОХТИН**

*НИИЯФ МГУ*

**Ключевые слова:** релятивистские соударения тяжелых ионов, кварк-глюонная плазма, коллайдеры, квантовая хромодинамика.

В докладе обсуждаются основные проблемы современной физики ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях, статус исследований по физике тяжелых ионов на коллайдерах RHIC и LHC и перспективы проектов NICA и FAIR.

## **Будущие протонные и кольцевые $e^+e^-$ коллайдеры на высокую энергию**

**В.И.ТЕЛЬНОВ**

*ИЯФ СО РАН и НГУ*

**Ключевые слова:** Хиггсовский бозон, протонные коллайдеры, электрон-позитронные коллайдеры.

После открытия Хиггсовского бозона с массой 125 ГэВ на LHC встал вопрос: по какому пути идти дальше (кроме дальнейших исследований на LHC)? Естественными кандидатами являются линейные коллайдеры (ILC до  $2E = 1000$  ГэВ и CLIC до 3000 ГэВ), которые интенсивно разрабатывались в последние три десятилетия. Проект ILC практически готов в реализации и ждет решения по его строительству в Японии. Однако, есть и альтернативное предложение. Поскольку Хиггсовский бозон достаточно легкий и другой новой физики на LHC не видно (пока), то для детального изучения свойств Хиггсовского бозона можно сделать кольцевой  $e^+e^-$  коллайдер на энергию  $2E = 230$  ГэВ

(или до 350 ГэВ, вкл. порог рождения  $t\bar{t}$ ). Светимость (на одно место встречи) такого коллайдера с периметром 50-100 км может быть выше, чем линейного коллайдера. В будущем в этом кольце можно сделать протонный коллайдер с энергией до  $2E = 100$  ТэВ. Такая стратегия активно рассматривается в ЦЕРН (FCC-ee (TLEP)+FCC-hh) и Китае (CEPC+SppC). В докладе обсуждается состояние дел по линейным коллайдерам, физическая мотивация кольцевого  $e^+e^-$  коллайдера, достижимые параметры и планы по их реализации, проводимая в этом направлении работа.

## Результаты ЛНС

### Рождение D и B мезонов на Большом Адронном Коллайдере в реджевском пределе квантовой хромодинамики

М.А.НЕФЕДОВ, А.В.КАРПИШКОВ, В.А.САЛЕЕВ,  
А.В.ШИПИЛОВА

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** кТ-факторизация, модель фрагментации, КХД, БАК, D-мезоны, B-мезоны.

В подходе реджезованных партонов, основанном на гипотезе кТ-факторизации при высоких энергиях и эффективной теории реджезованных глюонов Л.Н. Липатова, рассматривается центральное рождение D и B мезонов с большими поперечными импульсами на Большом Адронном Коллайдере в модели фрагментационного рождения. Учитываются вклады двух основных механизмов рождения тяжелых мезонов, а именно: в слиянии реджезованных глюонов  $RR \rightarrow c\bar{c} (b\bar{b})$  с последующей фрагментацией  $c(b) \rightarrow D(B)$ , и в рождении глюона с большим поперечным

импульсом ( $RR \rightarrow g$ ), который фрагментирует в тяжелый мезон  $g \rightarrow D(B)$ . Последний вклад усилен большими логарифмами  $\log(pT/m)$  в области больших поперечных импульсов. Показано, что удастся получить хорошее согласие с экспериментальными данными в протон-протонных столкновениях при энергии 7 ТэВ, используя неинтегрированные глюонные функции распределения Кимбера-Мартина-Рыскина.

**Поиск аномальных связей в вершине  $Wtb$  в данных детектора CMS на 7 и 8 ТэВ с помощью метода введения дополнительных полей**

**М.А.ПЕРФИЛОВ**

*Московский Государственный Университет*

**Ключевые слова:** топ-кварк, физика за пределами Стандартной Модели.

Представлен метод введения дополнительных полей для поиска аномальных связей в вершине  $Wtb$  и представлена его реализация для экспериментального поиска таких связей в данных детектора CMS при энергиях Большого Адронного Коллайдера 7 и 8 ТэВ.

**Поиск физики за рамками стандартной модели в эксперименте CMS**

**М.В.САВИНА** от имени коллаборации CMS

*Объединенный институт ядерных исследований, Дубна*

**Ключевые слова:** сигналы новой физики на ускорителе LHC.

В докладе представлены результаты коллаборации CMS на LHC по поиску сигналов новой физики (SUSY, модели с большими дополнительными измерениями,



лептокварки, модели с расширенным калибровочным сектором и др.) за первый период работы ускорителя – с 2010 по 2012 гг. Приведены полученные нижние пределы на значения масс новых частиц и ограничения на параметры моделей, обсуждаются перспективы и направления дальнейшего поиска во втором цикле работы LHC.

**Поиск долгоживущих многозарядных тяжёлых частиц в эксперименте ATLAS на БАК ЦЕРН**  
**Ю.С.СМИРНОВ, О.В.БУЛЕКОВ, А.С.РОМАНЮК**

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** новая физика, физика вне СМ, экзотические частицы, многозарядные частицы, долгоживущие частицы.

Представлены результаты по поиску долгоживущих многозарядных тяжёлых частиц в эксперименте ATLAS в протон-протонных столкновениях. Дается краткое описание свойств таких частиц и методов их идентификации по величине ионизационных потерь в детекторах ATLAS. Описаны методики отбора событий, масштабирования эффективности мюонного триггера в моделировании, и произведены оценки фона. Вычислена эффективность (чувствительность) поиска отдельно для каждого исследуемого значения заряда и массы. Кроме того, рассмотрены источники систематических ошибок анализа и обозначены соответствующие величины. Наконец, приведены верхние пределы на сечение рождения таких частиц и нижние пределы на их массу, на уровне достоверности 95% исключающие их рождение по модели Дрелла-Яна.

## **Search for anomalous $Wtb$ couplings and top FCNC in $t$ -channel single-top-quark events at CMS**

Н.А.ЦИРОВА от коллаборации CMS

*НИИЯФ МГУ*

**Ключевые слова:** Топ кварк, одиночное рождение топ-кварка, Стандартная модель, отклонения от Стандартной модели, аномальные константы.

Представлены результаты поиска эффектов за пределами Стандартной модели в процессах с одиночным рождением топ кварка в эксперименте CMS. Исследовались аномальные вклады векторного и магнитного типов во взаимодействии топ кварка с  $W$  бозоном и  $b$ -кварком и нейтральные токи, меняющие аромат кварков, во взаимодействии топ кварка с  $s$ - или  $u$ -кварками через обмен глюоном. Анализ проведен на основе техники Байесовских нейронных сетей. Статистически значимые отклонения не обнаружены, измерены верхние ограничения на аномальные связи, соответствующие 95% уровню достоверности.

## **Поиск дополнительных пространственных измерений в эксперименте CMS**

С.В.ШИМАТОВ от коллаборации CMS

(Компактный мюонный соленоид)

*Объединенный институт ядерных исследований, Дубна*

**Ключевые слова:** LHC, дополнительные пространственные измерения, модели гравитации на масштабе ТЭВ, микроскопические черные дыры.

В докладе будут представлены результаты поисков дополнительных пространственных измерений на данных эксперимента CMS, полученных во время первого сеанса LHC в 2010-2012 гг.

# Изучение процессов множественного рождения частиц в событиях со струями в эксперименте CMS

С.Г.ШУЛЬГА от коллаборации CMS

*Объединенный институт ядерных исследований*

**Ключевые слова:** струя, зарядовая множественность, моменты распределений по множественности.

Доклад посвящен изучению возможностей измерения моментов для распределений зарядовой множественности в кварковых струях в эксперименте CMS. Ставится задача измерения следующих моментов: средняя множественность, дисперсия, асимметрия, эксцесс, высшие (обычные) моменты  $S_q$ , факториальные моменты  $F_q$ , факториальные кумулянтные моменты  $K_q$  и их отношение  $H_q = F_q/K_q$  ( $q = 2,3,4,5$ ). Отбор кварковых струй выполняется в 4-струйных событиях с одним лидирующим мюоном с основным вкладом от полу-лептонного канала  $pp \rightarrow t\bar{t} \rightarrow b + W + \bar{b} + W \rightarrow b + \bar{b} + \mu + \nu_\mu + q_1 + q_2$ . Исследуется чистота отбора кварковых струй, главная систематическая неопределенность, происходящая от событий "Pile-Up". Выполнены поправки на потерю низкоэнергетических треков и стандартная процедура "unfolding". Приведены первые оценки измерений моментов.

# Мягкая физика

## Предварительные результаты поиска суточных и годовых вариаций периода полураспада $^{214}\text{Po}$

Е.Н.АЛЕКСЕЕВ, Ю.М.ГАВРИЛЮК, А.М.ГАНГАПШЕВ,  
В.В.КАЗАЛОВ, В.В.КУЗЬМИНОВ, С.И.ПАНАСЕНКО,  
С.С.РАТКЕВИЧ

*ИЯИ РАН*

Дано краткое описание установок ТАУ-1 и ТАУ-2, предназначенных для долговременного слежения за величиной периода полураспада ядра  $^{214}\text{Po}$ . Изложены методики проведения измерений и обработки накопленных данных. Представлены результаты анализа временных рядов значений  $\tau$  с различным временным шагом от установки ТАУ-2. Полное время измерений составило 590 дней. В ряду значений  $\tau$  обнаружены годовая вариация с амплитудой  $A=(8.3\pm 2.5)\cdot 10^{-4}$ , солнечно-суточная вариация с амплитудой  $A_C=(7.5\pm 2.8)\cdot 10^{-4}$ , лунно-суточная вариация с амплитудой  $A_L=(7.0\pm 1.8)\cdot 10^{-4}$  и звёздно-суточная вариация с амплитудой  $A_3=(7.1\pm 2.0)\cdot 10^{-4}$ . Максимум амплитуды наблюдаются в моменты наступления максимального значения проекции вектора скорости точки поверхности Земли с установкой в направлении на исследуемый источник возможных вариаций. Усреднённое за 590 дней значение периода полураспада  $^{214}\text{Po}$  составило величину  $\tau = 163.46\pm 0.04$  мкс.

## Фоторождение $\rho$ мезонов с лидирующим нейтроном на коллайдере ГЕРА

Я.А.ВАЗДИК от коллаборации Н1

Представлены результаты измерения реакции 'квазиупругого' фоторождения  $\rho$  мезонов с лидирующим нейтроном на ускорителе ГЕРА. Данные получены на детекторе Н1 в 2006–2007 годах при энергии 319 GeV в системе центра масс позитрон-протон и соответствуют интегральной светимости  $1.16 \text{ pb}^{-1}$ .  $\rho$  мезоны регистрировались по двум трекам от пионов распада. Нейтроны, несущие значительную часть энергии протона ( $x_L > 0.35$ ), регистрировались в нейтронном калориметре. Было измерено сечение реакции  $\gamma + p \rightarrow \rho + n + \pi^+$  в зависимости от энергии нейтрона, эффективной массы ( $\pi^+\pi^-$ ) системы, а также квадрата поперечного импульса  $\rho$  мезона и его псевдобыстроты. Измерения соответствовали энергии в системе гамма-протон 20 - 100 GeV, энергии нейтрона  $0.35 < x_L < 0.95$  и полярному углу нейтрона  $< 0.75 \text{ mrad}$ . Виртуальность фотона была  $< 2 \text{ GeV}^2$ . В рамках модели однопионного обмена сделана оценка сечения фоторождения  $\rho$  мезона на пионе при энергии 22 GeV в системе гамма-пион.

## Экспериментальные исследования сечения реакции $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$ в области E1 гигантского резонанса

Л.З. ДЖИЛАВЯН

*Институт ядерных исследований РАН*

**Ключевые слова:** изомерные состояния ядер; неупругое рассеяние фотонов на ядрах; E1 и E2 гигантские резонансы.

Для  $E_\gamma = (4-46) \text{ МэВ}$  измерены сечения реакции  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$ . Уточнены параметры пика в этом сечении вблизи порога  $^{115}\text{In}(\gamma, n)$ -реакции E( $\gamma, n$ )-порог. Показано, что в

сечении реакции  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$  при  $E_\gamma \sim 27$  МэВ нет пика с интегральным сечением, превышающем  $\sim 20\%$  интегрального сечения для пика при  $E_\gamma \sim E(\gamma, n)$ -порог. Рассмотрены возможности использования этой реакции как для исследований физики фотоядерных реакций, так и для мониторингирования тормозных фотонов в гамма-активационных работах.

### **От исследования ABC эффекта до обнаружения дибариона $d^*(2380)$**

Е.А.ДОРОШКЕВИЧ, WASA-at-COSY

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** ABC-эффект, полное сечение, изотопические состояния.

В работе представлены результаты эксперимента WASA-at-COSY по измерению полных и дифференциальных сечений реакций  $NN \rightarrow d\pi$ ,  $NN \rightarrow NN\pi$  в диапазоне начальных энергий от 1.0 до 1.3 ГэВ. Результаты измерений (с учетом поправок на эффективность и экстраполяции в полный телесный угол) представлены в виде распределений по инвариантным массам двух и трех частиц и в виде угловых распределений. Измерены и сравниваются полные сечения различных изотопических каналов. Анализ вышеперечисленных реакций и полных сечений упругого рр рассеяния указывает на существование резонанса  $d^*(2380)$ .

**Парциально-волновой анализ системы  $\pi^+\pi^-\pi^-$  на данных модернизированной установки ВЕС**

**И.А.КАЧАЕВ, группа ВЕС**

*ИФВЭ, Протвино*

**Ключевые слова:** парциально-волновой анализ, мезонная спектроскопия.

Представлены предварительные результаты парциально-волнового анализа рождения системы  $\pi^+\pi^-\pi^-$  на Ве мишени и 28 ГэВ/с  $\pi^-$  пучке. На обновленной установке ВЕС собрано около 30 миллионов событий, в 2.5 раза больше, чем до модернизации. В результате модернизации также существенно увеличился акцептанс установки. Анализ выполнен в формализме матрицы плотности неограниченного ранга. Обсуждается возможный набор резонансов в данной системе.

**Кумулятивный процесс преодоления кулоновского барьера в реакциях холодной трансмутации атомных ядер**  
**Ю.С. КОПЫСОВ**

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** холодная трансмутация ядер, активированные ядерные комплексы, кумулятивный процесс преодоления кулоновского барьера, медленные нейтроны

Намечена теоретическая схема обоснования возможности получения кумулятивного процесса преодоления кулоновского барьера заряженными нуклидами. Дальнейшая разработка этой теоретической возможности фактически означает формирование новой концепции ядерных превращений в лабораторных и астрофизических условиях. Это новое направление исследований естественно назвать нуклеохимией атомных ядер и «активированных

ядерных комплексов». Теоретической основой этих исследований является обобщение понятия самосогласованного поля для активированных ядерных комплексов и для процессов гибридизации нуклонных орбиталей. Основные теоретические идеи формирования кумулятивного процесса преодоления кулоновского барьера обсуждаются на примере эксперимента с металлическим бериллием, погружённым в атмосферу водорода, обогащённого дейтерием. В этом эксперименте наблюдались медленные (тепловые) нейтроны с помощью счётчика СНМ-18. Появление таких нейтронов можно ожидать в обсуждаемой теоретической модели холодной трансмутации ядер.

**Поиск возбужденных состояний изотопа  ${}^6\text{Li}$**   
Ю.Б.ГУРОВ, Л.Ю.КОРОТКОВА, С.В.ЛАПУШКИН,  
Р.В.ПРИТУЛА, В.Г.САНДУКОВСКИЙ, Б.А.ЧЕРНЫШЕВ,  
Т.Д.ЩУРЕНКОВА

*Национальный Исследовательский Ядерный Университет  
«МИФИ», Москва, Россия*

**Ключевые слова:** поглощение пионов, изотопы лития, экзотические ядра

Поиск возбужденных состояний изотопа  ${}^6\text{Li}$  проводился в реакциях поглощения остановившихся  $\pi^-$ -мезонов  ${}^{12}\text{C}(\pi^-, tt)\text{X}$ . Измерения производились на изотопно-чистой мишени  ${}^{12}\text{C}$ .

Эксперимент был выполнен на пучке пионов низких энергий мезонной фабрике LAMPF с помощью двухплечевого полупроводникового спектрометра заряженных частиц [1]. Разрешение по недостающим массам при регистрации пары тритонов составило 1 МэВ. Точность абсолютной калибровки шкалы составила 0.1 МэВ.



Анализ спектров недостающих масс (ММ) показал, что наблюдаются основное и несколько низколежащих возбужденных состояний  ${}^6\text{Li}$ . Параметры наблюдаемых возбужденных уровней совпадают в пределах ошибок с мировыми данными [2].

Спектр ММ был измерен вплоть до высоких энергий возбуждения. Обнаруженное высоковозбужденное состояние  ${}^6\text{Li}$  с  $E_x = 18.1 \pm 0.2$  МэВ является изобар-аналогом  ${}^6\text{He}$ . Широких уровней, наблюдаемых в [2], в нашей работе не обнаружено. Состояние с энергией возбуждения  $E_x = 9.3 \pm 0.3$  МэВ и шириной  $\Gamma = 0.5 \pm 0.1$  МэВ наблюдается впервые.

1. M.G.Gornov et al. // Nucl. Inst. and Meth. in Phys.Res. A 2000 V. 446 P. 461.

2. D.R. Tilley et al. // Nucl. Phys. A 2000 V. 708 P. 3.

### **Образование очарованных $\text{Lc}^+$ - барионов в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ.**

**В.Н.РЯДОВИКОВ, Содружество СВД**

*ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ "Курчатовский институт"*

**Ключевые слова:** физика частиц, нуклон-ядерные взаимодействия, очарованные частицы, математическая обработка данных, моделирование.

Приведены результаты обработки данных эксперимента SERP-E-184 «Изучение механизмов образования очарованных частиц в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ и их распадов», полученные при облучении активной мишени установки СВД-2, состоящей из пластинок углерода, кремния и свинца, пучком протонов 70 ГэВ. В результате детального моделирования с помощью программ FRITIOF7.02 и GEANT3.21 оптимизированы критерии отбора событий и вычислена эффективность регистрации  $\text{Lc}^+$ -барионов. После выделения сигнала от трехчастичного

распада  $\Lambda_c^+$ -бариона измерено инклюзивное сечение его образования при околороговой энергии, параметр  $A$ -зависимости сечения, время жизни и распределение по переменной Фейнмана ( $x_F$ ).

### **Систематика мультиплетов основного состояния атомных ядер в приближении дельта-взаимодействия**

Т.Ю.ТРЕТЬЯКОВА, Л.Т.ИМАШЕВА, Б.С.ИШХАНОВ,  
М.Е.СТЕПАНОВ

*Московский государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына;*

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Физический факультет*

**Ключевые слова:** спаривание нуклонов в атомных ядрах, нуклон-нуклонное взаимодействие, оболочечная модель атомного ядра.

Силы спаривания пары тождественных нуклонов на оболочке  $j$  сверх заполненного остова приводят к формированию мультиплета основного состояния ядра (ground state multiplet, GSM) – низколежащих возбужденных состояний с четными значениями полного момента  $J=0,2,\dots,(2j-1)$  [1]. Величину расщепления GSM можно определить из экспериментальных значений масс ядер. Используя дельта-взаимодействие можно рассчитать структуру GSM четно-четных ядер с парой тождественных нуклонов сверх магического остова. Проведенные расчеты ядер Ca и Pb показывают удовлетворительное согласие между экспериментальными значениями и оценкой для уровней GSM с  $J>2$  [2].

Из изотопической инвариантности ядерного взаимодействия следует спаривание между нейтроном и протоном [3]. В случае дельта-потенциала значения полного

спина  $S$  и изоспина  $T$  пары нуклонов однозначно связаны между собой:  $S=0, T=1$  для четных значений  $J$  и  $S=1, T=0$  для нечетных  $J$ . Расчеты структуры GSM исходя из энергии спаривания, полученной на основе экспериментальных данных по массам атомных ядер, проведены для ядер изобар с  $A=42$  и  $A=134$ . Исходя из зависимости дельта-потенциала от спина  $S$  рассчитаны соотношения изовекторной и изоскалярной компонент парного взаимодействия.

[1] Talmi I. // Simple Models of Complex Nuclei, Harwood Ac. Publ., Chur, 1993.

[2] Ishkhanov B.S., Stepanov M.E., Tretyakova T.Yu. // Moscow University Physics Bulletin, 2014, v.69, p.1.

[3] S. Frauendorf, A.O. Macchiavelli // Prog. in Part. and Nucl. Phys. 2014, v.78, p.24.

## Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ с детектором СНД на ВЭПП-2000

Д.А.ШТОЛЬ

*ИЯФ СО РАН*

**Ключевые слова:** Легкие мезоны, тау-лептон, эта-мезон, ро-мезон.

В эксперименте с детектором СНД на  $e^+e^-$ -коллайдере ВЭПП-2000 измерено сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  ( $\eta \rightarrow 2\gamma$ ) в области энергии  $\sqrt{s} = 1.22-2.00$  ГэВ. Показано, что зависимость сечения процесса от энергии хорошо описывается суммой вкладов резонансов  $\rho(770)$ ,  $\rho(1450)$ ,  $\rho(1700)$ . Спектр инвариантных масс системы  $\pi^+\pi^-$  и угловое распределение  $\eta$ -мезона соответствуют  $\eta\rho$  модели конечного состояния. Полученные результаты согласуются с данными предыдущих экспериментов и имеют более высокую статистическую точность.

# Электрослабые взаимодействия

## Modelling of anomalous $Wtb$ couplings in single top $tW$ -channel and $t\bar{b}$ process

A.BASKAKOV, E.BOOS, V.BUNICHEV, L.DUDKO,  
M.PERFILOV

*SINP MSU*

**Ключевые слова:** top quark, anomalous couplings, CompHEP.

Process with  $tW$  associated production is one of the main single top production processes at the Large Hadron Collider. The modeling of this process is not trivial task due to the interference effects between  $tW$  and double top production processes. We suggest the method for the correct modeling of  $tW$  process with Next-to-Leading order corrections and anomalous structure of  $Wtb$  vertex. This method will be used for the ongoing analysis of LHC experimental data.

## Изучение эффектов CP-нарушения в распаде $\gamma\gamma \rightarrow H \rightarrow \tau^+\tau^-$

Н.Л.БЕЛЯЕВ<sup>1</sup>, Р.В.КОНОПЛИЧ<sup>2,3</sup>, К.А.ПРОКОФЬЕВ<sup>4</sup>,  
D.ZANZI<sup>5</sup>

1. NRNU MEPhI 2. New York University 3. Manhattan College

4. University of Hong Kong 5. University of Melbourne

**Ключевые слова:** БАК, бозон Хиггса, CP-нарушение.

Данный доклад посвящён исследованию процесса  $\gamma\gamma \rightarrow H \rightarrow \tau^+\tau^-$  в рамках поиска CP-нарушения в хиггсовском секторе на Большом Адронном Коллайдере (БАК). Достоинством этого процесса является то, что в нём нарушение CP-чётности может происходить на древесном уровне. Исследование было проведено для адронных мод

распадов тау-лептонов ( $\tau^+\tau^-\rightarrow\pi^+\pi^-\tilde{\nu}_\tau\nu_\tau$  и  $\tau^+\tau^-\rightarrow\rho^+\rho^-\tilde{\nu}_\tau\nu_\tau$ ) на уровне Монте-Карло генераторов. Были исследованы кинематические распределения продуктов распада по угловым переменным с учётом смешивания CP-чётных и CP-нечётных физических состояний бозона Хиггса. Результаты моделирования подтверждают, что используемые наблюдаемые чувствительны к наличию CP-нечётного вклада в вершину  $H\tau\tau$ .

### **Парное рождение бозона Хиггса в моделях с изотриплетами**

С.И.ГОДУНОВ, М.И.ВЫСОЦКИЙ, Е.В.ЖЕМЧУГОВ

*Государственный Научный Центр Российской Федерации  
Институт Теоретической и Экспериментальной Физики*

**Ключевые слова:** бозон Хиггса, Физика за пределами  
Стандартной Модели, модель see-saw.

Рассматривается двойное рождение бозона Хиггса в моделях с изотриплетами. Показано, что в модели see-saw второго типа реакция с промежуточным тяжелым скаляром,  $pp\rightarrow H+X\rightarrow hh+X$ , может иметь сечение, сравнимое с тем, что дает Стандартная Модель. В модели Georgi-Machacek это сечение может быть существенно больше, поскольку в этой модели ограничения на величину вакуумного ожидания нейтральной компоненты триплета гораздо слабее.

