



МКТЭФ-2020
МКЛЭФ-5050

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

**СБОРНИК АННОТАЦИЙ ДОКЛАДОВ
ТОМ 2**

**МОЛОДЕЖНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ
МКТЭФ-2020**

**Секция приуроченная к 75-летию
НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ**

16-19 ноября 2020 г.



Москва, 2020 год

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ И ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

Председатель программного комитета :

- д.ф.-м.н., Егорычев Виктор