### **Нарушение CP-инвариантности в секторе Хиггса HMSSM**

А.В.ГУРСКАЯ

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** расширение стандартной модели, CP-  
нарушение, суперсимметрия, бозон Хиггса.

Доклад посвящен необходимости расширения скалярного сектора Хиггса стандартной модели и внедрения в теорию новых источников нарушения CP-инвариантности. Рассматриваются явное и спонтанное CP-нарушения в секторе Хиггса, которое может быть реализовано посредством комплексных констант взаимодействия, фаз комплексных параметров лагранжиана, а также комплексных вакуумных средних полей Хиггса.

Также обсуждаются результаты наблюдения бозона Хиггса на БАКе, и актуальность поиска суперсимметрии. Представлен ряд сценариев возможной реализации нескольких бозонов Хиггса в рамках неминимальной суперсимметричной модели.

## **Стабильность вакуума эффективного потенциала Хиггса в двухдублетных моделях** М.В.ДОЛГОПОЛОВ

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** потенциал Хиггса, бозоны Хиггса, нарушение симметрии, фазовый переход.

Развиты и оригинально используются методы теории катастроф в приложении к температурной эволюции эффективных потенциалов типа потенциала Хиггса с расширенным двухдублетным сектором и дополнительными синглетными полями. Фоновые поля являются переменными состояния системы, а пространства параметров обобщенной модели содержат управляющие параметры. При критической температуре потенциал приводится нелинейным преобразованием к сумме функции катастрофы и «морсовского седла». Полученный таким способом «препотенциал» позволяет построить сепаратрисы в пространстве параметров исследуемых моделей. Проводится вычисление эволюции управляющих параметров методами

конечнотемпературной теории поля. Развита техника вычислений однопетлевых интегралов в теории поля при конечных температурах. Основным объектом является однопетлевой конечнотемпературный вклад в массовое состояние, явный вид которого совпадает по форме с выражением для свободной энергии идеального газа бозонов. Исследование системы условий для экстремальных поверхностей проводилось с использованием базисов Гребнера. Для иллюстрации результатов рассматривались возможности визуализации поверхностей минимума и сепаратрис при помощи пакета Mathematica.

**Ограничения на конечнотемпературный эффективный потенциал от массы бозона Хиггса**  
**С.П.ЗАВОДОВ, Э.Н.РЫКОВА**

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** Бозон Хиггса, температурный потенциал Хиггса, МССМ, НМССМ.

В минимальной стандартной модели электрослабых взаимодействий предполагается, что спонтанное нарушение калибровочной  $SU(2) \times U(1)$ -симметрии системы взаимодействующих полей и генерация масс заряженных лептонов, кварков и промежуточных векторных бозонов являются следствием взаимодействия лептонных, кварковых и калибровочных полей с единственным  $SU(2)$ -дублетом комплексных скалярных полей Хиггса с ненулевым вакуумным ожиданием.

Модель с сектором Хиггса, содержащим два и более дублетов, а также синглеты, комплексных скалярных полей Хиггса при различных значениях параметров реализует основные состояния с разными свойствами. В процессе охлаждения параметры температурного эффективного потенциала меняются. При этом свойства вакуумного

состояния могут эволюционировать, происходят фазовые переходы. Интересен вопрос об исследовании фазовой эволюции, масс бозонов и параметров температурного потенциала Хиггса.

Последние данные экспериментов на ЛНС сообщают о наблюдении частицы со свойствами бозона Хиггса с массой около 126 ГэВ. При этом необходимо дальнейшее исследование в согласии с низкоэнергетическими данными, температурными поправками, космологическими наблюдениями, предъявляющими ряд ограничений на СМ и ее расширения.

В работе исследуются свойства температурного потенциала Хиггса в моделях МССМ и НМССМ, нахождение условий минимума, вычисление масс бозонов Хиггса и сравнение с экспериментальными данными ЛНС. Предлагаются способы выделения инвариантов потенциала и удобных базисов.

### **Поиск солнечных аксионов 5.5 МэВ с помощью аксиоэлектрического эффекта**

**А.С.КАЮНОВ, А.В.ДЕРБИН, С.В.БАХЛАНОВ,  
И.С.ДРАЧНЕВ, В.Н.МУРАТОВА**

*ПИЯФ*

***Ключевые слова:*** аксион.

Произведен поиск реакции аксиоэлектрического поглощения аксионов с энергией 5.5 МэВ, которые возникают в реакции  $p+d \rightarrow He + \gamma$  (5.5 МэВ) на Солнце. Для поиска использовались BGO – детекторы, размещенные в низкофоновой установке. Для аксиона с массой в интервале (0.1-1) МэВ получены ограничения на константу связи аксиона с электроном:  $g_{Ae} < (1.4-9.7) \cdot 10^{-7}$ .



# Нестабильные лептоны на основе единого подхода О.С. КОСМАЧЕВ

*ОИЯИ*

**Ключевые слова:** лептонный сектор, группы, нестабильные лептоны.

Лептонный сектор в современной физике частиц признан ключевым участком и звеном, связывающим её с астрофизикой и космологией. Такое положение предъявляет повышенные требования к его описанию. Сектор является немногочисленным, поэтому одинаково важной является каждая из его составляющих. Формулировка волновых уравнений для нестабильных лептонов происходит на основе соответствующих групп. Они получаются путем расширения двух типов групп массивных стабильных лептонов, которые связаны с уравнениями Дирака и Майораны. Расширить группу, в данном случае, означает добавить пятый антикоммутирующий генератор к четырём имеющимся. Во всем остальном необходимые исходные предположения остаются теми же, что и для получения уравнения Дирака. Установлено, что можно сформулировать три и только три типа уравнений для нестабильных лептонов. При этом каждое уравнение приобретает свою собственную структуру более сложную, чем у стабильных. Именно она является носителем характеристик каждого лептона.

Два из трех уравнений описывают заряженные лептоны ( $\mu^\pm$ ,  $\tau^\pm$ ), третье – нестабильную массивную нейтральную частицу. Соответствующие им группы были обозначены  $\Delta_1$ ,  $\Delta_3$ ,  $\Delta_2$ . Анализ выявил общность и различия трех типов групп и свойств лептонов, связанных с каждой из них. Структура уравнений нестабильных лептонов свидетельствует о внутренней самосогласованности лептонного сектора в целом, полученного на основе предложенного алгоритма.

## Двухдублетный температурный хиггсовский потенциал в рамках теории катастроф

Е.Ю.ПЕТРОВА, М.Н.ДУБИНИН

НИИЯФ МГУ

**Ключевые слова:** электрослабый фазовый переход, конечнотемпературный двухдублетный потенциал Хиггса, теория катастроф.

Изучение электрослабого фазового перехода в рамках Стандартной модели (в особенности, двухдублетной модели и минимальной суперсимметричной стандартной модели (МССМ)) позволяет детально проанализировать процессы возникновения масс бозонов и фермионов, а также пролить свет на вопросы генерации барионного числа, проблему темной материи, механизмы образования масс нейтрино, возникновение топологических дефектов в ранней Вселенной, понимание процессов в некоторых инфляционных моделях и другие.

В докладе к изучению эффективного конечнотемпературного потенциала Хиггса, являющегося плотностью свободной энергии на ранних стадиях развития Вселенной, применены методы теории катастроф, направленные на выявление качественных закономерностей и получение количественных результатов в системах с внезапными скачкообразными переходами.

В результате указанного подхода получены нелинейные преобразования, приводящие к каноническим формам потенциала Хиггса, характеризующимся функциями-катастрофами  $A_3$  и  $A_5$ . Для найденных функций исследована динамика фазового перехода и получены в рамках принципа Максвелла оценки критических температур в рамках сценариев МССМ.

# Электромагнитные взаимодействия

## Первое измерение спиновых поляризуемостей протона

Г.М.ГУРЕВИЧ от коллаборации A2

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** протон, спин, поляризуемость, комптон-эффект.

Спиновые поляризуемости нуклона – фундаментальные структурные константы, характеризующие отклик спина нуклона на воздействие изменяющегося электромагнитного поля. Наиболее модельно-независимым образом спиновые поляризуемости могут быть получены из измерений комптоновского рассеяния с поляризационными степенями свободы. Коллаборацией A2 были выполнены измерения асимметрий дважды поляризационного комптоновского рассеяния в области  $\Delta(1232)$ -резонанса с использованием циркулярно поляризованных энергетически меченых фотонов от ускорителя MAMI C и поперечно поляризованной протонной мишени. Полученные данные по асимметрии были обработаны с использованием расчетов по дисперсионной модели и в рамках барионной киральной теории возмущений. Анализ, основанный на дисперсионной модели, позволил впервые получить значения всех четырех спиновых поляризуемостей протона:  $\gamma_{E1E1} = -3.5 \pm 1.2$ ,  $\gamma_{M1M1} = 3.16 \pm 0.85$ ,  $\gamma_{E1M2} = -0.7 \pm 1.2$  и  $\gamma_{M1E2} = 1.99 \pm 0.29$  (в единицах  $10^{-4}$  фм<sup>-4</sup>).

**Сравнительное изучение скалярных и тензорных мезонов  
в  $\gamma\gamma^*(Q^2)$  столкновениях**

**А.В.КИСЕЛЁВ, Н.Н.АЧАСОВ**

*Институт математики СО РАН им. С.Л. Соболева*

**Ключевые слова:** скалярный мезон, фотон-фотонные столкновения, конфайнмент, сигма-модель.

В докладе представлено предсказание для сечения процесса  $\gamma\gamma^*(Q^2) \rightarrow \eta\pi^0$ , сделанное на основе описания данных коллаборации Belle по реакции  $\gamma\gamma \rightarrow \eta\pi^0$ .

**Определение поляризуемостей нейтрона из данных по  
комптоновскому рассеянию на дейтроне**

**А.И.ЛЬВОВ, М.И.ЛЕВЧУК**

*Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН,  
Институт физики им.Б.И.Степанова НАН Беларуси*

**Ключевые слова:** комптоновское рассеяние, поляризуемости нуклонов, дейтрон, нейтрон.

Теория комптоновского рассеяния на дейтроне, ранее развитая авторами, применяется для интерпретации недавних экспериментальных данных Лунда и извлечения поляризуемостей нейтрона. Проводится сравнение с результатами расчетов в рамках эффективной теории поля.

**Теория лэмбовского сдвига в ионах мюонного гелия  
А.П.МАРТЫНЕНКО, А.А.КРУТОВ, Г.А.МАРТЫНЕНКО,  
Р.Н.ФАУСТОВ**

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** лэмбовский сдвиг, квантовая электродинамика.

Вычислен лэмбовский сдвиг ( $2P_{1/2}-2S_{1/2}$ ) в ионах мюонного гелия ( $(\mu e^3\text{He})^+$ ,  $(\mu e^4\text{He})^+$ ) в рамках квазипотенциального метода в квантовой электродинамике. Исследованы поправки порядка  $\alpha^3$ ,  $\alpha^4$ ,  $\alpha^5$  и  $\alpha^6$ , связанные с эффектами поляризации вакуума, структуры и отдачи ядра, релятивистскими эффектами. Полученные полные численные значения лэмбовских сдвигов 1259.8583 мэВ ( $(\mu e^3\text{He})^+$ ) и 1379.1107 мэВ ( $(\mu e^4\text{He})^+$ ) могут рассматриваться как надежная оценка при сравнении с экспериментальными данными коллаборации CREMA (Charge Radius Experiment with Muonic Atoms).

**Резонанс в комптоновском процессе  
во внешней активной среде**

Д.А.РУМЯНЦЕВ, А.В.КУЗНЕЦОВ, Д.М.ШЛЕНЕВ

*Ярославский государственный университет (ЯрГУ)  
им. П.Г. Демидова*

**Ключевые слова:** замагниченная плазма, коэффициент поглощения, резонанс.

Рассмотрен комптоноподобный процесс рассеяния фотона на электроне в присутствии магнитного поля и плазмы. Показано, что в случае, когда виртуальный электрон может находиться на произвольном уровне Ландау, амплитуда реакции имеет резонансный характер. Получено простое аналитическое выражение для коэффициента поглощения фотона электроном в случае резонанса. Обсуждаются возможные астрофизические следствия рассматриваемого процесса. Работа выполнена при поддержке проекта № 92 в рамках базовой части государственного задания на НИР ЯрГУ, при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-02-00233-а).

# Закрученные фотоны и электроны как новый инструмент исследований в области физики атомов, ядер и элементарных частиц

В.Г.СЕРБО

*Новосибирский государственный университет, Новосибирск*

**Ключевые слова:** закрученные фотоны и электроны, ненулевой орбитальный момент импульса.

В современной лазерной оптике хорошо известны так называемые "закрученные фотоны" (twisted photons). Речь идёт о таких лазерных пучках, в которых фотоны имеют отличное от нуля значение  $\hbar m$  проекции ОРБИТАЛЬНОГО момента импульса на ось движения пучка. Существует экспериментальная реализация состояний с проекцией  $m = 200$ . Недавно были получены пучки закрученных фотонов с энергией 99 эВ в спиральном ондуляторе установки BESSY II. В теоретических работах [1–3] мы показали, что можно получить закрученные фотоны высокой энергии используя обратное комптоновское рассеяние закрученных лазерных фотонов на ультрарелятивистских электронах.

Недавно несколько групп сообщили о получении закрученных электронов с кинетической энергией порядка 300 кэВ и орбитальным квантовым числом вплоть до значения  $m = 75$ . Было достигнуто замечательное фокусирование электронного пучка закрученных электронов до величины фокального пятна 0.12 нм в диаметре. Обсуждаются эксперименты в Jeffersonlab по ускорению таких электронов до энергий порядка 50 МэВ. \

Закрученные фотоны и электроны могут представлять интерес в физике атомов, ядер и элементарных частиц, поскольку дают в распоряжение экспериментатора дополнительную степень свободы – заданное значение проекции полного момента импульса, отличное от ограниченного значения проекции спина частицы на ось

движения. Необычные характеристики некоторых фундаментальных атомных процессов с закрученными фотонами и электронами (новые правила отбора, необычное угловое распределение и поляризация конечных частиц) обсуждаются в наших недавних работах [4-7].

Литература:

[1] U.D. Jentschura, V.G. Serbo "Generation of high-energy photons with large orbital angular momentum by Compton backscattering", Phys. Rev. Lett. 106 (2011) 013001.

[2] U.D. Jentschura, V.G. Serbo "Compton upconversion of twisted photons: backscattering of particles with non-planar wave functions" Eur. Phys. Journ. C 71 (2011) 1571.

[3] I.P. Ivanov, V.G. Serbo "Scattering of twisted particles: extension to wave packets and orbital helicity" Phys. Rev. A 84 (2011) 033804.

[4] O. Matula, A.G. Hayrapetyan, V.G. Serbo, A. Surzhykov, S. Fritzsche. "Atomic ionization of hydrogen-like ions by twisted photons: angular distribution of emitted electrons", J. of Physics B 46 (2013) 205002.

[5] O. Matula, A.G. Hayrapetyan, V.G. Serbo, A. Surzhykov, S. Fritzsche. "Radiative capture of twisted electrons by bare ions", New J. of Physics 16 (2014) 053024.

[6] H. M. Scholz-Marggraf, S. Fritzsche, V. G. Serbo, A. Afanasev, A. Surzhykov. "Absorption of twisted light by hydrogenlike atoms". Phys. Rev. A 90 (2014) 013425

[7] G.L. Kotkin, V.G. Serbo, A. Surzhykov. "Scattering of twisted electrons on atoms in the Born approximation". In preparation

**Экспериментальное исследование рассеяния  
релятивистских электронов, пересекающих тонкую  
плоскую мишень под малым углом к ее поверхности  
А.В.СЕРОВ<sup>1</sup>, И.А.МАМОНОВ<sup>2</sup>, А.В.КОЛЬЦОВ<sup>1</sup>**

*1. ФИАН, 2. НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** рассеяние, отражение, фольга, релятивистские электроны.

Измерены угловые распределения электронов, пересекающих фольгу и отраженных фольгой из алюминия, меди и свинца. Источником электронов являлся микротрон с энергией частиц 7.4 МэВ. Изучалось влияние материала и толщины фольги, а также угла, под которым пересекается фольга, на направление движения и пространственное распределение прошедших и отраженных электронов. В проведенных экспериментах толщина фольг варьировалась от 50 мкм до 600 мкм, а угол между траекторией инжектированных частиц и поверхностью фольги изменялся от 5° до 60°.

**Сверхтонкая структура мюонного дейтерия  
В.В.СОРОКИН, А.П.МАРТЫНЕНКО, Г.А.МАРТЫНЕНКО,  
Р.Н.ФАУСТОВ**

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** квантовая электродинамика, тонкая, сверхтонкая структура.

Исследования спектров энергии легких мюонных атомов в рамках нового экспериментального проекта CREMA в PSI (Paul Sherrer Institute) в 2010-2014 годах привели к интересным и неожиданным результатам. Измерение частот перехода между уровнями 2S и 2P в мюонном водороде позволило получить на порядок более точное значение



зарядового радиуса протона, которое отличается на 7 стандартных отклонений от значения рекомендованного CODATA. Прецизионные измерения уровней энергии в мюонном дейтерии, ионах мюонного гелия уже выполнены и готовятся к публикации. Они позволят определить зарядовые радиусы этих ядер с точностью 0.0005 фм, стимулируют новые теоретические расчеты эффектов структуры и поляризуемости ядра, а также поиск путей разрешения "загадки радиуса протона", которые лежат за рамками Стандартной Модели. В настоящей работе мы проводим аналитический и численный расчет поправок порядка  $\alpha^5$  и  $\alpha^6$  в сверхтонком расщеплении S- и P-состояний в атоме мюонного дейтерия. Наш подход основан на квазипотенциальном методе в квантовой электродинамике, в котором двухчастично связанное состояние описывается уравнением Шредингера, а потенциал взаимодействия частиц строится в рамках теории возмущений по постоянной тонкой структуре  $\alpha$  и отношению масс частиц. В работе рассматриваются такие эффекты поляризации вакуума, отдачи, структуры ядра, которые имеют принципиальное значение для достижения высокой точности расчета.

## **Сверхтонкая структура основного состояния в ионах мюонного лития**

**А.А.УЛЫБИН, А.П.МАРТЫНЕНКО**

*Самарский государственный университет*

**Ключевые слова:** квантовая электродинамика, сверхтонкая структура спектра.

Ионы мюонного лития  $(\mu e^6_3\text{Li})^+$ ,  $(\mu e^7_3\text{Li})^+$  представляет собой простейшую трехчастичную систему, состоящую из электрона, отрицательно заряженного мюона и положительно заряженного ядра лития. Этот атом имеет сложную

сверхтонкую структуру (СТС), так как сверхтонкое расщепление уровней энергии обусловлено взаимодействием магнитных моментов всех трех частиц. Исследование спектра энергии трехчастичных атомов имеет важное значение для проверки квантовой электродинамики (КЭД). В отличие от уровней энергии двухчастичных атомов, которые изучены в КЭД с очень высокой точностью, теоретические расчеты сверхтонкого расщепления основного состояния мюонного лития были выполнены в рамках вариационного метода с меньшей точностью. В рамках теории возмущений по постоянной тонкой структуре  $\alpha$  и отношению масс электрона и мюона мы вычисляем ряд поправок в малых интервалах СТС, которые важны для получения более точной теоретической величины сверхтонкого расщепления основного состояния: однопетлевые поправки поляризации вакуума порядка  $\alpha^5 \{M_e/M_\mu\}$ ; однопетлевые электронные вершинные поправки порядка  $\alpha^5$ ,  $\alpha^5 \{M_e/M_\mu\}$ ; поправки на структуру ядра порядка  $\alpha^6$ ; релятивистские поправки порядка  $\alpha^6$ .

# Ядро-ядерные взаимодействия ВЭ

## Каонная фемтоскопия в эксперименте ALICE для Pb-Pb и p-p соударений на LHC

Н.М.ЖИГАРЕВА<sup>1,2</sup>, Б.В.БАТЮНЯ<sup>1</sup>, Л.В.МАЛИНИНА<sup>1,3</sup>,  
К.Р.МИХАЙЛОВ<sup>1,2</sup>, Е.П.РОГОЧАЯ<sup>1</sup>

*1. Объединенный Институт Ядерных Исследований, Дубна, Россия, 2. Институт Теоретической и Экспериментальной Физики (“ИТЭФ”), Москва, Россия, 3. Институт Ядерной Физики им. Скобелевича, МГУ, Москва, Россия*

**Ключевые слова:** фемтоскопия, ALICE, LHC, каоны.

Представлены результаты изучения фемтоскопических корреляций заряженных и нейтральных каонов в эксперименте ALICE (LHC) в Pb-Pb и p-p столкновениях при  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  ТэВ и  $\sqrt{s} = 7$  ТэВ, соответственно. Изучение фемтоскопических корреляций позволяет определить пространственно-временные характеристики области рождения частиц, используя эффекты квантовой статистики для тождественных и/или взаимодействия в конечном состоянии для тождественных и нетождественных частиц. Благодаря малым вкладам от распадов резонансов фемтоскопия каонов является идеальным инструментом для корреляционных исследований. В сочетании с пионной и протонной фемтоскопией, они также позволяют выявить свойства коллективного потока в соударениях тяжелых ионов и p-p соударениях на LHC.

**Измерение рождения нейтральных каонов в  
столкновениях ядер при энергии 200 ГэВ**  
Д.А.ИВАНИЦЕВ, А.Я.БЕРДНИКОВ, Д.О.КОТОВ,  
В.Г.РЯБОВ, Ю.Г.РЯБОВ, В.М.САМСОНОВ

*НИЦ КИ ФГБУ "ПИЯФ" ФГАОУ ВО "СПбГПУ"*

**Ключевые слова:** каоны, ядра, столкновения, рождение, измерение.

Исследование рождения каонов в столкновениях релятивистских ядер является частью обширного изучения свойств странных частиц, возникающих при взаимодействии ядер. Совместно с результатами измерения свойств других адронов подобные исследования позволяют провести систематический анализ механизмов рождения частиц в зависимости от их типа, массы, кваркового состава и свойств сталкивающихся ядер.

В докладе представлены последние результаты измерения спектров по поперечному импульсу и факторов ядерной модификации для  $K^*$ - и  $K_s$ -мезонов в столкновениях протонов, ядер дейтерия и золота, ядер золота и ядер меди при энергии 200 ГэВ. Измерения выполнены экспериментальной установкой RHENIX. Произведено сравнение представленных результатов с имеющимися результатами измерения рождения других адронов в тех же самых сталкивающихся системах.

**"Свет Будды" кумулятивных частиц**  
В.Б.КОПЕЛИОВИЧ, Г.К.МАТУШКО, И.К.ПОТАШНИКОВА

*Институт ядерных исследований РАН,  
Университет Санта Мария, Вальпараисо, Чили*

**Ключевые слова:** ядерный gloria-эффект, кумулятивные частицы, азимутальная фокусировка.

Аналитически показано, что в кумулятивном рождении частиц на ядрах многократные процессы приводят к эффекту обратной фокусировки, подобному известному оптическому и атмосферному явлению gloria. Использование метода малого фазового объема, наиболее эффективного в этом случае, позволяет получить зависимость сечения рождения от угла вылета кумулятивной частицы  $d\sigma \sim 1/\sqrt{\pi-\theta}$  вблизи от направления строго назад,  $\pi = \theta$ . Эффект имеет место для любого числа взаимодействий, начиная с  $N = 3$ , упругих и неупругих (с возбуждением и последующим девозбуждением резонансов в промежуточных состояниях), когда конечная частица рождается вблизи от соответствующей кинематической границы. Такое поведение сечения находится в качественном согласии с имеющимися данными. Объяснение этого эффекта, наблюдаемого экспериментально в 1970-х и 1980-х годах в ОИЯИ и ИТЭФ, дано впервые.

### **Измерение свойств лёгких адронов в Cu+Au взаимодействиях при энергии 200 ГэВ**

**Д.О.КОТОВ, Я.А.БЕРДНИКОВ, Д.А.ИВАНИЦЕВ,  
В.Г.РЯБОВ, Ю.Г.РЯБОВ, В.М.САМСОНОВ, А.С.САФОНОВ**  
*НИЦ КИ ФГБУ "ПИАФ" ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный политехнический университет»*

**Ключевые слова:** адроны, мезоны, рождение, поток.

Первые экспериментальные данные о взаимодействии асимметричных ядер (Cu+Au) были получены в экспериментальной установке ФЕНИКС на коллайдере RHIC в 2012 году. Интегральная светимость накопленного массива данных составляет  $2.4 \text{ нбн}^{-1}$ . Столкновения асимметричных ядер (Cu+Au) существенно отличаются геометрией перекрытия от случая столкновения симметричных ядер

(Cu+Cu, Au+Au). Это приводит к ряду последствий, которые позволяют получить более полные и точные данные о фундаментальных свойствах квантовохромодинамической материи в экстремальных условиях.

Экспериментом ФЕНИКС на коллайдере RHIC были измерены спектры рождения по поперечному импульсу и факторы ядерной модификации для пионов и протонов в Cu+Au столкновениях при энергии 200 ГэВ. В докладе также будут представлены новые экспериментальные данные по измерению потоков различного порядка ( $v_1$ ,  $v_2$ ), для легких адронов в Cu+Au столкновениях при энергии 200 ГэВ.

## **Корреляционная фемтоскопия в эксперименте ALICE**

Л.В.МАЛИНИНА от коллаборации ALICE

*НИИЯФ МГУ и ОИЯИ*

**Ключевые слова:** кварк-глюонная плазма, соударения тяжелых ионов, фемтоскопия.

Корреляционная фемтоскопия позволяет измерить пространственно-временные характеристики рождения частиц, используя эффекты квантовой статистики (для тождественных частиц) и взаимодействия в конечном состоянии. Представлен обзор экспериментальных данных, полученных в pp, Pb-Pb и pPb соударениях при энергиях LHC коллаборацией ALICE.

## **Анализ фемтоскопических корреляций заряженных мезонов в эксперименте SELEX**

**Г.А.НИГМАТКУЛОВ от коллаборации SELEX**

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** Корреляционная фемтоскопия, НВТ интенсивная интерферометрия, квантово-статистические корреляции.

Измерение корреляций тождественных частиц с малыми относительными импульсами позволяет извлекать информацию о пространственно-временной структуре области испускания. Представлены результаты одномерного анализа корреляций тождественных заряженных мезонов с малым относительным импульсом в эксперименте SELEX (E-781). Получены зависимости параметров области испускания от поперечных импульсов пары частиц, образовавшихся при взаимодействии 600 ГэВ/с гиперонного, пионного и 540 ГэВ/с протонного пучков с медной и углеродной мишенями.

## **Энергетическая зависимость геометрии источника вторичных пионов в ядро-ядерных взаимодействиях** **В.А.ОКОРОКОВ**

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** фемтоскопия, тяжелые ионы, кварк-глюонная плазма.

Представлены результаты изучения энергетических зависимостей для широкого набора пространственно-временных характеристик области испускания вторичных заряженных пионов в различных ядро-ядерных взаимодействиях. Впервые предложено использовать нормированные значения некоторых характеристик, что

позволяет получать общие зависимости для симметричных и асимметричных столкновений. Предложена аналитическая функция для аппроксимации энергетических зависимостей основных пространственно-временных характеристик. Фитирующие кривые демонстрируют разумное согласие с экспериментальными данными при энергиях столкновений не менее 4–5 ГэВ. Получены оценки геометрических параметров области испускания вторичных пионов при высоких энергиях.

**Азимутальный поток и корреляции в соударениях тяжелых ионов в эксперименте CMS на LHC и их описание в модели HYDJET++**  
С.В.ПЕТРУШАНКО от CMS Collaboration

*НИИЯФ МГУ*

**Ключевые слова:** азимутальный поток, азимутальная анизотропия, ядро-ядерные столкновения, азимутальные корреляции, кварк-глюонная плазма.

В докладе дается обзор последних данных о азимутальном потоке и корреляциях в соударениях тяжелых ионов в эксперименте CMS на LHC, а также рассказывает о их описании в рамках модели ядро-ядерных взаимодействий HYDJET++.

**Анализ  $\pi^0$ -адронных корреляций в столкновениях p-Pb и Pb-Pb в эксперименте ALICE**  
Д.Е.ПОНОМАРЕНКО от коллаборации ALICE

*НИЦ "Курчатовский институт", НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** кварк-глюонная материя, функция фрагментации, азимутальные корреляции.



Жесткий партон, проходя сквозь горячую кварк-глюонную материю, теряет часть своей энергии в результате упругих и неупругих столкновений с партонами материи. Экспериментально эффект взаимодействия жесткого партона с горячей кварк-глюонной материей можно исследовать, наблюдая за изменением функции фрагментации в столкновениях p-Pb и Pb-Pb.

Благодаря тому, что нейтральные пионы могут быть надежно идентифицированы по двухфотонному распаду, удобно рассматривать двухчастичные корреляции относительно триггерной частицы – нейтрального пиона. Сравнение двухчастичных азимутальных корреляций в различных столкновениях позволяет изучить разницу между процессами протекающими в “холодной” и “горячей” ядерной материи, образующихся в протон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях соответственно.

Эксперимент ALICE включает высокогранулярный электромагнитный калориметр PHOS, позволяющий регистрировать нейтральные пионы вплоть до поперечных импульсов 50 ГэВ. С другой стороны, отличная трековая система, покрывающая полный азимутальный угол, позволяет исследовать двухчастичные пион-адронные корреляции.

В докладе будет представлен статус анализа  $\pi^0$ -адронных корреляций в столкновениях p-Pb при  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV и Pb-Pb при  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV. В качестве триггерных частиц брались нейтральные пионы, полученные с помощью спектрометра PHOS. В качестве ассоциированных частиц брались заряженные неидентифицированные адроны, которые измерялись с помощью трековой системы ALICE.

## Jet measurements by ALICE at LHC

R.SULTANOV

*ALICE, ITEP*

**Ключевые слова:** jet physics, ALICE collaboration, QGP studies.

Jets are collimated sprays of particles originating from fragmentation of high energy partons produced in a hard collision. They are an important diagnostic tool in studies of the Quark Gluon Plasma (QGP). The modification of the jet fragmentation pattern and its structure is a signature for the influence of hot and dense matter on the parton fragmentation process. Jet measurements in proton-proton collisions provide a baseline for similar measurements in heavy-ion collisions, while studies in proton-nucleus system allow to estimate cold nuclear matter effects.

Here we present jet studies in different colliding systems (p-p, p-Pb, Pb-Pb) performed by the ALICE collaboration at LHC energies. Results on jet spectra, cross sections, nuclear modification factors, jet structure and other kinematic observables will be presented.

**Измерение множественности заряженных частиц в зависимости от псевдобыстроты в p+Pb столкновениях при энергии  $\sqrt{s} = 5.02$  ТэВ/нуклон в эксперименте АТЛАС**  
А.В.АНТОНОВ, С.Л.ТИМОШЕНКО, Н.А.КОРОТКОВА

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** физика тяжелых ионов, АТЛАС, множественность частиц.

Представлены результаты анализа множественности рождения заряженных частиц в протон-ионных (p+Pb) столкновениях в условиях эксперимента АТЛАС на

ускорителе LHC при энергии в системе центра масс  $\sqrt{s} = 5$  ТэВ/нуклон. Реконструкция заряженных частиц выполнена в широком диапазоне псевдобыстрот  $|\eta| < 2.7$  и основана на измерении количества трековых объектов с использованием пиксельного детектора эксперимента ATLAS. Центральность протон-ионных столкновений определялась по измерению полной поперечной энергии в диапазоне псевдобыстрот  $3.2 < |\eta| < 4.9$  в направлении пучка свинца. Обнаружено, что распределение  $dN_{ch}/d\eta$  сильно зависит от центральности p+Pb столкновений.

**Результаты измерений зависимости рождения  
заряженных частиц от поперечного импульса в p+Pb**

**столкновениях при  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  ТэВ,**

**в эксперименте ATLAS**

**Е.А.ШУЛЬГА от коллаборации ATLAS**

*НИЯУ "МИФИ"*

**Ключевые слова:** тяжелые ионы, спектры, протон-ионные взаимодействия.

Высокоэнергетичные протон-ионные столкновения обеспечивают идеальную среду для понимания роли ядерной среды при различных степенях жёсткого рассеяния. Как ожидается, несколько физических эффектов могут привести к отклонению от простой пропорциональности числу бинарных нуклон-нуклонных столкновений, относящихся к системе протон-ядро. Изучение рождения заряженных частиц дает ценную информацию для понимания роли этих эффектов и их вкладе в физику горячей плотной материи, образующейся в столкновениях тяжелых ионов. ATLAS измерил зависимость рождения заряженных частиц от быстроты и поперечного импульса в p+Pb столкновениях при  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  ТэВ.

Центральность в  $p+Pb$  столкновениях характеризуется полной поперечной энергией, измеренной в одном из передних калориметров ATLAS. Потоки частиц, приходящиеся на одно  $p+Pb$  взаимодействие показаны в сравнении с сечением от  $p+p$  взаимодействий, полученных при помощи интерполяции измерений при  $\sqrt{s} = 2.76$  и  $7$  ТэВ.

# Тяжелые ионы

## Легкие фрагменты при фрагментации ионов углерода при 0.3-2.0 GeV/n: сравнение с моделями ион-ионных взаимодействий

Б.М.АБРАМОВ, П.А.АЛЕКСЕЕВ, Ю.А.БОРОДИН,  
С.А.БУЛЫЧЕВ, И.А.ДУХОВСКОЙ, А.П.КРУТЕНКОВА,  
В.В.КУЛИКОВ, М.А.МАРТЕМЬЯНОВ, М.А.МАЦЮК,  
Е.Н.ТУРДАКИНА, А.И.ХАНОВ

*ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ НИЦ "Курчатовский институт",  
Москва, Россия С.Г.Машиник*

*Национальная лаборатория Лос-Аламоса, Лос-Аламос, НМ,  
США*

**Ключевые слова:** ион-ионные взаимодействия, легкие фрагменты, модели ион-ионных взаимодействий.

На тяжелоионном комплексе ТВН ИТЭФ (эксперимент ФРАГМ) измерены импульсные распределения изотопов водорода и гелия при фрагментации ионов углерода под углом  $3.5^\circ$  на бериллиевой мишени. Для энергий 0.3, 0.6, 0.95 и 2 ГэВ/нуклон импульсные спектры охватывают область фрагментационного пика, а также кумулятивную. Дифференциальные сечения перекрывают 6 порядков величины.

Полученные спектры сравниваются с предсказаниями четырех моделей ион-ионных взаимодействий LAQGSM03.03, SHIELD-HIT, QMD and BC. Проведен также анализ результатов в рамках термодинамического подхода, где температуры ядерного вещества в фрагментационной и кумулятивной областях получены в зависимости от энергии налетающего ядра углерода.

## Elliptic flow feasibility study for the NICA/MPD project N.GERAKSIEV

*JINR*

**Ключевые слова:** Heavy Ion collisions, elliptic flow

Anisotropic flow measurements are an important aspect of heavy ion collision studies. A brief introduction to the proposed NICA/MPD project has been presented and the elliptic flow of reconstructed and identified hadrons (p, pi, K, Lambda) has been estimated. Evaluation has been carried out utilizing the UrQMD generator and the event plane method.

### Зарядовая топология когерентной диссоциации релятивистских ядер $^{11}\text{C}$ и $^{12}\text{N}$

П.И.ЗАРУБИН, Д.А.АРТЕМЕНКОВ, А.А.ЗАЙЦЕВ,  
Н.К.КОРНЕГРУЦА, В.В.РУСАКОВА

*Объединенный институт ядерных исследований, Дубна,  
Россия.*

**Ключевые слова:** релятивистские радиоактивные ядра, кластерная структура, ядерная эмульсия.

Представлена зарядовая топология событий когерентной диссоциации ядер  $^{11}\text{C}$  и  $^{12}\text{N}$  с энергией 1.2 А ГэВ в ядерной эмульсии и дано ее сравнение с данными по ядрам  $^7\text{Be}$ ,  $^8,^{10}\text{B}$ ,  $^9,^{10}\text{C}$  и  $^{14}\text{N}$ . В целом, данные отражают структуру  $^{11}\text{C}$  как суперпозицию состояний на основе ядер  $^{10}\text{B}$  и  $^7\text{Be}$ , что задает дальнейшую направленность этого исследования. Обсужденные аспекты дают мотивацию для нового цикла работ на основе выполненного облучения для наращивания статистики «белых» звезд  $^{11}\text{C}$ , проведения измерений многократного рассеяния для идентификации изотопов He и H, угловых измерений для определения доли распадов  $^8\text{Be}$  и исследования динамики диссоциации. Отбор значений

полного поперечного импульса релятивистских фрагментов в пределах, характерных для дифракционной диссоциации, позволит косвенным образом компенсировать невозможность прямой идентификации изотопов тяжелее He. Эти данные позволяют более обоснованную интерпретацию зарядовой топологии «белых» звезд, рожденных релятивистскими ядрами  $^{12}\text{N}$ .

**Перспективы изучения плотной ядерной материи на  
установке NICA/MPD с использованием  
электромагнитных и странных пробников  
В.А.ВАСЕНДИНА, А.И.ЗИНЧЕНКО**

*Лаборатория физики высоких энергий Объединенного  
института ядерных исследований*

**Ключевые слова:** Тяжелые ионы, электрон-позитронные пары, странные частицы, плотная ядерная материя

Основной задачей физической программы эксперимента NICA/MPD является изучение свойств ядерной материи при экстремальных условиях, достигаемых в столкновениях тяжелых ионов. Эти свойства могут проявляться при образовании различных пробников, среди которых наиболее перспективными являются лептон-антилептонные пары и странные адроны.

В докладе будут представлены характеристики установки MPD для измерения электрон-позитронных пар и странных частиц ( $\Lambda$ ,  $X^-$  и  $\Omega^-$  гиперонов и их античастиц  $\bar{\Lambda}$ ,  $\bar{X}^+$  и  $\bar{\Omega}^+$ , а также гиперядер  $^3_{\Lambda}\text{H}$ ) в центральных взаимодействиях Au+Au при энергиях NICA.

## **Изучение образования кластеров и гиперядер в экспериментах NICA/MPD и BM@N**

**В.А.КИРЕЕВ**

*Объединённый Институт Ядерных Исследований*

**Ключевые слова:** тяжёлые ионы.

Столкновения тяжелых ионов, которые планируется осуществлять в рамках проекта NICA/MPD, представляют уникальную возможность создать и исследовать горячую плотную материю в лабораторных условиях. Одна из наиболее интересных целей проекта – это изучение гиперядер, рождающихся в таких столкновениях.

Мы приводим первые результаты моделирования образования кластеров и гиперядер моделью PHSD+SACA (Parton-Hadron-Strings dynamics + Simulated Annealing Clusterization Algorithm) на энергиях Нуклотрона и NICA. Поиск кластеров в SACA основан на процедуре поиска наиболее связанных состояний фрагментов и нуклонов.

На основании существующих предсказаний модели мы изучаем возможность обнаружения кластеров и гиперядер детекторами BM@N и NICA/MPD.



# Теория

## Геометрическая интерпретация BCFW рекурсии для форм факторов в $N=4$ SYM

Л.В.БОРК

*ИТЭФ, ВНИИА*

**Ключевые слова:** форм факторы, амплитуды, BCFW, суперсимметрия,  $N = 4$  SYM.

Обсуждаются различные виды рекуррентных соотношений (BCFW и all-line shift) для древесных форм факторов операторов из супермультиплета тензора энергии импульса в  $N = 4$  SYM. Построены явные решения BCFW рекуррентных соотношений для NMHV сектора спиральных конфигураций форм факторов. На примере NMHV сектора обсуждается вопрос о сокращении нефизических полюсов в решениях BCFW рекуррентных соотношений.

Показано, что сокращение нефизических полюсов наиболее просто может быть продемонстрировано в геометрической интерпретации форм факторов как объемов политопов в  $CP^4$ .

## **Изучение фазовой диаграммы $SU(2)$ КХД в плоскости температура-химический потенциал**

С.Н.ВАЛГУШЕВ, В.В.БРАГУТА, Е.-М.ИЛЬГЕНФРИЦ,  
А.Ю.КОТОВ, М.МЮЛЛЕР-ПРОЙСКЕР, А.А.НИКОЛАЕВ

*ИТЭФ*

**Ключевые слова:** КХД, ненулевая барионная плотность, гибридное Монте-Карло.

Представлены предварительные результаты расчетов фазовой диаграммы  $SU(2)$  КХД в плоскости температура-химический потенциал, выполненные методом гибридного Монте-Карло в рамках решеточной теории поля с динамическими фермионами. В ходе работы было изучено поведение петли Полякова и фермионного конденсата.

## **Представление Баргмана в пространстве Крейна**

Ю.С.ВЕРНОВ, М.Н.МНАЦАКАНОВА

*Институт Ядерных Исследований РАН,*

*Научно-исследовательский Институт Ядерной Физики МГУ*

**Ключевые слова:** канонические коммутационные соотношения, индефинитная метрика.

Известно, что представление канонических коммутационных соотношений (ККС), реализуемое линейной комбинацией координаты и её производной, сводится к шредингеровскому или баргмановскому представлению, причем этот результат справедлив не только в гильбертовом пространстве, но и в пространстве Крейна.

В представленном докладе найдено скалярное произведение для регулярных представлений ККС в пространстве Крейна, являющееся обобщением скалярного произведения Баргмана, введенного им в пространстве Гильберта.

**Неопределенности вычислений сечений Дрелла-Яна**  
**М.Г.ГАВРИЛЕНКО**

*ОИЯИ, научно-экспериментальный отдел физики на CMS.*

**Ключевые слова:** сечение, Дрелл-Ян.

Доклад содержит материалы по неопределенности вычислений сечений Дрелла-Яна.

**О возможной динамической реализации регуляризации**  
**Паули-Вилларса**

А.А.КИРИЛЛОВ, Е.П.САВЁЛОВА

*Государственный Университет Дубна*

**Ключевые слова:** регуляризация Паули-Вилларса

Регуляризация Паули-Вилларса предполагает введение вспомогательных масс которые в конечных выражениях устремляют к бесконечности. С самого начала предполагалась возможность существования теории, в которой подобные массы остаются конечными и соответствуют реальным частицам и полям. В докладе мы показываем что роль таких вспомогательных масс и частиц могут играть виртуальные кротовые норы. Виртуальная кротовая нора может быть представлена, как процесс отсоединения и последующего обратного присоединения дочерней вселенной. При этом каждое поле приобретает дополнительные степени свободы (что и соответствует вспомогательным полям). Поскольку дочерняя вселенная замкнута и имеет Планковский размер возбуждение в ней частиц возможно с планковских энергий и такие частицы обладают планковской массой. Более того, поскольку число дочерних вселенных может быть произвольно велико, то и число возникающих вспомогательных полей и масс также неограниченно. Для примера мы рассматриваем свободное

скалярное поле и выводим эффективное действие учитывающее взаимодействие с кротовыми норами. Показано, что учет кротовых нор приводит к добавлению двух дополнительных нелокальных членов к действию. Первый член соответствует рассеянию на кротовых норах, а его разложение по малому параметру (среднему размеру кротовых нор) в точности воспроизводит процедуру регуляризации Паули-Вилларса. Второй член вводит самодействие, соответствующее обратной реакции частиц на плотность кротовых нор.

**Реджевская вершина для рождения кварка в центральной области быстрот в следующем за главным приближении,  
М.Г.КОЗЛОВ, А.В.РЕЗНИЧЕНКО**

*Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН,  
Новосибирский государственный университет*

**Ключевые слова:** реджезация кварка, КХД, мультиреджевская кинематика.

Для формулировки гипотезы о мультиреджевской форме амплитуды с кварковыми и глюонными обменами в следующем за главным логарифмическом приближении не хватает одного компонента – эффективной реджевской вершины рождения кварка в центральной области быстрот в следующем за главным приближении. Мы вычислили недостающую реджевскую вершину, рассмотрев процесс рассеяния кварка на цветном скаляре  $SQ \rightarrow S'Q'\gamma$  в однопетлевом приближении в мультиреджевской кинематике. Вычисления интегралов проводились с помощью пакета LiteRed для Mathematica. Эффективная вершина получена в разложении по  $D-4$ , где  $D$  – размерность пространства-времени.

**Двухцветная КХД с киральным химическим потенциалом**  
**А.Ю.КОТОВ, В.В.БРАГУТА, В.А.ГОЙ, М.ИЛЬГЕНФРИТЦ,**  
**А.В.МОЛОЧКОВ, М.МЮЛЛЕР-ПРОЙСКЕР**

*ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ" НИЦ "КИ"*

**Ключевые слова:** Фазовая диаграмма КХД, решеточные вычисления, ненулевая киральная плотность.

Представлены результаты моделирования  $SU(2)$  КХД с ненулевым киральным химическим потенциалом методом Монте-Карло. Проведено изучение зависимости Поляковской линии и кирального конденсата от константы связи и кирального химического потенциала. Показано, что критическая температура фазового перехода конфаинмент-деконфаинмент увеличивается с увеличением киральности среды, что противоречит результатам, ранее полученным в рамках различных эффективных моделей КХД.

**Сверхслабая (нечёткая) топология и геометрическое  
квантование**  
**С.Н.МАЙБУРОВ**

*ФИАН РАН*

**Ключевые слова:** нечёткая топология, геометрическое квантование.

Переформулирование формализма квантования в чисто геометрическом виде может иметь важное значение для квантовой гравитации и теории калибровочных полей. В работе показано, что для описания релятивистской квантовой механики может быть использовано евклидово многообразие с нечёткой топологией. Каждый элемент (точка) такого многообразия имеет принципиальную неопределенность координат в любой системе отсчёта. Свободная эволюция такой точки соответствует уравнению Дирака со спином  $1/2$ ,

Гильбертово пространство состояний может быть выведено из свойств данного многообразия.

**Внутренняя симметрия, квантовый принцип  
относительности и калибровочная инвариантность**  
Р.С.МАКИН

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** Внутренняя симметрия, преобразования Пуанкаре, калибровочная инвариантность.

Рассмотрены вопросы микроскопической пространственно-временной симметрии как физической основы внутренней симметрии на основе теории представлений. Основным отличием рассматриваемого подхода является введение квантованных преобразований Пуанкаре. Последовательный анализ внутренней симметрии позволяет установить связь между такими общими принципами, как квантовый принцип относительности и принцип локальной калибровочной инвариантности (ЛКИ). В свою очередь, это позволяет трактовать преобразования Янга-Миллса как квантованное преобразование Пуанкаре. Рассмотрен также вопрос возможной количественной проверки природы преобразований Янга-Миллса и ЛКИ.

**Кластерные свойства функций Уайтмана в НКТП**  
Ю.С.ВЕРНОВ, М.Н.МНАЦАКАНОВА

*Институт Ядерных Исследований РАН,  
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени  
Д.В. Скобельцына Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова*

**Ключевые слова:** некоммутативная квантовая теория поля, функции Уайтмана

Доказаны кластерные свойства функций Уайтмана в некоммутативной квантовой теории поля (НКТП). Сначала это сделано в том варианте теории, в котором время коммутирует с пространственными переменными. Кластерные свойства функций Уайтмана доказываются без применения условия локальной коммутативности. Затем этот результат распространяется на тот вариант НКТП, в котором все переменные не коммутируют.

### **Кварковые ансамбли с бесконечной корреляционной длиной**

Г.М.ЗИНОВЬЕВ<sup>1</sup>, С.В.МОЛОДЦОВ<sup>2,3</sup>

- 1. Институт теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова  
НАН Украины, 03143, Киев, Украина,*
- 2. Институт теоретической и экспериментальной физики,  
117259, Москва, Россия,*
- 3. Объединенный институт ядерных исследований, 141980,  
Дубна, Московская область, Россия*

**Ключевые слова:** точно интегрируемые (кварковые) модели квантовой теории.

Рассматривается ряд точно интегрируемых (кварковых) моделей квантовой теории поля с бесконечной корреляционной длиной. Отмечается неустойчивость стандартного вакуумного кваркового ансамбля–моря Дирака (в случае пространственно-временной размерности выше трех), связанная с сильной вырожденностью состояния, которая обусловлена характером распределения по энергии. При стремлении параметра обрезания по импульсу к бесконечности распределение становится бесконечно узким, приводящим к большим (неограниченным) флуктуациям. Проводится сравнение различных вакуумных ансамблей: моря Дирака, нейтрального ансамбля, цветового сверхпроводника и БКШ состояния. В случае цветового

кваркового взаимодействия, делается однозначный выбор в пользу БКШ состояния, как основного состояния кваркового ансамбля.

**Представление квантовой теории поля с конечными  
перенормировками масс и констант связи  
элементарных частиц**  
В.П.НЕЗНАМОВ

*Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИЭФ*

**Ключевые слова:** квантовая теория поля, гамильтониан, зависящее от времени унитарное преобразование, перенормировка масс, перенормировка заряда.

В работе предложена формулировка квантовой теории поля без перенормировок масс и констант связи фермионов. Контрчлены, компенсирующие во всех порядках теории возмущений расходящиеся величины в собственно-энергетических диаграммах фермионов и в диаграммах поляризации вакуума, возникают в соответствующих гамильтонианах при проведении специального унитарного преобразования, зависящего от времени.

**Высшие регуляторы и функциональная  
ренормализационная группа**  
С.Л.ОГАРКОВ

*ФГУП ВНИИА*

**Ключевые слова:** функциональная ренормгруппа, фазовые переходы.

Рассматривается новая формулировка точных потоковых уравнений метода функциональной (непертурбативной) ренормализационной группы (ФРГ) для



теории  $\varphi^4$ . Обсуждаются их свойства. Для случая высшего регулятора четвертого порядка выведен новый класс ФРГ потоковых уравнений. Получено автомодельное решение этих уравнений для нового класса фиксированных точек.

### **3D-область взаимодействия при высоких энергиях и статические КХД струны**

**В.А.ПЕТРОВ**

*Институт физики высоких энергий*

**Ключевые слова:** Редже-полус, Померон, КХД-струны.

Показано, что связь поперечных размеров статической КХД - струны с её длиной в точности совпадает с формулой, связывающей размер поперечной области взаимодействия адронов со средним размером продольной области взаимодействия в области энергий с доминантностью однореджеонного обмена. На основе учёта многопомеронных обменов при сверхвысоких энергиях предложено выражение для толщины струны как функции её длины (при очень больших длинах), предположительно соответствующее учёту всех топологий струны (ручек и дырок).

### **Применение методов квантовой теории поля в исследовании нелинейного уравнения Шредингера и канала связи с гауссовским шумом**

**А.В.РЕЗНИЧЕНКО, И.С.ТЕРЕХОВ, С.К.ТУРИЦЫН**

*Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера,  
Новосибирский государственный университет*

**Ключевые слова:** нелинейное уравнение Шредингера, теория поля.

Представлены результаты вычисления взаимной информации (mutual information) в канале связи, описываемом нелинейным уравнением Шредингера, при большом отношении сигнал-шум. Вычисления проведены в рамках квантовополевого представления для функционала условной вероятности через континуальный интеграл от экспоненты с эффективным действием определенной полевой теории. Вычисления проведены для нелинейного канала с аддитивным гауссовским шумом в рамках теории возмущений в квази-классическом режиме. Нами впервые показано, что главная поправка по нелинейности канала является положительной, т.е. емкость нелинейного канала может превышать линейный шенноновский предел.

### **Перенормировка поляковской петли и универсальность Р.Н.РОГАЛЁВ, В.К.МИТРЮШКИН**

*ИФВЭ, ОИЯИ*

**Ключевые слова:** Поляковская петля, перенормировка.

В рамках решёточной SU(2) калибровочной теории при конечной температуре исследована перенормируемость поляковской петли. Показано, что перенормировочный множитель по-разному зависит от температуры в фазе конфайнмента и деконфайнмента.

### **Асимптотическое поведение двойных партонных распределений в КХД А.М.СНИГИРЕВ**

*SINP MSU*

**Ключевые слова:** double parton distribution, QCD.

Using the explicit form of the solutions of evolution equations in the Mellin representation we conclude that the double parton distribution functions "forget" the initial correlation conditions (unknown a priori) at not parametrically small longitudinal momentum fractions and the correlations perturbatively calculated survive only in the limit of large enough hard scales.

**Зависящие от времени неравенства Вигнера для  
нестационарных и открытых квантовых систем**  
Н.В.НИКИТИН, В.П.СОТНИКОВ, К.С.ТОМС

*МГУ им. М.В. Ломоносова*

**Ключевые слова:** неравенства Белла; спиновые корреляции; осцилляции мезонов.

При помощи колмогоровского формализма теории вероятности и принципа локального реализма получена новая форма зависящих от времени неравенств Белла в форме Вигнера. Эти неравенства возможно использовать как в нерелятивистской квантовой механике при наличии классического внешнего поля, так и в квантовой теории поля, где принципиально невозможно исключить зависящее от времени взаимодействие между полями. В качестве примера применения данных неравенств рассмотрены коррелированные спины во внешнем магнитном поле, осцилляции нейтральных мезонов и распады псевдоскалярных частиц. Продемонстрировано расширение диапазона параметров, при которых полученные неравенства нарушаются, по сравнению с набором параметров, при которых могут нарушаться классические неравенства Белла в форме Вигнера.

**Скачки многочастичных амплитуд в мульти-реджевской  
кинематике и БДС анзац**

**В.С.ФАДИН**

*Институт ядерной физики СО РАН*

**Ключевые слова:** Уравнение БФКЛ, мульти-реджевская кинематика, скачки амплитуд, БДС анзац.

В подходе БФКЛ рассматриваются скачки амплитуд многочастичных процессов по инвариантным массам пар рождающихся частиц. Оказывается, уже в главном логарифмическом приближении эти скачки находятся в явном противоречии с анзацем Берна-Диксона-Смирнова для  $n$ -глюонных амплитуд при  $n > 5$ . Скачок амплитуды рождения двух глюонов по их инвариантной массе вычисляется в следующем за главным приближении в  $N = 4$  СЯМ при большом числе цветов.

# Нейтрино

## Результаты эксперимента ЕХО-200

В.А.БЕЛОВ от ЕХО-200

*НИЦ "КИ" ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ"*

**Ключевые слова:** нейтрино, ксенон, двойной бета-распад.

Приведены описание и последние результаты эксперимента ЕХО-200 по поиску двойного бета-распада  $^{136}\text{Xe}$ . Установка представляет собой время-проекционную камеру на жидком ксеноне, позволяющую регистрировать сцинтилляционный и ионизационный сигналы. Детектор содержит 175 кг ксенона, обогащённого до 80.6% по изотопу  $^{136}\text{Xe}$ , и расположен в низкофоновой подземной лаборатории. Скрупулёзный отбор материалов, тщательная очистка компонентов детектора перед сборкой и возможность различать события от электронов и гамма-квантов позволили получить самый низкий уровень фона. Применение передовых методов обработки сигналов позволило значительно улучшить энергетическое разрешение. Проанализированы новые объёмы данных, набранных до сентября 2013. В эксперименте проведено новое измерение периода полураспада двухнейтринного канала распада  $^{136}\text{Xe}$ , которое является самым точным результатом среди всех измерений  $2\nu\beta\beta$  распадов. Также поставлены жесткие ограничения на период полураспада в безнейтринном канале и майорановскую массу нейтрино. Эксперимент ЕХО-200 наряду с KamLAND-Zen и GERDA является на сегодняшний день одним из лучших действующих экспериментов по поиску двойного бета-распада.

**Измерение активности высокоинтенсивных  
искусственных источников нейтрино  
калориметрическим методом**  
Е.П.ВЕРЕТЕНКИН, В.Н.ГАВРИН, Ю.П.КОЗЛОВА,  
И.Н.МИРМОВ

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** нейтринный источник, калориметр, активность.

В экспериментах по поиску возможных переходов нейтрино в стерильное состояние с использованием высокоинтенсивных искусственных источников нейтрино особенное важное значение имеет точность измерения активности источника. В работе представлены результаты, полученные на разработанном для эксперимента BEST прототипе проточного лабиринтного калориметра, показывающие возможности измерения активности источника нейтрино на основе  $^{51}\text{Cr}$  интенсивностью выше 3 МКи с точностью не хуже 1 %.

**Солнечные нейтрино в экспериментах SAGE и Bogexino**  
В.Н.ГАВРИН

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:**  $\nu_{\mu}$  нейтрино, спектр, светимость Солнца, галлиевые эксперименты, Bogexino.

В докладе представлен обзор развития экспериментальных исследований солнечных нейтрино. Дана оценка вклада галлиевых экспериментов и эксперимента Bogexino в решение проблемы определения величины потока  $\nu_{\mu}$  нейтрино от Солнца. Обсуждаются исключительные возможности жидкостинцилляционных детекторов для исследований в области физики нейтрино и нейтринной

астрофизики, продемонстрированные новыми результатами эксперимента Borexino.

**Измерение активности нейтринного источника Cr51 по спектру гамма-излучения**

**В.В.ГОРБАЧЁВ, В.Н.ГАВРИН, Т.В.ИБРАГИМОВА,  
А.В.КАЛИХОВ, Ю.Н.МАЛЫШКИН, А.А.ШИХИН**

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** искусственные нейтринные источники, гамма-активность.

Описывается метод определения активности интенсивного неоднородного объёмного источника нейтрино Cr51 по измерению спектра его гамма-излучения.

**Исследования антинейтрино и его источников в эксперименте Борексино**

**М.Б.ГРОМОВ** от Borexino Collaboration

*Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,  
НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына*

**Ключевые слова:** антинейтрино, гео-нейтрино, стерильные нейтрино, Borexino, SOX.

Регистрация антинейтрино от разных источников в детекторе Borexino даёт возможность проводить разносторонние междисциплинарные исследования. В настоящее время эксперимент находится на своей второй стадии (Phase-II). В физическую программу входят следующие цели, которые частично или полностью связаны с детектированием антинейтрино: поиск стерильных нейтрино и других эффектов на короткой базе (аномалия реакторных антинейтрино); измерение аномального магнитного момента

нейтрино; угла Вайнберга и констант слабого взаимодействия  $g_A$ ,  $g_V$  в области низких энергий; изучение компонентного состава, структуры Земли и процессов, протекающих в её недрах, по наблюдаемому потоку гео-нейтрино; поиск вспышек сверхновых в нашей галактике, а также поиск возможных корреляций между нейтринными событиями и гамма-всплесками; исследование атмосферных антинейтрино с энергиями ниже 100 МэВ. В докладе дан краткий обзор текущих результатов и указаны перспективы.

**Сечение реакции превращения нейтрино-антинейтринной пары в электрон-позитронную пару и его использование в астрофизических расчетах: работа над ошибками**  
**А.В.КУЗНЕЦОВ, В.Н.САВИН**

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (филиал, г. Ярославль)*

**Ключевые слова:** нейтрино, антинейтрино, слабое взаимодействие, электрон-позитронные пары, астрофизика.

Вычислено инвариантное сечение процесса превращения нейтрино-антинейтринной пары в электрон-позитронную пару,  $\nu\bar{\nu} \rightarrow e^-e^+$ . Полученный результат исправляет имеющиеся в литературе формулы, продемонстрирован простой критерий проверки его правильности.

Результат может быть применен для расчета эффективности нейтринного рождения электрон-позитронной плазмы в условиях аккреционного диска керровской черной дыры, рассматриваемого специалистами в качестве наиболее вероятного источника короткого космологического гамма-всплеска.



## Изучение CNO-нейтрино от Солнца в эксперименте Борексино

Г.А.ЛУКЪЯНЧЕНКО от коллаборации Борексино

*НИИ "Курчатовский институт"*

**Ключевые слова:** Борексино, солнечные нейтрино, CNO-цикл.

Несмотря на то что вклад CNO-цикла в энергетику Солнца составляет менее 1%, он играет ключевую роль в астрофизике, поскольку является основным источником энергии в некоторых более массивных звёздах и на поздних этапах эволюции звёзд солнечного типа.

В ходе реакций CNO-цикла рождаются электронные нейтрино, которые могут быть зарегистрированы наземными нейтринными детекторами. Различные солнечные модели отличающиеся содержанием элементов тяжелее гелия предсказывают различные потоки CNO-нейтрино.

Прямая регистрация потока CNO-нейтрино может способствовать выбору между этими моделями, а также решению некоторых других астрофизических задач.

На данный момент нейтрино от CNO-цикла не зарегистрированы в прямых измерениях, а наиболее точный верхний порог для значения потока установлен в эксперименте Борексино. Для регистрации потока CNO-нейтрино, на уровне, предсказываемом солнечными моделями, в детекторе Борексино ведутся работы по снижению фона в области энергий CNO-нейтрино (до 1.74 МэВ) и разрабатываются новые методы анализа данных.

## **Geoneutrino**

I.MACHULIN, Borexino Collaboration

*NRC "Kurchatov Institute",*

*National Research Nuclear University MEPHI*

**Ключевые слова:** Geoneutrino, Borexino, detector, Earth.

Borexino has been running since May 2007 at the LNGS with the primary goal of detecting low energy neutrinos (from Sun, Earth, Supernova). The detector, a large, unsegmented liquid scintillator calorimeter characterized by unprecedented low levels of intrinsic radioactivity, is optimized for the study of the lower energy neutrinos. Measurements of the geoneutrino signal in Borexino detector presented. Different geological models, their predictions for geoneutrino flux and future perspectives of geoneutrino detection discussed.

## **Исследование свойств нейтринного пучка эксперимента Т2К**

Т.А.ОВСЯННИКОВА от коллаборации Т2К

*ИЯИ РАН, НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** физика высоких энергий, нейтринная физика.

Основными целями нейтринного ускорительный эксперимент с длинной базой Т2К являются исследование нейтринных осцилляций и поиск CP нарушения в лептонном секторе. В эксперименте используется протонный пучок от ускорителя J-PARC с энергией 30 ГэВ, который, попадая на графитовую мишень, рождает заряженные пионы и каоны. Пионы фокусируются системой из 3-х импульсных магнитов и затем распадаются в распадном канале длиной около 100 м. На расстоянии 295 км от ускорителя находится черенковский детектор Super-Kamiokande, которые регистрирует мюонные и

электронные нейтрино. Для измерения и контроля нейтринного пучка вблизи мишени, т.е. до возможных осцилляций, используется ближний детектор ND280, находящийся на расстоянии 280 метров от пионероуждающей мишени. Ближний детектор состоит из детектора INGRID, который находится на оси пучка и off-axis детектора, расположенного под углом 2.5 градусов по отношению к направлению протонного пучка. Off-axis детектор предназначен для измерения потока и энергетического спектра мюонных нейтрино, а также измеряет примесь электронными нейтрино. В данном докладе обсуждаются требования к нейтринному пучку для прецизионных измерений осцилляционных параметров. Будут представлены результаты исследований нейтринного on-axis и off-axis пучка, полученные в ближнем нейтринном детекторе: энергетические спектры, состав пучка, долговременная стабильность и др.

## **Образование мезонных резонансов в нейтринных взаимодействиях**

А.Ю.ПОЛЯРУШ от NOMAD

*ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** нейтрино, кварки, резонансы.

Инклюзивное образование мезонных резонансов  $\rho(770)$ ,  $K^*(892)_{\pm}$ ,  $f_0(980)$ ,  $f_2(1270)$  в нейтринных взаимодействиях было изучено с помощью детектора NOMAD в широкополосном нейтринном пучке CERN-SPS.

The inclusive production of the meson resonances  $\rho(770)$ ,  $K^*(892)_{\pm}$ ,  $f_0(980)$ ,  $f_2(1270)$  in neutrino-nucleon charged current (CC) interactions has been studied with the NOMAD detector exposed to the wide band neutrino beam generated by 450-GeV protons at CERN-SPS.

## **Процесс рождения электрон-позитронных пар из нейтрино в магнитном поле**

**В.Н.САВИН, А.В.КУЗНЕЦОВ, Д.А.РУМЯНЦЕВ**

*ЯФ ВКА им. А. Ф. Можайского; ЯрГУ им. П. Г. Демидова*

**Ключевые слова:** нейтрино, магнитное поле, электрон-позитронные пары, уровни Ландау, астрофизика.

Вычислена вероятность процесса нейтринного рождения электрон-позитронных пар  $\nu \rightarrow \nu e^- e^+$  в произвольном по напряженности магнитном поле, когда электроны и позитроны могут рождаться в состояниях, соответствующих возбужденным уровням Ландау. Результат может быть применен для расчета эффективности нейтринного рождения электрон-позитронной плазмы в условиях аккреционного диска керровской черной дыры, рассматриваемого специалистами в качестве наиболее вероятного источника короткого космологического гамма-всплеска. Данный расчет может также быть полезен для дальнейшего развития техники вычислений с целью анализа квантовых процессов во внешней активной среде, в частности, в условиях умеренно сильного магнитного поля, когда учёт вклада только основного уровня Ландау оказывается недостаточным.

## **Новые измерения ЭДМ нейтрона и перспективы увеличения точности до уровня $10^{-27}$ е·см**

**А.П.СЕРЕБРОВ**

*ПИЯФ НИЦ КИ*

**Ключевые слова:** электрический дипольный момент нейтрона, проблема CP-нарушения, источник ультрахолодных нейтронов, сверхтекучий гелий, низкие температуры, теплообмен.

Представлены результаты измерения ЭДМ нейтрона на магниторезонансном спектрометре ПИЯФ, выполненные в ИЛЛ (Гренобль, Франция). Обсуждаются перспективы увеличения точности измерений за счет создания высокоинтенсивных источников УХН. В ПИЯФ на реакторах ВВР-М и ПИК планируются высокоинтенсивные источники ультрахолодных нейтронов для научных исследований в области фундаментальной физики. Основной задачей является поиск электрического дипольного момента нейтрона до уровня точности  $10^{-27}$  е·см. В источниках будет использоваться сверхтекучий гелий, который позволит достичь плотности ультрахолодных нейтронов  $10^3-10^4$  см<sup>-3</sup>, что примерно на 2-3 порядка превышает плотность существующих в мире источников ультрахолодных нейтронов.

**Эксперимент "Нейтрино-4" по поиску нейтринных осцилляций на расстояниях 6-11 м на реакторе СМ-3**  
А.П.СЕРЕБРОВ

*ПИЯФ НИЦ КИ, НИИАР, НИЦ КИ*

**Ключевые слова:** стерильное нейтрино, нейтринные осцилляции, реакторные антинейтрино.

В настоящее время активно обсуждается возможность существования стерильного нейтрино, имеющего значительно меньшее сечение взаимодействия с веществом, чем, например, электронные антинейтрино от реактора. Предполагается, что благодаря переходу реакторных антинейтрино в стерильное состояние может наблюдаться эффект осцилляций на коротких расстояниях от реактора и дефицит потока реакторных антинейтрино на больших расстояниях. В нашем эксперименте "Нейтрино-4" на реакторе СМ-3 ставится задача подтвердить или опровергнуть на определенном уровне точности возможность

существования нового - стерильного нейтрино. К настоящему моменту проведены первые измерения зависимости  $1/R^2$  антинейтринного потока на расстояниях 6-10 м от активной зоны реактора СМ-3 с прототипом детектора с объемом жидкого сцинтиллятора 400 литров. Готовится полномасштабная установка "Нейтрино-4" с объемом жидкого сцинтиллятора 3 м<sup>3</sup>. Обсуждаются первые результаты и увеличение чувствительности эксперимента.

## **Монте-Карло моделирование эксперимента "Нейтрино-4"** А.К.ФОМИН

*ПИЯФ НИЦ КИ*

**Ключевые слова:** метод Монте-Карло, стерильное нейтрино, детектор антинейтрино.

Произведено Монте-Карло моделирование двухсекционного детектора реакторных антинейтрино эксперимента "Нейтрино-4". Детектор сцинтилляционного типа основан на реакции обратного бета-распада. Антинейтрино регистрируется по двум последовательным сигналам от позитрона и нейтрона. Выполнено моделирование секций детектора и активной защиты. В результате моделирования получены распределения сигналов фотоэлектронных умножителей от позитрона и нейтрона, получена эффективность детектора, определена область чувствительности эксперимента к параметрам осцилляций.

## **Новые результаты по поиску стерильных нейтрино в каонных и нейтринных экспериментах**

**А.Т.ШАЙХИЕВ, Ю.Г.КУДЕНКО**

*Институт ядерных исследований РАН*

**Ключевые слова:** редкие распады каонов, нейтринные осцилляции.

Представлены результаты поиска тяжелых стерильных нейтрино в каонном эксперименте E949 и легких стерильных нейтрино в эксперименте T2K. Поиск тяжелых нейтрино в эксперименте E949 осуществлялся в редком распаде каона на мюон и тяжелое нейтрино, т.е. по поиску дополнительного пика в спектре импульсов мюонов ниже основного пика (236 МэВ/с). В результате было получено новое более сильное ограничение на параметр смешивания тяжелого и мюонного нейтрино в диапазоне масс 175-300 МэВ. эксперименте T2K с использованием ближнего детектора ND280 получены новые результаты по поиску стерильных нейтрино в диапазоне масс  $\sim 1-100$  эВ.

# Космические лучи и астрофизика

## Следы темной материи в гамма-излучении от центра Галактики

А.М.ГАЛЬПЕР от коллаборации ГАММА-400

*ФИАН, НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** темная материя, Галактика, гамма-астрономия.

Модели распределения ВИМПов – гипотетических частиц темной материи предполагают, что в центре галактики Млечный Путь сосредоточена значительная часть темной материи, плотность которой в  $10^4$ - $10^5$  раз превышает ее плотность в окрестности Солнечной Системы. Возможные процессы самоаннигиляции и распада ВИМПов на частицы Стандартной Модели приводят к появлению высокоэнергичного гамма-излучения, в том числе и в виде линейчатого, выделить которое на фоне диффузного излучения можно с использованием прецизионного гамма-телескопа, каким является, в частности, российско-итальянский космический гамма-телескоп ГАММА-400. Угловое и энергетическое разрешение телескопа ГАММА-400 лучше, чем у всех существующих и планируемых гамма-телескопов, включая наземные. Запуск гамма-телескопа ГАММА-400 планируется на начало 20-х годов.



## **Formation and Search of Large Scale Antimatter Regions**

A.V.GROBOV, S.G.RUBIN

*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow  
Engineering Physics Institute)*

**Ключевые слова:** космология, антиматерия.

Since antinuclei are very unlikely to be formed in the proton-antiproton (or proton-proton) collisions their presence in cosmic rays would be a strong indication of cosmic antimatter. Antinuclei could be naturally created inside the islands with high antibaryon density as a result of nucleosynthesis. Nowadays there are no evidences of antimatter domains existence. This does not exclude the case when the Universe is composed of matter with relatively small insertions of antimatter islands. Formation of antimatter islands of different size in the Universe is the subject of many baryogenesis models. They all are based on the assumption of explicit C- and CP- violation.

The main aim of our paper is to show that the antimatter domains can be manifested in the form of single galaxies with non-trivial chemical composition. The proposed approach is based on the mechanism of spontaneous baryogenesis and implies a complex scalar field carrying the baryonic charge. Necessary attribute is the presence of initial baryon number fluctuations at the biggest cosmological scales, which lead to isocurvature fluctuations mode that should not contradict modern observational data.

**Исследование анизотропии потоков протонов  
галактических космических лучей при помощи  
калориметра в эксперименте ПАМЕЛА  
А.В.КАРЕЛИН от коллаборации ПАМЕЛА**

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** анизотропия, протоны, космические лучи.

В последнее десятилетие в ряде работ на наземных установках по регистрации широких атмосферных ливней были получены результаты по анизотропии потоков космических лучей, выразившиеся в обнаружении избытка потоков первичных частиц космических лучей, в основном, протонов, приходящих с отдельных направлений в пространстве. Измеренные таким методом величины анизотропии оказались довольно малы – порядка  $10^{-4}$ , при этом анизотропия обнаруживается при энергиях первичных частиц от порядка 1 ТэВ и выше.

В спутниковом эксперименте ПАМЕЛА впервые появилась возможность осуществить поиск анизотропии потоков протонов в ТэВ-ой области энергий непосредственно в космическом пространстве за пределами атмосферы. Исследования проводились при помощи калориметра и позволили провести сравнение полученных результатов прямых измерений с результатами наземных наблюдений.

## Измерение дейтронов в космическом эксперименте

### ПАМЕЛА

С.А.КОЛДОБСКИЙ, О.АДРИАНИ, Г.А.БАЗИЛЕВСКАЯ,  
ДЖ.БАРБАРИНО, Р.БЕЛОТТИ, Э.А.БОГОМОЛОВ,  
М.БОЕЦИО, В.БОНВИЧИНИ, М.БОНДЖИ, С.БОТТАЙ,  
А.БРУНО, А.ВАККИ, Е.ВАННУЧЧИНИ, Г.В.ВАСИЛЬЕВ,  
С.А.ВОРОНОВ, А.М.ГАЛЬПЕР, И.А.ДАНИЛЬЧЕНКО,  
С. ДЕ ДОНАТО, К. ДЕ САНТИС, Н. ДЕ СИМОНЕ,  
В. ДИ ФЕЛИЧЕ, ДЖ.ЗАМПА, Н.ЗАМПА, В.Г.ЗВЕРЕВ,  
М.КАЗОЛИНО, Д.КАМПАНА, Р.КАРБОНЕ, А.В.КАРЕЛИН,  
П.КАРЛСОН, Д.КАСТЕЛЛИНИ, Ф.КАФАНЬЯ,  
А.А.КВАШНИН, А.Н.КВАШНИН, С.В.КОЛДАШОВ,  
С.Ю.КРУТЬКОВ, А.А.ЛЕОНОВ, А.Г.МАЙОРОВ,  
В.В.МАЛАХОВ, М.МАРТУЧЧИ, Л.МАРЧЕЛЛИ, В.МЕНН,  
М.МЕРГЕ, В.В.МИХАЙЛОВ, Е.МОКЬЮТТИ, А.МОНАКО,  
Н.МОРИ, Р.МУНИНИ, ДЖ.ОСТЕРИА, Ф.ПАЛЬМА,  
Б.ПАНИКО, П.ПАПИНИ, П.ПИКОЦЦА, М.ПИРС,  
Ч.ПИЦЦОЛОТО, М.РИЧЧИ, С.РИЧЧИАРИНИ, Л.РОЗЕТТО,  
Р.САРКАР, М.СИМОН, В.СКОТТИ, Р.СПАРВОЛИ,  
П.СПИЛЛАНТИНИ, Ю.И.СТОЖКОВ, В.ФОРМАТО,  
Ю.Т.ЮРКИН

### *НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** дейтрон, спектр.

В докладе обсуждаются результаты измерения дейтронных спектров в эксперименте ПАМЕЛА. ПАМЕЛА – международный эксперимент, направленный на изучение космических лучей. Экспериментальная аппаратура установлена на спутнике Ресурс ДК-1, запущенном с космодрома Байконур 15 июня 2006 года и работающим по сей день. Измерения, проведенные аппаратурой эксперимента в различных областях околоземного пространства соответствуют различной природе регистрируемых частиц: частицам галактических космических лучей, частицам альbedo и частицам радиационного пояса. Приведены

экспериментальные данные спутникового эксперимента ПАМЕЛА в сравнении с проведенными ранее экспериментами по измерению спектра дейтронов, а также с теоретическими моделями, предсказывающими наблюдаемые спектры.

**Измерение потока нейтронов в скальном грунте на глубине 850 гг/см<sup>2</sup> по наработке изотопа <sup>12</sup>В в сцинтилляторе БПСТ**

М.М.КОЧКАРОВ, И.А.АЛИХАНОВ, М.М.БОЛИЕВ,  
В.И.ВОЛЧЕНКО, Г.В.ВОЛЧЕНКО, Ю.С.ГРИШКАН,  
И.М.ДЗАПАРОВА, Р.В.НОВОСЕЛЬЦЕВА,  
Ю.Ф.НОВОСЕЛЬЦЕВ, В.Б.ПЕТКОВ, А.Ф.ЯНИН

*Баксанская нейтринная обсерватория (БНО) ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** фон, нейтроны, мюоны, космические лучи, редкие сигналы, детекторы нейтрино.

Детекторы, предназначенные для регистрации редких сигналов (например, нейтрино от гравитационного коллапса сверхновых), располагаются под землей и оснащаются системой антисовпадательной защиты для подавления фона космических лучей. Тем не менее, нейтроны, порождаемые мюонами в грунте и в детекторе, при взаимодействии с рабочим веществом могут имитировать сигналы, схожие по структуре с сигналами от изучаемого явления. Информация о потоке нейтронов под землей очень важна для оценки фона как для действующих установок, так и при проектировании защиты будущих детекторов. В работе представлен метод оценки потока нейтронов на глубине 850 м.в.э. по наработке радиоактивного изотопа <sup>12</sup>В нейтронами в сцинтилляторе внутренних плоскостей Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа (БПСТ). Ядра <sup>12</sup>В в основном рождаются в реакции рассеяния нейтронов на углероде, <sup>12</sup>С(n,p)<sup>12</sup>В. Если энергия образующегося протона превышает

порог импульсного дискриминатора, происходит срабатывание детектора. Последующий бета-распад  $^{12}\text{B}$  (среднее время жизни  $\tau = 29.1$  мс) приводит к повторному срабатыванию того же детектора. Поиск повторных срабатываний одного и того же детектора БПСТ в течение нескольких  $\tau$  позволяет выделить события от нейтронов. В работе представлены данные по потоку нейтронов с учётом эффективности регистрации стандартного детектора БПСТ и с учётом фона, проникающих через антисовпадательную защиту, мюонов, способных вызывать парные срабатывания детекторов.

## **Энергетические спектры позитронов и электронов космических лучей в эксперименте ПАМЕЛА**

**В.В.МИХАЙЛОВ** от коллаборации ПАМЕЛА

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** космические лучи, позитроны, энергетический спектр, анизотропия.

Эксперимент "ПАМЕЛА" проводится на борту спутника "Ресурс ДК1", запущенного 15 июня 2006 г. на околоземную орбиту с наклоном  $70^\circ$  и высотой от 350 до 610 км. Прибор, состоящий из магнитного спектрометра, окруженного детекторами антисовпадений, электромагнитного калориметра, время-пролетной системы, ливневого сцинтилляционного счетчика и нейтронного детектора позволяет проводить измерения потоков электронов и позитронов в космических лучах в широком интервале энергий от  $\sim 100$  МэВ до сотен ГэВ. В данной работе приводятся данные по энергетическим спектрам электронов и позитронов в первичных космических лучах и обсуждаются пространственные и временные вариации потоков позитронов и электронов по данным за 2006–2013 гг. Результаты этих измерений не могут быть объяснены

процессами образования позитронов в ядерных реакциях в однородной межзвездной среде и свидетельствуют о существовании дополнительного источника космических лучей, связанных либо с астрофизическими объектами, либо с возможной аннигиляцией гипотетических частиц темной материи.

## **Взаимодействия космических лучей ультравысоких энергий с внегалактическим фоновым радиоизлучением**

**А.В.УРЫСОН**

*ФИАН, Москва*

Космическое фоновое радиоизлучение является предметом интенсивных исследований. Интерес к этому вопросу особенно усилился в связи с сообщением о возможной регистрации частиц темной материи в баллонном эксперименте ARCADE 2 [1]. В этом эксперименте был найден значительный избыток изотропного радиоизлучения по сравнению с имевшимися теоретическими оценками. Обнаруженный избыток интерпретировался как результат аннигиляции или распада частиц темной материи. Для объяснения результата [1] в работах [2, 3 MNRAS, N. YsardandG. LagacheAstr&Ap 2012] анализировались разные модели космического фонового радиоизлучения, а в [4 ApJ 2013] было найдено, что избыток, обнаруженный в [1], может быть полностью интерпретирован в рамках реалистичной модели радиопфона Галактики.

В нашей работе показано, что космическое фоновое радиоизлучение можно исследовать, используя данные о космических лучах. Наши основные предположения таковы: космические лучи ультравысоких энергий инжектируются в межгалактическое пространство точечными источниками, причем максимальная энергия ускоренных частиц не превышает 10<sup>21</sup> эВ. Эти предположения обоснованы в [5, 6].

Распространяясь во внегалактическом пространстве, частицы ультравысоких энергий взаимодействуют с фоновыми излучениями. В результате этих взаимодействий рождается гамма-излучение, и мы показываем в рамках иллюстративной модели, что его интенсивность зависит от интенсивности внегалактического радифона.

Гамма-излучение в различных энергетических диапазонах исследуется на наземных установках и планируется на спутниках [7 и ссылки там]. Попадая в земную атмосферу, гамма-кванты инициируют широкие атмосферные ливни, и поэтому для исследования гамма-излучения требуется отбирать из всех зарегистрированных на установке ливней те, которые образованы гамма-квантами. Общая статистика ливней на наземной установке составляет обычно несколько десятков миллионов событий. Показано, что такая статистика позволяет исследовать рассматриваемое гамма-излучение, несмотря на его низкую интенсивность.

Литература

- [1] N. Fornengo, R. Lineros, M. Regis, and M. Taoso, *Phys. Rev. Lett.* 107, 271302 (2011).
- [2] Singal, J., Ł. Stawarz, A. Lawrence, and V. Petrosian, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 409, 1172 (2010).
- [3] N. Ysard and G. Lagache, *Astron. & Astrophys.* 547, 1 (2012).
- [4] R. Subrahmanyan and R. Cowsik, *Astrophys. J.* 776 42 (2013).
- [5] А.В. Урысон, ЭЧАЯ37 652 (2006).
- [6] Pierre Auger Observatory and Telescope Array collaborations. 33rd International Cosmic Ray Conference, Rio De Janeiro July2013.arXiv:1310.0647v1 [astro-ph.HE]
- [7] Yu. A. Fomin, N.N. Kalmykov, G.V. Kulikov, V.P. Sulakovet al. *ЖЭТФ* 117 1011 (2013); Д. Бенко, А. Варга, Е.Н. Гудкова, Н.М. Нестерова и др. *КСФ ФИАН.* № 5, 3 (2011); А.М. Galper, O. Adriani, R.L. Aptekar, I.V. Arkhangel'skaja et al. *Advances in Space Research* (a COSPAR publication) № 51297 (2013); R.M. Martirosov, H. Babayan, A.D. Erlykin, Y.A. Gallant et al. *EPJ Web of Conferences* 52 10003 (2013).

**Восстановление параметров высокоэнергичных каскадов  
в черенковском водном детекторе с плотной решеткой  
оптических модулей**

В.А.ХОМЯКОВ, А.Г.БОГДАНОВ, В.В.КИНДИН,  
Р.П.КОКОУЛИН, А.А.ПЕТРУХИН, С.С.ХОХЛОВ,  
В.В.ШУТЕНКО, И.И.ЯШИН

*Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ»*

**Ключевые слова:** черенковский водный детектор, каскадный ливень, спектр каскадов.

Детектирующая система черенковского водного детектора (ЧВД) НЕВОД представляет собой пространственную решетку с расположенными в узлах квазисферическими модулями (КСМ), регистрирующими черенковское излучение от релятивистских заряженных частиц (всего в решетке 91 КСМ).

Малый шаг пространственной решетки (~2-3 радиационных единицы) и широкий динамический диапазон регистрируемых сигналов позволяют проводить исследования каскадных ливней, генерируемых в воде мюонами. На первом этапе была решена задача восстановления каскадной кривой для ливней, ось которых определялась по мюонам, треки которых определялись с помощью координатного детектора ДЕКОР, расположенного вдоль боковых стенок ЧВД.

В настоящей работе рассмотрено решение задачи в широкой геометрии, т.е. восстановление параметров каскадов с неизвестным направлением оси на основе только амплитуд откликов ФЭУ ЧВД. Отбирались события, в которых срабатывало не менее 60 КСМ из 91.

В докладе представлены первые результаты исследования каскадных ливней в диапазоне зенитных углов от 60 до 90 градусов и энергий от 10 ГэВ до 10 ТэВ. Реконструкция и анализ отобранных каскадов позволяют на



два порядка увеличить статистику событий в области высоких энергий и расширить диапазон зенитных углов по сравнению с ранее использовавшимся подходом.

## **Exploring High-Energy Phenomena in Earth's Atmosphere**

A.CHILINGARIAN

*Yerevan Physics Institute*

**Ключевые слова:** high energy processes in atmosphere, electron acceleration, atmospheric electricity.

In the beginning of last century C.T.R. Wilson proposed that strong electric field of the thunderclouds might accelerate electrons to very high energies. However, this and many other electromagnetic processes in our atmosphere are poorly understood till now; the key questions about the thundercloud electrification and lightning initiation remain unanswered. During recent decades, several observations of gamma ray, electron and neutron fluxes correlated with thunderstorms were reported. Nonetheless, the origin of these fluxes is under debate till now. In our report we will present the model of the electron acceleration in thunderstorm atmosphere answering on many long-standing questions.

## **Поиск кварковой материи в космических лучах**

С.Б.ШАУЛОВ

*ФИАН*

**Ключевые слова:** космические лучи, кварковая материя, кварковые звезды, широкие атмосферные ливни.

Конфайнмент запрещает существование свободных кварков. Однако, теоретические оценки показывают, что при барионных числах  $A \geq 300-1000$  может существовать

стабильная или квазистабильная странная кварковая материя (СКМ-u,d,s-кварки в примерно равном количестве). В частности, могут существовать кварковые звезды. Образование таких компактных объектов может сопровождаться выбросом и ускорением странглетов – частиц СКМ массой около 1 ТэВ. В эксперименте АДРОН (Тянь-Шань) получены указания на существование потока таких частиц в области энергий ШАЛ  $10^{15}$ - $10^{18}$  эВ. Обсуждается возможность существования кварковой звезды в созвездии Vela (Парус).

# Гравитация и космология

## Эволюция поздней Вселенной в киральной космологической модели Р.Р.АББАЗОВ, С.В.ЧЕРВОН

*ФГБОУ ВПО "УлГПУ им.И.Н.Ульянова"*

**Ключевые слова:** темная энергия, киральная космологическая модель, ускоренное расширение Вселенной.

Модели со скалярными полями сегодня занимают одно из доминирующих положений в космологии. Моделями такого рода описывают как раннюю стадию эволюции Вселенной, в частности доинфляционную эпоху в модели новорожденной Вселенной, инфляционную стадию, вторичный разогрев Вселенной, так и позднюю стадию, которая характеризуется ускоренным расширением Вселенной. Явление ускоренного расширения связывают с доминированием темной энергии, вклад которой в критическую плотность Вселенной составляет примерно 70%. Среди моделей поздней Вселенной, использующих скалярные поля особое место занимает киральная космологическая модель (ККМ), которая являясь нелинейной сигма моделью с потенциалом взаимодействия, обобщает модели квинтэссенции, модели с фантомным полем, квинтомные модели.

Интегрирование уравнений ККМ в общем случае представляет собой нетривиальную задачу, особенно в присутствии идеальной жидкости, которая описывает радиацию и материю в поздней Вселенной. Поэтому для интегрирования уравнений мы применяем подходы с использованием анзаца для кинетических коэффициентов и с постановкой специальных начальных условий исходя из

экспериментальных ограничений. Представлены ограничения на параметры моделей и динамика эволюции Вселенной. Производится сравнение с  $\Lambda$ CDM моделью с космологической постоянной.

## **Первичные черные дыры с массой $10^{16}$ - $10^{17}$ г и реионизация Вселенной**

К.М.БЕЛОЦКИЙ, А.А.КИРИЛЛОВ

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** первичные черные дыры, реионизация Вселенной, скрытая масса.

До сих пор нет однозначного понимания причин реионизации вещества во Вселенной при красном смещении  $z \sim 6-10$ . Простые оценки показывают, что слабое энерговыделение в барионном веществе с постоянным темпом на уровне  $R \sim 5-10$  эВ/(10 млрд лет) на один барион приводило бы к ионизации при  $z \sim 10$ . В данной работе в качестве источника такого энерговыделения рассматриваются первичные черные дыры (ПЧД) с массой  $10^{16}-10^{17}$  г. Плотность ПЧД данных масс практически не ограничена наблюдениями, так что они могут составлять скрытую массу Вселенной. Полная мощность энерговыделения таких ПЧД за счет эффекта испарения Хоукинга может заметно превышать  $R$ . Однако поглощаемая веществом энергия заведомо меньше. Оценки показывают, что лишь небольшая доля излученной энергии в виде фотонов, электронов и позитронов должна поглощаться барионной материей, и ее может оказаться достаточно, чтобы нагреть вещество до его полной ионизации при красных смещениях  $z \sim 5-10$ .

Полученный результат оказывается близким к уровню, где эффект появляется, что делает его чувствительным к используемому приближению. В нашем приближении

степень ионизации газа достигает 50-100% для масс ПЧД  $(3-7) \times 10^{17}$  г при их максимально возможной плотности.

## **Чёрные дыры и квази-черные дыры в дилатонной гравитации**

**К.А.БРОННИКОВ, О.Б.ЗАСЛАВСКИЙ**

*ВНИИМС, Озёрная ул. 46, Москва 119361, Россия*

**Ключевые слова:** дилатонная гравитация, статические решения без симметрии, регулярные решения, чёрные дыры.

Рассматриваются статические поля Эйнштейна-Максвелла в присутствии скалярного дилатонного поля, взаимодействие которого с электромагнитным полем описывается множителем в виде произвольной функции от скалярного поля при максвелловском лагранжиане. Какой-либо пространственной симметрии в общем случае не предполагается, системы со сферической и цилиндрической симметриями рассмотрены как частные случаи. Данная постановка задачи обобщает известные результаты Маждумдара-Папапетру для равновесных распределений электрически заряженной пыли. Получены условия существования черных дыр и квази-черных дыр, т.е. несингулярных конфигураций без горизонтов, неотличимых от черных дыр для удаленного наблюдателя. Эти условия сформулированы как для электрически и скалярно заряженной пыли, так и для чисто полевых конфигураций. Приведены примеры конкретных решений в виде черных дыр и квази-черных дыр.

**Космологические модели с неминимально  
взаимодействующим скалярным полем, положительно  
определённым потенциалом и отрицательной  
космологической константой**  
С.Ю.ВЕРНОВ

*НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
МГУ имени М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ)*

**Ключевые слова:** космологические модели, неминимальное взаимодействие, скалярное поле.

Космологические модели с неминимально взаимодействующим скалярным полем являются объектом активных исследований. Идея описать инфляцию с помощью бозона Хиггса, предсказанного Стандартной моделью элементарных частиц, является ярким примером использования в космологии результатов физики элементарных частиц (F.L. Bezrukov and M. Shaposhnikov, Phys. Lett. B 659 (2008) 703, arXiv:0710.3755). Анализ свойств данной модели, предусматривающей неминимальное взаимодействие гравитации с бозоном Хиггса, стал особенно актуален после открытия бозона Хиггса на Большом адронном коллайдере (CERN), а также получения данных астрофизических наблюдений с помощью установки PLANCK. В моём докладе рассматривается динамика решений в модели с неминимально взаимодействующим скалярным полем, и потенциалом, принимающим отрицательные значения в ограниченном интервале значений поля. Показано, что динамика решений существенно меняется из-за появления недостижимой области на фазовой плоскости, соответствующей комплексным значениям параметра Хаббла с ненулевой мнимой частью. В зависимости от начальных условий система может выполнять один или несколько циклов вокруг недостижимой области, прежде чем траектория коснётся границы этой области и уйдёт на бесконечность, при этом параметр Хаббла стремится

к минус бесконечности. В докладе представлены результаты работы I.Ya. Aref'eva, N.V. Bulatov, R.V. Gorbachev, S.Yu. Vernov, Class. Quantum Grav. 31 (2014) 065007, arXiv:1206.2801 и её развития.

**Спин и масса сверхмассивной черной дыры  
в центре Галактики  
В.И.ДОКУЧАЕВ**

*Институт ядерных исследований РАН*

**Ключевые слова:** черные дыры, космология.

Обсуждается новый метод определения масс и спинов черных дыр в ядрах галактик и в двойных звездных системах по наблюдениям квазипериодических осцилляций. Метод применим для черных дыр с относительно низкой светимостью, когда аккрецируемая плазма прозрачно вплоть до горизонта событий черной дыры. В качестве источников квазипериодических осцилляций предполагаются яркие пятна в аккреционном диске или горячие сгустки плазмы на неэкваториальных орбитах вблизи черной дыры. Регистрируемый сигнал от таких горячих сгустков, движущихся по релятивистским орбитам вблизи черной дыры, должен содержать модуляции с двумя характерными частотами: частотой вращения горизонта событий черной дыры и частотой прецессии орбиты сгустка. Обе эти частоты не зависят от аккреционной модели и определяются полностью свойствами гравитационного поля черной дыры. Применение метода двух характерных частот для интерпретации квазипериодических осцилляций, зарегистрированных от сверхмассивной черной дыры в центре Галактики, дает в настоящее время наиболее точные значения для массы и спина (параметра вращения Керра) черной дыры SgrA\*:  $M = (4.2 \pm 0.2) 10^6 M_{\text{sun}}$  и  $a = 0.65 \pm 0.05$ .

## **Квантовые уровни электрона в поле заряженной черной дыры**

**В.И.ДОКУЧАЕВ, Ю.Н.ЕРОШЕНКО**

*Институт ядерных исследований РАН*

**Ключевые слова:** черная дыра, уравнение Дирака, темная материя.

Исследованы стационарные решения уравнения Дирака в метрике заряженной черной дыры Рейснера-Нордстрема. В случае экстремальной черной дыры нормировочный интеграл волновых функций оказывается конечным и стационарное регулярное решение является физически самосогласованным. Наличие квантовых уровней электронов под горизонтом Коши может оказать влияние на конечную стадию хоукинговского испарения черной дыры, а также на характеристики рассеяния частиц в поле черной дыры.

## **High energy particle collisions near black holes**

**O.B.ZASLAVSKII**

*Department of Physics and Technology, Kharkov V.N. Karazin National University, 4 Svoboda Square, Kharkov 61022, Ukraine*

**Ключевые слова:** black holes, BSW effect, magnetic field.

I suggest brief review of the effect of acceleration of particles by rotating and charged black holes to unbound energies in the centre of mass frame. Simple and general explanations of the effect are given: (i) the kinematic one based on the behaviour of relative velocity of colliding particles near the horizon, (ii) the geometric one, based on properties of particles' four-velocities with respect to a local light cone near the horizon. The similar effect near the inner black hole horizon is also discussed and the role of the bifurcation point is revealed. We also consider which



energies can be detected by an observer at infinity. The possible role of gravitational radiation is discussed. Alternative mechanism due to collisions inside ergosphere is considered.

**Галактический Центр как уникальная лаборатория для  
новой физики**  
А.Ф.ЗАХАРОВ

*Институт теоретической и экспериментальной физики*

**Ключевые слова:** черные дыры, теория гравитации, космология.

Имеется две основные наблюдательные методики исследования гравитационного потенциала в Галактическом Центре: а именно, а) мониторинг орбит ярких звезд в окрестности черной дыры, б) измерение размера и формы тени вокруг черной дыры, что представляет собой альтернативную возможность оценить параметры черной дыры используя РСДБ в мм-диапазоне. В настоящее время можно использовать пертурбативный подход с учетом малых релятивистских поправок для анализа орбит ярких звезд (тем не менее, в недалеком будущем такое приближение не будет достаточно точным в силу гигантского прогресса наблюдательной техники), в то время как анализ структуры изображений, полученных с помощью РСДБ, требует учета сильного гравитационного поля. Мы обсуждаем результаты наблюдений, их возможную интерпретацию, рассогласования между теорией и наблюдениями и возможные указания на новую физику, следующую из рассогласования теории и наблюдений.

## Космологические решения инфляционного типа в модели "Эйнштейна-Гаусса-Бонне"

А.А.КОБЦЕВ, В.Д.ИВАЩУК

*ВНИИМС, РУДН.*

**Ключевые слова:** многомерная космология, вариация гравитационной постоянной.

Рассмотрена многомерная модель гравитации со слагаемым Гаусса-Бонне. Для космологических метрик типа Бьянки-I с экспоненциальным поведением масштабных факторов, описывающих изотропное расширение 3-мерного фактор-пространства, получены точные решения с нулевой вариацией эффективной гравитационной постоянной в размерностях  $D = 22$  и  $D = 28$ , а также показано, что при  $D > 3010$ , существует бесконечное число решений, совместных с ограничением на временную вариацию  $G$ .

## Флаксбренные и чёрнобранные решения в многомерной гравитации с полями форм, управляемые полиномами

В.Д.ИВАЩУК, В.Н.МЕЛЬНИКОВ

*ВНИИМС*

**Ключевые слова:** флаксбраны, чёрные браны, полиномы, цепочки Тода, алгебры Ли.

Рассматриваются два семейства решений с композитными бранами: флаксбранами и неэкстремальными чёрными бранами, в модели со скалярными полями и полями форм. Метрика любого решения определена на многообразии, которое содержит произведение нескольких риччи-плоских «внутренних» пространств. В обоих случаях решения управляются функциями модулей, которые удовлетворяют нелинейным дифференциальным уравнениям второго порядка с наложенными граничными условиями. Как было

показано ранее, эти управляющие функции суть полиномы в случае, когда правила пересечения бран отвечают полупростым конечномерным алгебрам Ли. Флаксбранные полиномы отвечают частным решениям соответствующих цепочек Тода и эффективно вычисляются с помощью компьютерных программ. Показано, что «чёрнобранные» полиномы могут быть получены из флаксбранных полиномов с помощью соответствующих преобразований переменных – аргументов полиномов, что делает возможным получение «чёрнобранных» решений для различных полупростых конечномерных алгебр Ли. Этот подход проиллюстрирован примерами решений с двумя электрическими неэкстремальными чёрными бранами, правила пересечений которых отвечают алгебрам Ли  $A_2$ ,  $C_2$  и  $G_2$ .

**О глобальной структуре чёрно-дырных решений в модели  
с анизотропной жидкостью**  
**С.В.БОЛОХОВ, В.Д.ИВАЩУК**

*Российский университет дружбы народов, Центр  
гравитации и фундаментальной метрологии ВНИИМС*

**Ключевые слова:** многомерная гравитация, чёрные дыры, анизотропная жидкость.

Рассматривается семейство многомерных сферически-симметричных решений с однокомпонентной анизотропной жидкостью, полученных в работе Х. Денена, В.Д. Ивашука и В.Н.Мельникова (gr-qc/0211049). Каждое такое решение определено на многообразии, содержащем произведение нескольких внутренних риччи-плоских фактор-пространств и содержит целочисленный параметр  $q > 0$ , который определяет уравнения состояния анизотропной жидкости. В частных случаях описанный класс метрик содержит семейство чёрно-дырных решений, а также некоторые чёрно-бранные решения в моделях с полями форм. Проанализирована глобальная

причинная структура данного класса решений, определяемая характером горизонтов и сингулярностей. Для различных значений свободных параметров построены соответствующие диаграммы Картера-Пенроуза. Показано, что структура диаграмм определяется чётностью параметра  $q$ .

## **Реперные точки шкалы космологических расстояний**

**С.Ф.ЛЕВИН**

*Московский институт экспертизы и испытаний*

В космологии в силу стабильности максимумов светимости сверхновых типа SN Ia базовой принята шкала фотометрических расстояний по этим максимумам. Она стала источником исходных данных для решения измерительной задачи параметрической идентификации исследовательскими группами High-Z SN Search Team (HZST) [1] и Supernova Cosmology Project (SCP) [2] компонентов материи с различными константами состояния в рамках модели Фридмана – свободных параметров в виде плотностей  $\Omega_M$  гравитационной массы и  $\Omega_\Lambda$  « $\Lambda$ -энергии». Полученные оценки привели к открытию «ускорения расширения Вселенной».

Данные коррекции для фильтра  $B$  за экстинкцию, эволюцию, гравитационное линзирование, эффекты селекции, красное смещение и др., полученные группами HZST и SCP, были использованы для решения задачи калибровки шкалы космологических расстояний на основе интерполяционной модели с разрывом 2-го рода и свободным параметром формы  $k$  для космологического красного смещения [3]:

$$z_k = (D_L / R_0) \cdot (1 - kD_L / R_0)^{-1/k}, \quad (1)$$

где  $R_0 = c/H_0$  – радиус Хаббла,  $c$  – фундаментальная константа скорости света,  $H_0$  – постоянная Хаббла,  $D_L$  – фотометрическое расстояние,  $k$  – параметр формы.

При калибровке модели (1) по абсолютным звездным величинам сверхновых типа SN Ia в ходе проверки корректности ее параметризации была обнаружена зависимость параметра формы от фотометрического расстояния. В связи с тем, что для полученных группами HZST и SCP моделей модулей фотометрического расстояния и наблюдаемых звездных величин сверхновых типа SN Ia в максимуме светимости были оценены только погрешности «подгонки» (аппроксимации) и не были оценены погрешности неадекватности, был проведен сравнительный анализ моделей (1), HZST и SCP на стохастическую компактность и структурно-параметрическую непрерывность.

В результате анализа установлено следующее.

1. Более правдоподобным распределением погрешностей моделей HZST и SCP является не принятое для них распределение Гаусса, а усеченное распределение Лапласа.

2. Количественно подтвержден качественный вывод [4, 5] о зависимости вывода об «ускорении расширения Вселенной» от принятого метода статистической идентификации моделей. При этом параметрическая идентификация модели зависимости модуля расстояния от красного смещения по модульным критериям согласуется с гипотезой о статистической однородности выборки сверхновых, а по принятым в [1, 2] квадратичным – нет.

3. По критерию минимума среднего модуля погрешности неадекватности более правдоподобной оказалась модель, полученная по квадратичным критериям, но при наличии структурно-параметрических изменений, которые в [1, 2] не рассматривались.

4. Использование «стандарта светимости» сверхновых типа SN Ia и переменного параметра формы в модели (1) обеспечивает калибровку рассматриваемой шкалы космологических расстояний с точностью до погрешностей реперных точек.

Таким образом, точность калибровки шкалы космологических расстояний по красному смещению в [1] и модели зависимости наблюдаемых звездных величин от красного смещения в [2] требуют дополнительного исследования по критериям неадекватности.

#### Литература

1. Riess A.G. et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant // *Astronomical Journal*. 1998. V. 116. P. 1009–1038.
2. Perlmutter S. et al. Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 high-redshift supernovae // *Astrophysical Journal*. 1999. V. 517. P. 565–586.
3. Левин С.Ф. Оптимальная интерполяционная фильтрация статистических характеристик случайных функций в детерминированной версии метода Монте-Карло и закон красного смещения. М.: АН СССР, Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», 1980.
4. Schwarz D.J., Weinhorst B. (An)isotropy of the Hubble diagram: comparing hemispheres // *Astronomy & Astrophysics*. 2007. V. 474. P. 717–729.
5. Sollerman J. et al. First-year Sloan digital sky Survey-II supernova results: constrains on non-standard cosmological models // arXiv:0908.4276v2[astro-ph.CO] 1 IX 2009.

### **Проблемы применимости статистических методов в космологии С.Ф.ЛЕВИН**

*Московский институт экспертизы и испытаний*

Проблемы применения математической статистики в космологии являются ровесниками закона Хаббла и, к сожалению, по-прежнему актуальны, хотя многие из них в 1980–1990-е годы получили математическое, методическое и программное решение, а точность астрофизических

измерений за последние десятилетия возросла на порядки. Эти проблемы связаны главным образом с нарушениями условий применимости статистических методов: безальтернативной ориентацией в методе многократных измерений на «нормальный» закон, в методе косвенного измерения – на разложение в ряд Тейлора, а в методе совместных измерений – на классический линейный регрессионный анализ.

Основными нарушениями условий применения метода многократных измерений являются

- отсутствие обеспечения необходимых условий статистической однородности данных,
- необоснованный выбор вида распределения для статистического ряда измерений,
- применение схемы «неравноточных» измерений в функции правдоподобия,
- использование не усеченных распределений вероятностей,
- установление аналогии между способом представления данных и структурой статистики,
- подмена толерантных интервалов доверительными, гораздо более узкими.

Основными нарушениями условий применения метода косвенного измерения являются

- подмена распределения вероятностей возможных значений измеряемой величины средним арифметическим и СКО для среднего арифметического как оценки параметра положения «нормальной» совокупности отсчетов,
- использование т.н. «расширенной неопределенности измерения» в качестве интервальной оценки, которая таковой не является,
- применение оценок, не соответствующих функциональным преобразованиям распределений.

Основными условиями применения метода совместных измерений являются наличие

стохастической компактности и неконфлюэнтности данных,  
центрированности, гомоскедастичности и гауссовости погрешностей аппроксимации модели,  
некоррелированности оценок параметров и адекватности модели,  
неограниченности и замкнутости системы нормальных уравнений модели.

Перечислены последствия нарушения этих условий, наиболее опасным из которых является стохастическая мультиколлинеарность модели. Рассмотрены методы преодоления этих последствий и приведены соответствующие примеры.

Доклад, являющийся обобщением обзоров [1–8], дополнен новыми результатами.

#### Литература

1. Levin S.F. Identification of interpreting models in General Relativity and Cosmology // Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Scientific Meeting PIRT-2003: Moscow, 30 June 03 July, 2003. Moscow, Liverpool, Sunderland: Coda, 2003. P. 72–81.
2. Levin S.F. On spatial anisotropy of red shift in spectrums of extragalactic sources // Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of XV International Meeting: Moscow, 6-9 July 2009/Edited by M.C. Duffy et al. Moscow: VMSTU, 2009. P. 234-240.
3. Левин С.Ф. Измерительная задача идентификации анизотропии красного смещения // Метрология. 2010. №5. С.3-21.
4. Левин С.Ф. Анизотропия красного смещения // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2011. Т. 8. № 1 (15). С. 70-101.
5. Левин С.Ф. Измерительные задачи статистической идентификации шкалы космологических расстояний // Измерительная техника. 2011. № 12. С. 17–22.



6. Левин С.Ф. Философские проблемы и статистические методы фундаментальной метрологии // Метафизика. 2012. № 3 (5). С. 89–118.
7. Levin S.F. Photometric scale of cosmological distances: Anisotropy and nonlinearity, isotropy and zero-point // Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting PIRT-2013: Moscow, 1-4 July 2013/Edited by M.C. Duffy et al. Moscow: BMSTU, 2013. P. 210–219.
8. Левин С.Ф. Статистические методы теории измерительных задач в космологии // Ядерная физика и инжиниринг. 2013. Т. 4. № 9–10. С. 1–6.

**Анализ квантово-механической эквивалентности метрик  
центрально симметричного незаряженного  
гравитационного поля**  
**В.П.НЕЗНАМОВ, М.В.ГОРБАТЕНКО**

*Российский Федеральный Ядерный Центр - ВНИИЭФ*

**Ключевые слова:** метрики центрально симметричного гравитационного поля, квантово-механическая эквивалентность, эрмитовость дираковских гамильтонианов, область определения волновых функций, стационарные связанные состояния.

В работе проведен анализ квантово-механической эквивалентности метрик центрально симметричного незаряженного гравитационного поля. Рассмотрены метрики Шварцшильда в сферических, изотропных и гармонических координатах, метрики Эддингтона-Финкельштейна, Пенлеви-Гуллстранда, Леметра-Финкельштейна и Крускала. Анализу подвергались области определения волновых функций уравнения Дирака, эрмитовость гамильтонианов, возможность существования стационарных связанных состояний частиц со спином  $1/2$ . Вытекающее из условия выполнения условия причинности Гильберта  $g_{00} > 0$

ограничение на область определения волновых функций гамильтониана в поле Шварцшильда в сферических координатах ( $r > r_0$ ) существует также в других координатах для всех рассмотренных метрик. Самосопряженные гамильтонианы для метрик Шварцшильда в сферических, изотропных и гармонических координатах являются эрмитовыми, и для них возможно существование стационарных связанных состояний частиц со спином  $1/2$ . Самосопряженные гамильтонианы для метрик Эддингтона-Финкельштейна и Пенлеви-Гуллстранда неэрмитовы, и для них возможны лишь состояния с комплексными уровнями энергии, распадающимися со временем. Самосопряженные гамильтонианы для метрик Леметра-Финкельштейна и Крускала являются эрмитовыми, но из-за явной зависимости от временной координаты для этих гамильтонианов отсутствует возможность определения стационарных связанных состояний частиц со спином  $1/2$ .

**Решения де Ситтера космологических моделей  
Э.ЭЛИЗАЛДЕ, С.Д.ОДИНЦОВ, Е.О.ПОЗДЕЕВА,  
С.Ю.ВЕРНОВ**

*НИИ ядерной физики имени Д.В.Скобельцына, МГУ имени  
М.В.Ломоносова (НИИЯФ МГУ)*

**Ключевые слова:** решения де Ситтера, модели инфляции, ренормгруппа.

Исследуется возможность построения инфляционных моделей для ренормгрупповых модифицированных потенциалов соответствующих скалярной электродинамике и  $SU(5)$  модели. Во всех случаях видно, что древесное приближение, а именно, модель индуцированной гравитации и потенциалом четвёртой степени, соответствующая модели с космологической постоянной во фрейме Эйнштейна, не подходит для инфляции. Вместо добавки члена Гильберта-

Эйнштейна в действие, включены квантовые поправки в потенциал, поступающие из ренормгруппового уравнения. Инфляционный сценарий анализируется только с нестабильными решениями де Ситтера. Для некоторых разумных значений параметров, инфляция реализуется как для скалярной электродинамики и для SU(5) модели, и соответствующие значения функции связи положительны. И для скалярной электродинамики, и для SU(5) модели с модифицированными потенциалами, получены инфляционные модели, которые хорошо согласуются с последними данными наблюдений Planck2013 и WMAP2.

**Темная материя, астросейсмология и гравитационные  
волны, излучаемые Солнцем  
Ю.Е.ПОКРОВСКИЙ**

*НИЦ "Курчатовский институт"*

**Ключевые слова:** Темная материя, астросейсмология, гравитационные волны.

Показано, что два из известных колебаний солнечной поверхности, экспериментальные указания на которые обнаружены на частотах  $F1 = 104.1891$  микрогерц (Крымская астрофизическая обсерватория) и  $F2 = 220.7$  микрогерц (Solar and Heliospheric Observatory) в области гравитационных мод (g-modes), могут быть результатом почти резонансного возбуждения собственных колебаний Солнца двумя телами из темной материи (ТТМ). Орбиты этих тел расположены вблизи солнечной поверхности (как снаружи, так и внутри нее). Согласно пределу Роша тела из обычной материи на таких расстояниях от центра Солнца уже не могут существовать, но на порядок величины более плотные ТТМ - стабильны. Получены оценки масс и радиусов таких ТТМ. Рассмотрены возможные характеристики частиц из которых могут состоять ТТМ. В рамках такого подхода

гравитационные волны (ГВ), приходящие на Землю от Солнца на частотах F1 и F2, – наиболее интенсивные из всех возможных. Их амплитуды получаются достаточно большими для того, чтобы в ближайшие годы такие ГВ были обнаружены на готовящейся к запуску космической ГВ обсерватории eLISA. Поскольку ГВ одинаково интенсивно излучаются всеми ТТМ на орбитах вблизи солнечной поверхности, а не только теми из них, орбиты которых находятся в резонансе с собственными колебаниями Солнца, этот эксперимент не только подтвердил бы существование двух резонансных ТТМ, наиболее заметных в колебаниях солнечной поверхности, но и открыл бы новый путь к обнаружению других (нерезонансных) ТТМ в структуре Солнца.

**Бигравитация в тетрадном формализме  
и взаимодействие с материей  
В.О.СОЛОВЬЕВ**

*Государственный научный центр Российской Федерации -  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (ФГБУ ГНЦ  
ИФВЭ) НИЦ "Курчатовский институт"*

**Ключевые слова:** гравитация, гамильтонов формализм, тетрадный подход.

Тетрадный подход позволяет извлечь корень из матрицы, возникающий в потенциале де Рам, Габададзе, Толи. Анализ уравнений связи и их скобок Пуассона показывает, что для материи минимально взаимодействующей лишь с одной из метрик не возникает духа Бульвара-Дезера. В случае, когда материя взаимодействует с эффективной метрикой, полученной из линейной комбинации двух тетрад, исключить духовую степень свободы не удастся.

# Детекторы и методы исследований

**Калибровка газовых детекторов изотопами  $^{37}\text{Ar}$  и  $^{83\text{m}}\text{Kr}$**

Д.Ю.АКИМОВ от коллаборации РЭД

*ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ", НИЯУ МИФИ, НИЦ КИ*

**Ключевые слова:** Эмиссионный двухфазный детектор, калибровка в кэВ-ной и суб-кэВной области энергий, Ar-37, Kr-83m.

Для калибровки энергетической шкалы эмиссионного двухфазного детектора на основе жидкого ксенона, который планируется использовать для поиска редкого процесса упругого когерентного рассеяния нейтрино на атомном ядре с энергосвободением в кэВной и суб-кэВной области, представлена методика калибровки радиоактивными газообразными изотопами  $^{37}\text{Ar}$  (0.27 и 2.82 кэВ,  $T_{1/2} = 35$  сут.) и  $^{83\text{m}}\text{Kr}$  (9.4 и 32.1 кэВ,  $T_{1/2} = 1.83$  ч). Данная методика была отработана на детекторе РЭД-1 (эмиссионный детектор с рабочей массой жидкого ксенона 0.5 кг). Изотопы для калибровки были получены следующим образом:  $^{37}\text{Ar}$  – из облученной 14-МэВными нейтронами кальциевой стружки ( $^{40}\text{Ca} + n \rightarrow ^{37}\text{Ar} + ^4\text{He}$ );  $^{83\text{m}}\text{Kr}$  – из изотопа  $^{83}\text{Rb}$  (К-захват:  $^{83}\text{Rb} + e^- \rightarrow ^{83\text{m}}\text{Kr} + \nu_e$ ). Изотоп  $^{37}\text{Ar}$  был произведен в лабораторных условиях, изотоп  $^{83}\text{Rb}$  – в ИЯИ РАН. Для инъекции изотопов в рабочий объем в газовую систему детектора были вмонтированы контейнеры, содержащие облученную кальциевую стружку и фольгу из нержавеющей стали с нанесенным на нее слоем  $^{83}\text{Rb}$ . Контейнеры прогреваются до высокой температуры, чтобы обеспечить выход газообразных изотопов из кальция и рубидия. Описанный способ обеспечивает калибровку, равномерную по всему объему детектора, и может быть использован также

для газонаполненных пропорциональных счетчиков, работающих в кЭВНой области энергий.

## **Моделирование стриповой плоскости GEM детектора в эксперименте VM@N на Нуклотроне ОИЯИ**

**Д.А.БАРАНОВ, О.В.РОГАЧЕВСКИЙ**

*ОИЯИ*

**Ключевые слова:** стриповая плоскость, GEM-детектор, strip readout board.

Чувствительная часть GEM-детектора, используемого в эксперименте VM@N, представляет собой двухслойную стриповую плоскость (strip readout board), в которой первый слой есть совокупность горизонтальных стрипов, а второй – наклонных.

Задача заключается в построении компьютерной модели стриповой плоскости, которая могла бы адекватно реагировать на события, происходящие в GEM детекторе, с последующей обработкой полученных сигналов, которые используются в задаче реконструкции исходных физических событий.

В докладе дается описание базовых принципов функционирования реальной стриповой плоскости, которые легли в основу компьютерной модели, а также представляются результаты тестирования модели.

## **Регистрация электронов высоких энергий спектрометром направленного действия**

**В.А.БАСКОВ**

*Физический институт им. П.Н. Лебедева*

**Ключевые слова:** ориентированные кристаллы, аномальные ливни, спектрометры.

Представлен метод регистрации электронов с энергией 26 и 28 ГэВ с помощью спектрометра направленного действия (СНД) на основе ориентированных кристаллов вольфрама, вольфрамата и граната. Несмотря на аномальный характер развития электромагнитного ливня на начальной стадии в ориентированном вдоль оси  $\langle 111 \rangle$  кристалле, относительное энерговыведение ливня в спектрометре за кристаллом на конечной стадии описывается стандартной зависимостью развития электромагнитного ливня. Существенным отличием СНД от стандартных спектрометров, является способность СНД с помощью ориентированного конвертора изменять характер электромагнитного ливня, меняя тем самым отклик спектрометра, улучшая его энергетическое разрешение.

**Экстраполяция карты магнитного поля дипольного магнита SP41 эксперимента VM@N на Нуклотроне ОИЯИ**  
П.Н.БАТЮК, Д.А.БАРАНОВ, С.П.МЕРЦ,  
О.В.РОГАЧЕВСКИЙ

*Объединённый институт ядерных исследований*

**Ключевые слова:** экстраполяция, карта магнитного поля, VM@N.

В работе представлен подход, позволяющий получить экстраполированные значения компонент  $V_x(x,y,z)$ ,  $V_y(x,y,z)$  и  $V_z(x,y,z)$  карты магнитного поля за пределами магнита. В основе подхода лежит анализ одномерных и двумерных профилей карты магнитного поля, позволяющий локализовать область спада поля для его последующей аппроксимации монотонной убывающей функцией. Отмечена невозможность применения интерполяционных полиномов для решения данной задачи. Важность корректного решения задачи обеспечит ускорение процедуры глобального трекинга в эксперименте, поскольку для последнего является

критичным нахождение области, где магнитное поле с высокой степенью точности равно нулю. Представленные качественные и количественные оценки экстраполяции позволяют сделать вывод о высокой эффективности предложенного подхода для решения поставленной задачи.

## **Liquid Xenon Emission Detector RED100 To Search For Neutrino Coherent Scattering**

A. BOLOZDYNYA for the COHERENT Collaboration

*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)*

**Ключевые слова:** liquid xenon, detector, coherent neutrino scattering.

The RED100 detector using 200 kg liquid Xenon as a working medium is under construction now at NRNU MEPhI. All subsystems of the experimental setup, including the detector itself, cryogenic system, data acquisition, and shielding have to be integrated into a single system, a sufficiently reliable for the experiment duration of about 1 year. In parallel with the establishment of such a facility we are working on tuning the computer model of the experiment, investigation of the ionization yield of gamma and nuclei recoils, acquiring data on actual background conditions on the site in order to optimize functioning of the experimental setup. We consider perspectives to discover a neutrino coherent scattering effect at the Spallation Neutron Source (SNS) at the Oak Ridge National Laboratory and to continue the detail research of neutrino-nuclei interactions at the Kalininskaya NPP.



**Система регистрации и сбора данных  
детектора ТРС/МРД проекта NICA**  
А.АВЕРЬЯНОВ, А.БАЖАЖИН, С.ВЕРЕЩАГИН,  
Ю.ЗАНЕВСКИЙ, С.ЗАПОРОЖЕЦ, В.ЗРЮЕВ,  
А.КОРОТКОВА, Ф.ЛЕВЧАНОВСКИЙ, Ю.ЛУКСТИНЫШ,  
С.РАЗИН, А.РЫБАКОВ, О.ФАТЕЕВ, В.ЧЕПУРНОВ,  
Г.ЧЕРЁМУХИНА, С.ЧЕРНЕНКО

*Объединенный институт ядерных исследований*

**Ключевые слова:** детекторная электроника, время-проекционная камера, соударения ионов.

Время-проекционная камера (ТРС) является основным трековым детектором многоцелевого спектрометра МРД. Совместно с другими детекторами ТРС обеспечивает точное измерение импульса заряженных частиц, их идентификацию, определение вершины взаимодействия, разделение двух треков на расстоянии  $\sim 1$  см. и измерение ионизационных потерь энергии. ТРС представляет собой размещенный в магнитное поле 0.5 Т цилиндр с активным газовым объемом  $18 \text{ м}^3$ , длиной 3.4 м. и диаметром 2.8 м. В качестве регистрирующих камер выбраны многопроволочные пропорциональные камеры (MWPC) с падовым считыванием. Детектор будет работать при центральных соударениях ионов (вплоть до золота) с энергией взаимодействий до 11 ГэВ и частотой отбора событий 5 кГц.

Большой объем поступающей информации предъявляет особые требования к системе сбора данных. Считывающая электроника разрабатывается с использованием таких современных технологий как: специализированные микросхемы (ASIC), программируемые логические интегральные схемы (FPGA), скоростные оптические интерфейсы. Основные параметры электроники сбора данных следующие: полное количество каналов  $\sim 95000$ ; поток данных со всей ТРС – 5 ГБ/с; низкое энергопотребление – менее 100 мВт/канал; соотношение

сигнал/шум (S/N) – 30; эквивалентный заряд шумов (ENC)  $< 1000e^-$  ( $C_{\text{вх}} = 10\text{-}20$  пФ); подавление нулей (отбрасывается  $\sim 90\%$  падов). Представлены оценка пропускной способности системы и результаты испытаний прототипов карт детекторной электроники.

**Развитие методики широкоапертурных кремниевых трековых систем для проектов BM@N-NICA и CBM-FAIR в ЛФВЭ ОИЯИ**  
**Д.В.ДЕМЕНТЬЕВ**

*ОИЯИ, Дубна*

**Ключевые слова:** BM@N, NICA, CBM, микростриповые детекторы, трековая система.

В рамках проектов BM@N-NICA в Дубне и CBM-FAIR в Дармштадте ведётся работа по созданию «универсальной» быстро-действующей широко-апертурной трековой системы на основе двусторонних микростриповых кремниевых детекторов. Оба эксперимента направлены на изучение свойств сверхплотной барионной и странной материи при столкновении тяжелых ядер (до Au) с энергиями до 4.5 AGeV (BM@N на Нуклотрон-М) до 11 AGeV (CBM на SIS-100). При этом, помимо общих слабоизученных характеристик реакций в этом диапазоне энергии, особый фокус предполагается сделать на редкие события подпорогового рождения тяжелых гиперонов: каскадных частиц в Дубне и омега-гиперонов в Дармштадте. Сечения образования таких гиперонов чувствительны к флуктуациям кварк-адронной смешанной фазы и могут служить сигналом фазовых переходов при промежуточных энергиях ионов. Большой потенциал открытий лежит также в поиске новых гиперядерных систем с рекордным избытком нейтронов, сечение образования которых считается максимальным в рассматриваемом диапазоне энергий.

Такая амбициозная задача требует новых высокотехнологичных экспериментальных решений, в особенности, организации приема и обработки данных с более чем двух миллионов каналов установки, прецизионно восстанавливающей треки гиперонов и гиперядер в условиях большой множественности вторичных частиц.

**Позиционно-чувствительный нейтронный детектор**  
**Д.Ю.КИРИН, О.А.ЧЕРНЫШОВ, В.С.ГОРЯЧЕВ,**  
**К.Р.МИХАЙЛОВ, П.А.ПОЛОЗОВ, М.С.ПРОКУДИН,**  
**Д.В.РОМАНОВ, Г.Б.ШАРКОВ, А.В.СТАВИНСКИЙ,**  
**В.Л.СТОЛИН, Н.М.ЖИГАРЕВА**

*Институт теоретической и экспериментальной физики  
(ИТЭФ)*

**Ключевые слова:** нейтронный детектор.

В докладе рассказывается о позиционно-чувствительном нейтронном детекторе, разрабатываемом в ИТЭФ. Приводятся примеры актуальности создания нейтронного. Описаны результаты тестирования первого прототипа и результаты моделирования второго.

**Экспериментальное изучение ионизационного выхода жидкого ксенона для  $^{83m}\text{Kr}$  и гамма-квантов в диапазоне энергий от 2.8 до 80 кэВ с помощью двухфазного эмиссионного детектора**

**А.М.КОНОВАЛОВ** от коллаборации РЭД

**ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ", НИЯУ "МИФИ"**

**Ключевые слова:** двухфазный эмиссионный детектор, ксенон, ионизационный выход.

В сообщении освещены принципы работы двухфазного эмиссионного детектора, и представлены результаты экспериментального изучения ионизационного выхода жидкого ксенона для  $^{83m}\text{Kr}$  и гамма-квантов от изотопов  $^{37}\text{Ar}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{129}\text{Xe}$  и  $^{131}\text{Xe}$  с помощью детектора РЭД-1. Анализ отклика детектора на  $^{37}\text{Ar}$  (2.8 кэВ) подтверждает рост ионизационного выхода с понижением энергии в диапазоне энергий меньше  $\sim 10$  кэВ в соответствии с предсказанием NEST (Noble Element Simulation Technique).

### **Изучение работы детектора переходного излучения в эксперименте ATLAS при высоких нагрузках**

**Д.В.КРАСНОПЕВЦЕВ, А.С.РОМАНЮК**

от коллаборации ATLAS

*НИЯУ МИФИ*

**Ключевые слова:** детектор переходного излучения, ATLAS, высокая нагрузка, адронные струи.

Детектор переходного излучения (ТРТ) – является одной из трех внутренних систем детектора ATLAS. В состав ТРТ входит около 350 000 считывающих каналов, что позволяет детектору с высокой точностью идентифицировать частицы, производить разделение пионов и электронов и вносить существенный вклад в улучшение разрешения высокоэнергетических треков. Вместе с повышением светимости ускорителя и энергии пучков частиц на Большом Адронном Коллайдере в 2015 г. должна возрасти и нагрузка детектора переходного излучения. В данном исследовании производилось изучение работы детектора в условиях высокой нагрузки для ионных и протонных пучков. Особое внимание было уделено изучению треков внутри адронных струй. Характеристики треков частиц исследовались в зависимости от энергии адронных струй и расстояния до геометрического центра струй. Было

произведено сравнение данных с ускорителя с моделированием (ионные события за 2011 г., протонные события с высоким средним значений столкновений в события за 2012 г.). Было получено хорошее согласие между данными и симуляцией вплоть до таких экстремально плотных и загруженных зон, как ядра самых энергетических адронных струй. Детектор переходного излучения в ATLAS демонстрирует устойчивую работу и отличную производительность, как на низких, так и на высоких нагрузках. Отклонений от нормальной работы выявлено не было.

### **Изучение фоновых условий на SNS (Окридж) для эксперимента RED-100**

А.В.КУМПАН от коллаборации РЭД

*НИЯУ МИФИ, ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ, НИЦ КИ*

**Ключевые слова:** эмиссионный детектор, когерентное рассеяние, жидкий ксенон.

Основной задачей эксперимента RED-100 является регистрация когерентного рассеяния нейтрино на ядрах атомов и изучение его свойств. Данный процесс предсказывается Стандартной Моделью, но до сих пор не был зарегистрирован в силу очень малой энергии отдачи ядер ( $\leq 1$  кэВ). Регистрация настолько малого энергосвечения является одной из основных сложностей при постановке подобного эксперимента. Предлагается для регистрации когерентного рассеяния нейтрино на атомных ядрах использовать эмиссионный детектор на жидком ксеноне. В настоящее время данная технология успешно применяется в низкофоновых экспериментах по поиску Темной Материи. Детектор RED-100 будет установлен на сверхточном протонном ускорителе SNS в Окриджской Национальной Лаборатории (штат Теннесси, США). Для постановки

эксперимента важным шагом является изучение фоновых условий. Основными источниками фона являются космические мюоны и нейтроны, рождающиеся на ртутной мишени. Нейтроны могут проникать через защиту и имитировать взаимодействие нейтрино в детекторе. Представлены первые результаты измерений нейтронного и мюонного фонов.

**О концепции комплексного шунтового импеданса в  
электродинамике ускоряющих резонаторов**  
В.Г.КУРАКИН

*Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН*

**Ключевые слова:** пучок, резонатор, взаимодействие, шунтовой импеданс.

Два подхода прослеживается при исследовании эффектов, связанных с взаимодействием ускоряемого пучка с ускоряющим резонатором в резонансных ускорителях. Один из них основывается на использовании уравнений Максвелла, данный подход представляется наиболее последовательным. Электромагнитные поля представляются в виде разложения по собственным функциям резонатора с зависящими от времени коэффициентами разложения (амплитудами мод). Однако правые части дифференциальных уравнений для амплитудных функций являются функционалами от собственных функций, аналитические представления для которых доступны только для ограниченного круга форм резонаторов. По этой причине данные уравнения практически бесполезны для исследования проблем, для которых явные аналитические представления являются необходимыми (например, проблемы устойчивости). В связи с этим для подобных задач используется подход, основанный на представлении резонатора эквивалентным колебательным контуром со значениями частоты, добротности,

коэффициента связи и шунтового сопротивления равным аналогичным параметрам реального резонатора ускорителя.

В работе на основе полевого подхода выводятся формулы для вч поля, возбуждаемого в резонаторе зарядом, выраженные через внешние параметры резонатора. Предлагается концепция комплексного шунтового импеданса, с помощью которой можно вычислять не только наводимое напряжение, но и распределение поля в резонаторе. Обсуждается физический смысл импеданса, метод его измерения.

## **Кремниевый трекер эксперимента clas12**

**Е.О.КУРБАТОВ**

*НИИЯФ МГУ*

**Ключевые слова:** кремниевый трекер, компьютерное моделирование, jlab.

В рамках апгрейда, для эксперимента CLAS12 разработан вершинный кремниевый трекер (Silicon Vertex Tracker, SVT) на основе односторонних микростриповых сенсоров производства Hamamatsu, с шагом стрипов от 156 мкм до 202 мкм с использованием промежуточных несчитываемых стрипов с переменной угловой ориентацией для уменьшения размеров мертвых зон. Каждый двусторонний модуль SVT содержит три последовательно соединенных сенсора с каждой стороны, суммарная длина стрипа достигает 33 см. На каждый модуль приходится по 512 каналов, считывание которых осуществляется четырьмя чипами FSSR2 (Fermilab Silicon Strip Readout).

Основные физические задачи накладывают определенные требования на параметры детектора CLAS12. Для достижения соответствия этим параметрам и применяется SVT. Кремниевый детектор имеет небольшие

размеры и может использоваться при больших значениях светимости.

Компьютерное моделирование трекера осуществляется программным обеспечением на основе пакета GEANT4. Для оценки параметров детектора на основе Монте-Карло моделирования используется написанное для этих целей уникальное программное обеспечение. Были проведены оценки эффективности восстановления координат и импульсов для треков частиц и прочих значимых характеристик.

**ДаМоСкоп и его Интернет графика для визуального  
контроля настройки математических моделей описания  
экспериментальных данных**

**Ю.В.КУЯНОВ, В.И.БЕЛОУСОВ, В.В.ЕЖЕЛА,  
Н.П.ТКАЧЕНКО**

*Группа КОМПАС, ИФВЭ, Протвино*

**Ключевые слова:** ДаМоСкоп, дифференциальные сечения рассеяния адронов.

Представлен опыт использования динамического атласа экспериментальных данных и математических моделей их описания в задачах настройки параметрических моделей наблюдаемых величин, зависящих от кинематических переменных.

На примерах данных и моделей наблюдаемых величин, определяемых амплитудами упругого рассеяния адронов, показаны функциональные возможности изображения большого объёма экспериментальных данных и описывающих их моделей.

Схематически показана реализация в Интернете интерактивного средства ДаМоСкоп и его интерфейс с экспериментальными данными и кодами настроенных параметрических моделей со значениями параметров



наилучшего описания данных. Программные коды ДаМоСкопа открыты.

Испытать возможности ДаМоСкопа и оценить его применимость к другим аналогичным задачам можно по адресу: <http://hermes.ihep.su:8001/compas/kuyanov/DaMoScope/>

## **Изучение кинетики сцинтилляции Хе в двухфазном эмиссионном детекторе**

**А.ЛУКЪЯШИЦ, Д.АКИМОВ, А.БУРЕНКОВ,  
А.КОНОВАЛОВ**

*ИТЭФ, МИФИ*

**Ключевые слова:** Сцинтилляция, ксенон, эмиссионный двухфазный детектор, матрица ФЭУ, функция светособирания.

Изучение кинетики сцинтилляции крайне важно для построения модели передачи энергии в жидком Хе в сцинтилляцию и ионизацию. Кинетика сцинтилляции отражает соотношение заселенностей синглетного и триплетного состояний возбужденных молекул Хе. Одним из методов изучения кинетики сцинтилляции является однофотоэлектронный. Сцинтиллирующее вещество просматривается двумя ФЭУ, имеющими быстрый временной отклик. Один регистрирует сцинтилляционный сигнал полностью, и, определяет момент начала сцинтилляции, а дугой задиафрагмирован так, что регистрирует однофотоэлектронные импульсы, произведенные сцинтилляционными фотонами. Оцифровываются временные интервалы между сигналами этих ФЭУ. Распределение таких интервалов с большой точностью отражает истинную форму сцинтилляционного сигнала.

В данной работе использован новый подход, позволяющий применить этот метод к данным, полученным с двухфазного эмиссионного детектора РЭД1 от

распределенного источника  $^{83m}\text{Kr}$ . Сцинтилляции, регистрирует матрица из 7 ФЭУ. Анализируя сцинтилляции некоторой заданной величины, можно найти такое пространственное положение взаимодействия, когда один ФЭУ будет видеть сцинтилляцию полностью, а другие - только однофотоэлектронные импульсы от неё. Это позволяет построить распределение временных интервалов между стартовыми сигналами, за которые принимаются сигналы ФЭУ, вблизи которых, произошли события, и стоповыми однофотоэлектронными сигналами ФЭУ, которые отстоят от точки взаимодействия на значительном расстоянии.

**Моделирование условий регистрации переходного  
излучения при использовании Ar и Kr смесей  
в TRT ATLAS  
А.С.МАЕВСКИЙ, А.С.БОЛДЫРЕВ**

*Московский Государственный Университет  
имени М.В. Ломоносова*

**Ключевые слова:** Большой Адронный Коллайдер, ATLAS, Переходное Излучение, Идентификация Электронов.

Авторами доклада проведено моделирование условий работы трекового детектора переходного излучения (TRT) в эксперименте ATLAS на Большом Адронном Коллайдере (LHC) при использовании аргоновой и ксеноновой газовых смесей. Была проведена оценка эффективности регистрации переходного излучения, используемого в TRT для идентификации частиц, а также рассмотрены перспективы идентификации электронов и мюонов при использовании данных газовых смесей.

**Регистрация нейтронов детектором Crystal Ball на  
микротроне МАМІ-В**  
М.А.МАРТЕМЬЯНОВ, В.В.КУЛИКОВ от коллаборации А2  
(Майнц, Германия)

*ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ" НИЦ "Курчатовский институт"*

**Ключевые слова:** Коллаборация А2, Crystal Ball, кристаллы NaI, эффективность регистрации нейтронов, фоторождение пионов.

Программа экспериментов, принятых к рассмотрению коллаборацией А2 и выполняемых на пучке меченых фотонов электронного микротрона МАМІ-В в Майнце (Германия), включает прецизионные измерения полных и дифференциальных сечений реакций совместного фоторождения пионов и нейтронов на дейтериевой мишени. Несомненно, определение детектирующей способности установки к нейтронам является одной из важных задач эксперимента. Калориметрическая система установки содержит сегментированный детектор Crystall Ball, состоящий из 672 кристаллов NaI, который выдает информацию о положении, энергии и времени регистрации как нейтральных, так и заряженных частиц в широком диапазоне полярных углов. В настоящей работе проводится измерение эффективности регистрации нейтронов в диапазоне энергий от 20 до 400 МэВ. Показано, что эффективность составляет примерно 35 % при энергиях более 140 МэВ и является спадающей функцией при меньших значениях. Проведено сравнение полученных результатов с данными BNL, полученными на пионном пучке и протонной мишени; определена зависимость эффективности от величины порога регистрации.

## Разработка методов трекинга для эксперимента $BM@N$ на Нуклотроне ОИЯИ

С.П.МЕРЦ, П.Н.БАТЮК, Г.А.ОСОСКОВ,  
О.В.РОГАЧЕВСКИЙ

*Объединенный институт ядерных исследований*

**Ключевые слова:** Фильтр Калмана, трекинг, поиск треков-кандидатов, сидинг,  $BM@N$ .

В работе представлен алгоритм восстановления треков заряженных частиц, разрабатываемый для эксперимента  $BM@N$ . Особый акцент делается на разработку нового метода получения начальных приближений параметров треков заряженных частиц (нахождение треков-кандидатов).

Предложенный метод основывается на отображении координат частиц из пространства  $\{X, Y\}$  в пространство  $\{X/R, Y/R\}$ , где  $R$  – радиус-вектор в трехмерных координатах, а  $X$  и  $Y$  – поперечные координаты частицы.

Данное преобразование позволяет представить криволинейные траектории частиц в виде коротких горизонтальных отрезков, которые проще локализовать, а значит найти отсчеты принадлежащие одному треку.

Найденные отсчеты аппроксимируются окружностями с помощью метода быстрой робастной подгонки. Причем, введение весовых коэффициентов позволяет итерационно исключать отсчеты, лежащие далеко от полученной окружности. Это делает метод более эффективным и гибким.

На примере эксперимента  $BM@N$  показаны сравнительные характеристики представленного подхода и его эффективность.

## **Разработка Прототипа TASD (Totally Active Scintillator Detector)**

Ю.Г.КУДЕНКО<sup>1,2,3</sup>, А.В.МЕФОДЬЕВ<sup>1,2</sup>

1. *Московский физико-технический институт (государственный университет),*
2. *Институт ядерных исследований РАН,*
3. *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

**Ключевые слова:** Детектор, Нейтрино, Сцинтиллятор.

В рамках проекта AIDA Институт Ядерных Исследований (РАН) введет проектирование и тестирование полностью активного сцинтилляционного детектора (TASD). В докладе представлены результаты проектирования прототипа TASD и результаты измерений входящих в прототип элементов, результаты тестов измерения кросс-токов, световых выходов сцинтилляторов.

## **Разработка скоростного цифрового триггера на основе ПЛИС**

П.П.НАУМОВ, В.А.БЕЛОВ, В.А.КАПЛИН  
от коллаборации RED

*МИФИ*

**Ключевые слова:** ПЛИС, триггер, RED-100, РЭД-100.

Разрабатывается система формирования триггера для двухфазного детектора на жидком ксеноне RED-100. Основная задача заключается в снижении порога срабатывания до уровня нескольких электронов ионизации. Для решения задачи была создана система из 38 дискриминаторов (отдельный для каждого канала) и цифрового блока, суммирующего количество импульсов (на скорости 100 МГц) в бегущем временном окне настраиваемой

ширины (до 2 мкс) и сравнивающего результат со значениями соответствующими верхнему и нижнему порогам. Используется разработанный быстрый 11-битный сумматор-вычитатель, со скоростью срабатывания 10 нс. Также триггер дополнен схемой совпадений для использования других методов триггерования и системой регистрации событий для асинхронного получения информации о сработавшем канале триггера и времени срабатывания. Приведено описание принципа работы и аппаратной реализации цифрового триггерного блока.

**Статус системы АШИФ детектора КЕДР**  
**И.В.ОВТИН, А.Ю.БАРНЯКОВ, М.Ю.БАРНЯКОВ,**  
**В.С.БОБРОВНИКОВ, А.Р.БУЗЫКАЕВ, В.В.ГУЛЕВИЧ,**  
**А.Ф.ДАНИЛЮК, А.А.КАТЦИН, С.А.КОНОНОВ,**  
**Д.В.КОРДА, Е.А.КРАВЧЕНКО, И.А.КУЯНОВ,**  
**А.П.ОНУЧИН, В.А.РОДЯКИН**

*Институт Ядерной Физики СО РАН,  
Новосибирский Государственный Технический Университет*

**Ключевые слова:** черенковские счетчики, аэрогель, идентификация частиц.

В настоящее время в Институте Ядерной Физики (ИЯФ) им. Будкера на детекторе КЕДР, работающем на  $e^-e^+$ -коллайдере ВЭПП-4М, проводятся эксперименты по изучению адронных сечений в области энергий в системе центра масс от 3 до 11 ГэВ. Будет уточнена форма  $\psi(3770)$ -мезона, измерены с улучшенной точностью массы D-мезонов и сечения их рождения при данной энергии. Для идентификации частиц используется система пороговых аэрогелевых черенковских счетчиков АШИФ (Аэрогель, ШИФтер, Фотоумножитель). Метод АШИФ был предложен в ИЯФ в 1992 г. Система содержит 160 счетчиков расположенных в два слоя и содержит 1000 литров аэрогеля с

показателем преломления 1.05 и 160 ФЭУ МКП с мультищелочным фотокатодом, способных работать в магнитном поле до 2 Т. Система позволяет отделять  $\pi$ - и К-мезоны в диапазоне импульсов от 0.6 до 1.5 ГэВ/с. Преимуществом метода АШИФ по сравнению с методом прямого светосбора является уменьшение суммарной площади фотокатода фотонных детекторов, что снижает стоимость системы, а так же уменьшение количества материала перед калориметром. В 2003 г. первый слой системы (80 счетчиков) был установлен в детектор КЕДР и запущен в эксплуатацию. В 2013 г. все 160 счетчиков были установлены в детектор. Были модернизированы и налажены система высоковольтного питания, система контроля шумов ФЭУ МКП для двух слоев и отлажено программное обеспечение.

**Статус работ по подготовке исследований корреляционных кумулятивных процессов. Установка МАРУСЯ-ФЛИНТ на выведенных пучках Нуклотрона**  
**Д.В.РОМАНОВ, В.С.ГОРЯЧЕВ, Н.М.ЖИГАРЕВА,**  
**Д.Ю.КИРИН, К.Р.МИХАЙЛОВ, П.А.ПОЛОЗОВ,**  
**М.С.ПРОКУДИН, А.В.СТАВИНСКИЙ, В.Л.СТОЛИН,**  
**О.А.ЧЕРНЫШОВ, Г.Б.ШАРКОВ**

*ФГБУ «ГНЦ РФ ИТЭФ» НИЦ «Курчатовский Институт»  
Россия, г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, д25*

**Ключевые слова:** сверхплотная материя, регистрация частиц, кумулятивные процессы.

Эксперимент по изучению свойств холодной сверхплотной материи ставит цель проникнуть в область фазовой диаграммы ядерного вещества, соответствующей температурам и барионным плотностям, характерным для нейтронных звёзд.

Технической задачей эксперимента является регистрация частиц с большим поперечным импульсом в центральной области быстрой и компенсирующей их барионной системы, возникающих в процессе взаимодействия релятивистских ядер с ядрами.

Установка МАРУСЯ-ФЛИНТ включает в себя мишенную станцию, систему мониторинга пучка, детектор множественности и два плеча для регистрации вторичных частиц. Триггерное плечо построено на основе электромагнитного калориметра. Барионное плечо включает магнитные линзы и отклоняющие магниты, сцинтилляционные годоскопы, пропорциональные камеры, черенковский счётчик и нейтронный детектор. Это плечо поворотное, имеет возможность изменения угла от 23 до 90 градусов.

На текущий момент главной задачей является совмещение инфраструктур двух установок, в частности, системы сбора информации (АЦП на шасси VME и сервер), системы питания и контроля. В тестовых экспериментах, проведенных на НУКЛОТРОНЕ в конце 2013 начале 2014 годов, использовался девятиканальный электромагнитный калориметр. Количество его каналов обеспечивает минимальную конфигурацию для восстановления энергии одного фотона.

## **Быстрые Детекторы времяпролетной системы MPD**

М.М.РУМЯНЦЕВ от коллаборации MPD

*Объединенный Институт Ядерных Исследований*

**Ключевые слова:** mRPC, времяпролетные измерения, быстрые детекторы.

Времяпролетная система MPD является основным детектором для идентификации частиц. Для разделения пионов от каонов в диапазоне импульсов 0-2.5 ГеВ/с



временное разрешение системы должно быть лучше 100 пс. Времяпролетная система состоит из двух субдетекторов. Стартовый сигнал вырабатывается Черенковскими кварцевыми счетчиками (FFD). Счетчики выполнены в виде двух станций расположенных вокруг пучковой трубы на расстоянии  $\pm 75$  см от предполагаемой точки взаимодействия. Сигнал «Стоп» вырабатывается многоззорной резистивной плоской камерой (mRPC). mRPC уложены в виде бочки радиусом 1.5 метра и длиной 5 метров. Все детекторы были разработаны и созданы в ОИЯИ. Тестирование детекторов проходило на пучках Нуклотрона в специальной тестовой зоне “Test Beam MPD”, а так же на космических лучах.

### **Методика поиска 2К-захвата Хе-124 с помощью медного пропорционального счетчика**

**Ю.М.ГАВРИЛЮК, А.М.ГАНГАПШЕВ, В.В.КАЗАЛОВ,  
В.В.КУЗМИНОВ, С.И.ПАНАСЕНКО, С.С.РАТКЕВИЧ,  
Д.А.ТЕКУЕВА, С.П.ЯКИМЕНКО**

*БНО ИЯИ РАН*

**Ключевые слова:** двойной бета распад, пропорциональный счетчик, электронный захват.

В работе описана методика эксперимента по поиску двойного К-захвата Хе-124 с помощью большого низкофонового медного пропорционального счетчика. Эксперимент проводится в подземной Лаборатории Низкофоновых Исследований БНО ИЯИ РАН, на глубине 4800 м.в.э., где поток мюонов космических лучей подавлен в 107 раз по сравнению с поверхностью.

Экспериментальная установка состоит из пропорционального счетчика окруженного низкофоновой защитой (18 см меди, 15 см свинца и 8 см борированный полиэтилен). Представлены результаты обработки данных, полученных за 5 месяцев живого времени измерений.

Установлен новый предел на период полураспада Хе-124 относительно 2К-захвата на уровне  $\sim 10^{21}$  лет за один год живого времени измерений.

**Цилиндрический калориметр детектора КМД-3**  
В.Е.ШЕБАЛИН от КМД-3

*ИЯФ СО РАН*

**Ключевые слова:** встречные пучки, калориметр, ионизационная камера, сцинтилляционный счетчик.

Цилиндрический калориметр детектора КМД-3 состоит из двух подсистем: калориметр на основе жидкого ксенона и калориметр на основе сцинтилляционных кристаллов CsI. В докладе описана структура калориметра и представлены его основные характеристики. Так же описаны процедуры энергетической калибровки составного калориметра, восстановления кластеров энерговыведения и определения начальной энергии фотонов.

# Кварконий

**X(3872): статус и перспективы**

Т.А.-Х.АУШЕВ

*МФТИ, ИТЭФ*

**Ключевые слова:** X(3872), exotic states, charmonium-like.

В обзоре обсуждаются экспериментальные результаты изучения свойств состояния X(3872), полученные в экспериментах Belle, BaBar, D0, CDF, LHCb. Приводится анализ квантовых чисел X(3872) и возможных интерпретаций данного состояния, в число которых входят традиционный чармоний, тетракварк, мезонная молекула. Обсуждаются перспективы дальнейшего изучения X(3872) в экспериментах Belle2 и LHCb с использованием большей статистики данных.

**X(3872)-резонанс как обычный чармоний**

Н.Н.АЧАСОВ, Е.В.РОГОЗИНА

*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН*

**Ключевые слова:** Кварконий, молекула, четырёхкварковое состояние.

Приводятся соображения, что загадочный X(3872)-резонанс является обычным кварконием. Обсуждается вопрос как выяснить это экспериментально.

## Perspective study of charmonium and exotics above $D\bar{D}$ threshold

М.Ю.БАРАБАНОВ<sup>1</sup>, А.С.ВОДОПЬЯНОВ<sup>1</sup>, S.L.OLSEN<sup>2</sup>

*1. Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

*2. Center for Underground Physics, Institute of Basic Science, Daejeon, Korea*

**Ключевые слова:** Hadron structure, strong interactions, QCD, potential and phenomenological models, charmonium and exotics spectroscopy, D-meson spectroscopy, charmed and strange baryon spectroscopy, antiproton-proton annihilation, proton-proton collisions, heavy ion collisions.

The spectroscopy of charmonium and exotics is discussed. It is a good testing tool for the theories of strong interactions, including: QCD in both the perturbative and non-perturbative regimes, LQCD, potential models and phenomenological models. For this purpose an elaborated analysis of the charmonium, charmed hybrids and tetraquarks spectra is given, and attempts to interpret recent experimental data in the above  $D\bar{D}$  threshold region are considered. Experimental data from different collaborations (BES, BaBar, Belle, LHCb) are analyzed with special attention given to new states with hidden charm (XYZ states) that were discovered recently. Some of these states can be interpreted as higher-lying charmonium states and tetraquarks with a hidden charm. It has been shown that charge/neutral tetraquarks must have their neutral/charged partners with mass values which differ by few MeV. This hypothesis coincides with that proposed by Maiani and Polosa. But much more data on different decay modes are needed before firmer conclusions can be made. These data can be derived directly from the experiments using a high quality antiproton beam with momentum up to 15 GeV/c and proton-proton collisions with momentum up to 26 GeV/c.

## **Изучение P-волновых состояний кваркония в эксперименте LHCb**

И. БЕЛЯЕВ от имени коллаборации LHCb

*Институт Теоретической и Экспериментальной Физики  
(ИТЭФ)*

**Ключевые слова:** Кварконий, КХД, LHC, LHCb, P-волновые состояния.

В докладе будут представлены данные по рождению состояний чармония и боттомония с ненулевым орбитальным моментом в протон-протонных столкновениях при энергии в системе центра масс 7 и 8 ТэВ. Измерения выполнены с помощью детектора LHCb в области больших быстрот.

Так же будут представлены первые наблюдения рождения состояния  $\chi_{c0}$  на адронных машинах и первое наблюдение распада  $\chi_c(3P) \rightarrow \text{Upsilon}(3S) \text{ gamma}$  и наиболее точное измерение массы  $\chi_b(3P)$  состояния.

## **Дважды тяжёлые барионы**

А. БЕРЕЖНОЙ

*МГУ НИИЯФ*

**Ключевые слова:** дважды тяжёлые барионы, дикварк, тяжёлый кварк, LHC.

Кратко обсуждаются предсказываемые теорией особенности рождения, спектроскопии и распадов барионов, имеющих в своём составе два тяжёлых кварка. Рассматриваются перспективы обнаружения дважды тяжёлых барионов в экспериментах на LHC.

**Изучение свойств  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$   
в эксперименте Belle**

А.Ю.ГАРМАШ от коллаборации Belle

*Институт ядерной физики им.Будкера СО РАН*

**Ключевые слова:** боттомоний, четырехкварковые состояния.

В докладе представлены новые результаты по изучению свойств заряженных экзотических состояний  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$  полученные при анализе данных эксперимента Belle.

**Изучение рождения и распадов  $c$ - и  $b$ -адронов в  
эксперименте ATLAS**

Л.К.ГЛАДИЛИН от коллаборации ATLAS

*НИИЯФ МГУ*

**Ключевые слова:** КХД, тяжёлые кварки, эксперимент.

Представлены новые данные коллаборации ATLAS о рождении и распадах адронов, содержащих тяжёлые кварки.

**Изучение интерференции в распадах  $\psi \rightarrow K \text{ anti-K}$**

В.П.ДРУЖИНИН от коллаборации BABAR

*Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН*

**Ключевые слова:** чармоний, распад, электромагнитный формфактор.

В эксперименте BABAR методом радиационного возврата измерены вероятности распадов  $J/\psi \rightarrow K^+K^-$  и  $\psi(2S) \rightarrow K^+K^-$  и сечения реакции  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$  вблизи этих резонансов. С использованием этих данных, а также данных других экспериментов исследована интерференция между

сильными и электромагнитными амплитудами в распадах  $\psi \rightarrow K \text{ anti-}K$ , а также эффект интерференции резонансной и нерезонансной амплитуд в реакции  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ .

## **Изучение новых распадов $B_c$ -мезонов в LHCb**

**В.Ю.ЕГОРЫЧЕВ** от коллаборации LHCb

*ИТЭФ*

**Ключевые слова:** Кварконий-2014.

Среди тяжелых кваркониев особое место занимает система с открытой прелестью и очарованием. В отличие от подробно изученных экспериментально и достаточно точно описываемых теоретически семейств чармониума и боттомониума (семейства со скрытым очарованием и прелестью), тяжелый кварконий – семейство  $B_c$ -мезонов имеет специфические механизмы образования, распадов и спектроскопию, исследование которых позволит заметно расширить и упрочить количественное понимание КХД. Несмотря на то, что  $B_c$ -мезон был открыт 15 лет назад, до начала работы Большого Адронного Коллайдера только несколько каналов распадов этой частицы были экспериментально зарегистрированы. Большой адронный коллайдер открыл новую эру в изучении  $B_c$ -мезонов. В частности, в эксперименте LHCb были обнаружены 8 новых мод распадов, используя данные, набранные в 2011 и 2012 гг. В докладе будет сделан обзор новых распадов  $B_c$ -мезонов.

**Доли распадов  $\psi(3770)$  и  $Y(10580)$  в лёгкие  
(не- $D\bar{D}$  и не- $B\bar{B}$ ) адроны**  
А.А.КОЖЕВНИКОВ, Н.Н.АЧАСОВ

*ИМ СО РАН*

**Ключевые слова:** тяжелые кварконии, правило OZI, лёгкие адроны.

Вычислены вероятности распадов резонансов  $\psi(3770)$  и  $Y(10580)$  как на пару мезонов, не содержащих тяжёлых кварков  $\pi^+\pi^-$ ,  $K\bar{K}$ ,  $\rho(\omega)\pi$ ,  $\rho(\omega)\eta$ ,  $\rho(\omega)\eta'$ ,  $K^*\bar{K}^*$  +с.с.,  $\rho^+\rho^-$  и  $K^*\bar{K}^*$ , так и ширины распадов  $\psi(3770)\rightarrow J/\psi+P$  ( $P = \pi^0, \eta$ ),  $Y(10580)\rightarrow Y1S+P$  ( $P = \pi^0, \eta, \eta'$ ). Вычисления основаны на модели динамического нарушения правила OZI за счёт реальных промежуточных состояний  $D\bar{D}$  ( $B\bar{B}$ ) в случае  $\psi(3770)$ -мезона ( $Y(10580)$ -мезона) соответственно.

**Наблюдение нейтрального состояния  $Zb_0(10610)$  в  
распаде  $Y(5S) \rightarrow Y(2,3S) \pi^0 \pi^0$**

П.КРОКОВНИЙ от коллаборации Belle

*ИЯФ СОРАН*

**Ключевые слова:** кварконий.

В распаде  $Y(5S) \rightarrow Y(2,3S) \pi^0 \pi^0$  обнаружено новое нейтральное состояние  $Zb_0(10610)$ , распадающееся в  $Y(2,3S) \pi^0$ . Статистическая значимость сигнала 6.5 стандартных отклонений получена в Далиц анализе конечного состояния  $Y(2,3S) \pi^0 \pi^0$ . Результаты получены по 121  $\text{fb}^{-1}$  данных, набранных на  $Y(5S)$  резонансе в эксперименте Belle.



## Измерение вероятности распада $J/\psi \rightarrow \eta_c \text{ gamma}$ и параметров $\eta_c$ -мезона

В.М.МАЛЫШЕВ от коллаборации КЕДР

*ИЯФ СО РАН*

**Ключевые слова:** радиационные переходы в чармонии.

Радиационный магнитно-дипольный переход  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c$  заметно выделяется среди известных радиационных переходов между уровнями чармония. С одной стороны, вероятность этого распада может быть легко рассчитана с использованием потенциальных моделей, аналогично вероятностям электрических дипольных переходов. С другой стороны, если для последних измеренные вероятности неплохо согласуются с расчётами, для распада  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c$  это не имеет места. Два измерения, выполненные группами Crystal Ball в 1986 году и CLEO в 2009 году, дали значения, в 2-3 раза отличающиеся от теоретических предсказаний. Причина такого расхождения связана, по-видимому, с неверными экспериментальными значениями. Сложность измерения для данного распада заключается в том, что из-за относительно большой ширины  $\eta_c$ -мезона фотонный спектр асимметричен, точная форма его неизвестна, что приводит к сильной модельной зависимости результатов. Кроме того, при измерении необходим также учёт интерференции с нерезонансной подложкой, особенно для эксклюзивных спектров, чего не было сделано. В 2013 году на детекторе КЕДР выполнено новое измерение вероятности этого распада, а также массы и ширины  $\eta_c$ -мезона. Измерения выполнены в инклюзивном спектре с учётом асимметрии фотонной линии и эффектов интерференции. Полученное значение для вероятности имеет лучшую точность по сравнению с предыдущими измерениями и согласуется с последними расчётами на решётках КХД.

## Изучение распада $B^0 \rightarrow D^* \omega \pi$ на детекторе Belle

Д.В.МАТВИЕНКО от коллаборации Belle

*ИЯФ СО РАН*

**Ключевые слова:** кварконий, Далиц анализ, В-мезоны.

В докладе представлены результаты Далиц анализа трехчастичного распада В-мезонов в  $(D^* \omega \pi)$  адронную систему частиц. Анализ основан на экспериментальных данных, полученных с детектора Belle на энергии рождения Upsilon(4S)-резонанса с интегральной светимостью в 711 обратных фбн.

## Изучение боттомония в эксперименте Belle

Р.В.МИЗЮК от коллаборации Belle

*ИТЭФ, МИФИ*

**Ключевые слова:** спектроскопия и распады кваркония, экзотические адроны.

Представлены последние результаты эксперимента Belle по боттомонию. В-частности, обсуждается измерение энергетической зависимости сечений реакций  $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$  и  $e^+e^- \rightarrow Y(1S,2S,3S) \pi^+ \pi^-$  в области резонансов  $Y(5S)$  и  $Y(6S)$  с первым обнаружением аномальных двухпионных переходов из  $Y(6S)$ , а также обнаружение новых адронных переходов из  $Y(4S)$  и  $Y(5S)$  в ниже лежащие состояния боттомония.

## Рождение пар чармониев с большими инвариантными массами в $pp$ -взаимодействиях

А.НОВОСЕЛОВ

*ИФВЭ*

**Ключевые слова:** кварконий, КХД, ЛНС.

Недавние измерения коллаборации CMS указывают на большой выход пар  $J/\psi$  с инвариантными массами 20..80ГэВ. Имеющиеся расчеты в синглетной модели в лидирующем и следующим за ним порядках, а также оценки вклада двойных партонных взаимодействий в эту область не объясняют наблюдаемого сигнала. Ответ на это противоречие может содержаться в NNLO порядке по константе сильного взаимодействия. Будут приведены оценки вклада этого механизма в условиях различных экспериментальных установок.

## Перспективы исследования чармония на супер-В-фабрике

Г.В.ПАХЛОВА

*ИТЭФ, МИФИ, МФТИ*

**Ключевые слова:** чармоний, экзотические состояния, кварконий, В-физика, электрон-позитронная аннигиляция.

Эксперимент Belle, введенный в эксплуатацию в 1999 году, за годы успешной работы накопил рекордный объем данных, что позволило ученым этой коллаборации не только вести интенсивные исследования уже известных частиц, но и открыть более десятка новых экзотических состояний чармония. Природа большинства из этих состояний остается непонятой до сих пор.

В настоящий момент создается новый эксперимент – Belle-II на Супер В-фабрике SuperKEKB, с ожидаемой статистикой данных, почти на два порядка превышающей

полученную ранее на Belle. Значительное повышение точности измерений в эксперименте Belle-II позволит досконально изучить свойства новых состояний чармония и найти ответ на вопрос об их происхождении.

**Изучение  $\eta$ - $\eta'$  смешивания в распадах В-мезонов в ЛНСб**  
С.М.ПОЛИКАРПОВ, В.Ю.ЕГОРЫЧЕВ, И.МБЕЛЯЕВ,  
Д.В.САВРИНА

*ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ имени А.И. Алиханова*

**Ключевые слова:**  $\eta$ , распады В-мезонов, Кварконий 2014

Используя данные, набранные на детекторе ЛНСб в 2011 и 2012 годах при энергиях 7 и 8 ТэВ соответственно, изучены распады В-мезонов в конечные состояния, содержащие  $J/\psi$ -мезон и  $\eta/\eta'$ -мезоны и измерены относительные вероятности этих распадов. На основе полученных результатов измерены параметры смешивания в системе  $\eta$ - $\eta'$ .

**Изучение экзотических состояний чармония в ЛНСб**  
И.ПОЛЯКОВ, И.БЕЛЯЕВ, В.ЕГОРЫЧЕВ

*Институт Теоретической и Экспериментальной Физики  
(ИТЭФ)*

**Ключевые слова:** чармоний, экзотика,  $X(3872)$ ,  $Z(4430)$ .

В докладе будут представлены последние результаты исследований экзотических состояний чармония в эксперименте ЛНСб: свидетельство распада  $X(3872) \rightarrow \psi(2S)\gamma$

и обнаружение заряженного состояния  $Z(4430)^+$  в распаде  $B_0 \rightarrow \psi(2S)K_L$ . Работы основаны на данных, набранных детектором LHCb в протон-протонных столкновениях с энергией 7 и 8 ТэВ в системе центра масс.

### **Что можно узнать из интенсивности распада**

$$X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0} + D^{*0} \bar{D}^0$$

Н.Н.АЧАСОВ, Е.В.РОГОЗИНА

*ИМ СО РАН*

**Ключевые слова:** X(3872), чармоний, XYZ-спектроскопия.

Резонанс X(3872), открытый десять лет назад, породил поток интерпретаций и положил начало XYZ-спектроскопии, в которой мезоны являются четырёхкварковыми, по крайней мере. Между тем многие (если не все) характеристики резонанса X(3872) не ясны. Мы построили спектры распадов X(3872) с хорошими аналитическими и унитарными свойствами, которые позволяют определить относительную интенсивность распада  $X(3872) \rightarrow D^0 \bar{D}^{*0} + D^{*0} \bar{D}^0$ , изучая дополнительно только ещё один распад  $X(3872) \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi(1S)$ , например. Учли влияние канала  $X(3872) \rightarrow D^+ D^{*-} + D^{*+} D^-$  на хвосте резонанса. Затем мы определили область значений для константы связи X(3872)-резонанса с тяжёлыми кваркониями  $D\bar{D}^*$  и  $D^*\bar{D}$ . Наконец, мы показываем, что наши спектры позволяют эффективно оценивать различные теоретические сценарии для структуры X(3872)-мезона.

## **Изучение S-волновых состояний кваркония в LHCb**

Д.В.САВРИНА от коллаборации LHCb

*НИЦ "Курчатовский институт" ФГБУ "ГНЦ РФ Институт Теоретической и Экспериментальной Физики" (НИЦ "КИ" ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ") Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ)*

**Ключевые слова:** LHCb, тяжелый кварконий, сечение рождения.

Изучение сечений рождения и поляризации тяжелых кваркониевых состояний в протон-протонных столкновениях является хорошей проверкой для различных теоретических моделей в рамках квантовой хромодинамики. В докладе будут представлены недавние результаты эксперимента LHCb по измерению сечений рождения  $Y(nS)$ -состояний ( $n = 1, 2, 3$ ) в протон-протонных столкновениях при энергии в системе центра масс 2.76 ТэВ, а также сечений рождения  $\eta_c$ ,  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$ -мезонов при энергиях в системе центра масс 7 и 8 ТэВ.

## **Измерения b-адронов в эксперименте ATLAS**

Л.Н.СМИРНОВА, А.С.МАЕВСКИЙ, С.М.ТУРЧИХИН

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет*

**Ключевые слова:** b-адроны, редкие распады.

Приведены результаты поиска явлений новой физики в измерениях b-адронов в эксперименте ATLAS. Рассмотрены результаты исследований свойств редких распадов и явлений CP симметрии в распадах нейтральных B-мезонов.

**Спектроскопия очарованных барионов**  
Е.И.СОЛОВЬЁВА от коллаборации BELLE

*ИТЭФ, МИФИ*

**Ключевые слова:** спектроскопия, очарованные барионы.

В докладе будут представлены последние экспериментальные результаты по спектроскопии очарованных барионов, полученные коллаборациями Belle и BaBar.

**Парное рождение дваждытяжелых дикварков в протон-протонном взаимодействии**

А.М.ТРУНИН<sup>1,2</sup>, А.П.МАРТЫНЕНКО<sup>2,3</sup>

- 1. Лаборатория теоретической физики, Объединенный институт ядерных исследований (ИТФ ОИЯИ)*
- 2. Самарский государственный аэрокосмический университет им. ак. С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) (СГАУ)*
- 3. Самарский государственный университет (СамГУ)*

**Ключевые слова:** квазипотенциальный подход, релятивистская кварковая модель, дикварки.

В рамках пертурбативной КХД и релятивистской кварковой модели рассматривается парное рождение дваждытяжелых дикварков, включающих  $b$ - и  $c$ -кварки, в протон-протонном взаимодействии. Получен как нерелятивистский предел сечений, так и соответствующие релятивистские поправки к нему. В амплитуде рождения учитываются релятивистские слагаемые, связанные с относительным движением тяжелых кварков и с законом преобразования волновых функций связанных состояний. Пропагаторы кварков и глюонов, входящие в амплитуду, разлагаются по степеням относительного импульса.

Релятивистские поправки к волновым функциям дикварков описываются посредством КХД-обобщения потенциала Брейта. Показано, что рассматриваемые эффекты ответственны за существенное понижение сечений при энергиях 7 и 14 ТэВ.

Работа выполнена при поддержке программы Фонда «Династия» для молодых ученых.

## **Заряженные чармониеподобные состояния как эффект перерасеяния**

**Т.УГЛОВ, П.ПАХЛОВ**

*МФТИ, ИТЭФ, МИФИ*

**Ключевые слова:** перерасеяние, чармоний, кварконий, сильное взаимодействие, очарованные мезоны, экзотические состояния.

Используя чисто феноменологический подход мы показали, что структуры, наблюдающиеся в массовом спектре комбинаций  $\psi(2S)\pi^+$  и  $\chi_{c1}\pi^+$  в распадах  $\bar{B} \rightarrow \psi(2S)(\chi_{c1})\pi^+$  могут являться результатом перерасеяния  $\bar{B} D^* \rightarrow (\bar{c} s)\pi^+$  в распадах  $\bar{B} \rightarrow D_s J(\rightarrow \bar{D} (*)K)D(*)$ . В частности, положение пика в цепочке распадов  $\bar{B} \rightarrow D_s(2S)D \rightarrow K \bar{D} * D \rightarrow K \psi(2S)\pi^+$  хорошо согласуется массой  $Z(4430)$  в предположении, что масса  $D_s(2S)$  – первого радиального возбуждения  $D_s$  – равна  $2610 \text{ МэВ}/c^2$ . Ширина пика  $Z(4430)$ , также хорошо воспроизводящаяся в данном исследовании, не зависит от ширины  $D_s(2S)$ .



## Заряженные чармониеподобные состояния в эксперименте Belle

К.А.ЧИЛИКИН от коллаборации Belle

*ИТЭФ, МИФИ*

**Ключевые слова:** распады В-мезонов, чармоний, экзотические мезоны.

Представлены результаты полного амплитудного анализа распадов  $B^0 \rightarrow \psi(2S) K^+ \pi^-$ ,  $(\psi(2S) \rightarrow \mu^+ \mu^-$  или  $e^+ e^-)$ , выполненного для измерения спина и чётности  $Z(4430)^-$ . Гипотеза  $J^P = 1^+$  является предпочтительной; гипотезы  $0^-$ ,  $1^-$ ,  $2^-$  и  $2^+$  исключены на уровне  $3.4\sigma$ ,  $3.7\sigma$ ,  $4.7\sigma$  и  $5.1\sigma$ , соответственно.

Представлены результаты амплитудного анализа распадов  $B^0 \rightarrow J/\psi K^+ \pi^-$ . Обнаружено новое заряженное чармониеподобное состояние  $Z_c(4200)^-$ , распадающееся на  $J/\psi \pi^-$ . Значимость  $Z_c(4200)^-$  составляет  $6.2\sigma$ ; его масса и ширина –  $4196^{+31-29}_{+17-13}$  МэВ и  $370^{+70}_{+70-132}$  МэВ, соответственно. Кроме этого, обнаружено указание на распад  $Z_c(4430)^- \rightarrow J/\psi \pi^-$ .

Анализы выполнены с использованием образца данных с интегральной светимостью  $711 \text{ фб}^{-1}$ , набранного детектором Belle на асимметричном электронно-позитронном коллайдере КЕКВ.

## Поиск Новой Физики в распадах В-мезонов

Р.Н.ЧИСТОВ

*ИТЭФ, МИФИ*

**Ключевые слова:** В мезоны, Новая Физика, Стандартная Модель, заряженный Хиггс.

Поиск новых эффектов, выходящих за рамки Стандартной Модели – Новой Физики – является на сегодняшний день

одной из главных задач в Физике Высоких Энергий. Так, Стандартная Модель не объясняет таких экспериментальных фактов, как не нулевые массы нейтрино, иерархия масс кварков и лептонов и не предоставляет кандидатов в Темную Материю. Существует множество теоретических моделей и подходов, которые пытаются расширить Стандартную Модель и ответить на поставленные экспериментом вопросы. В свою очередь современные коллайдерные эксперименты - Большой Адронный Коллайдер и В-фабрики – проводят интенсивные поиски проявлений Новой Физики. Одним из направлений в таких поисках является изучение редких распадов В-мезонов. В настоящем докладе дается мини-обзор последних экспериментальных результатов по поиску вкладов Новой Физики в редких распадах В-мезонов.

**Тяжелый кварконий - состояние и проблемы**  
С.И.ЭЙДЕЛЬМАН (Particle Data Group – Группа свойств частиц)

*Институт ядерной физики СО РАН*

**Ключевые слова:** кварконий, шармоний, боттомоний, тетракварк.

Обсуждается текущее состояние исследований в области спектроскопии тяжелого кваркония – шармония и боттомония – с точки зрения Группы свойств частиц (PDG), отраженное в новом Обзоре физики частиц (Review of Particle Physics – 2014). Описаны новые состояния и их распады, открытые в последнее время, а также связанные с ними проблемы.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СЕССИЯ-КОНФЕРЕНЦИЯ  
СЕКЦИИ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ОФН РАН  
«ФИЗИКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ»

Москва, 17 – 21 ноября 2014 г.

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Составители: Н.С.Барбашина, А.Н.Дмитриева,  
А.А.Петрухин, И.И.Яшин

Подписано в печать 11.11.2014. Формат 60x84 1/16  
Уч.-изд. л. 9,75. П. л. 9,75. Тираж 450 экз.  
Изд. № 019-3. Заказ №

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Типография НИЯУ МИФИ  
115409, Москва, Каширское ш., 31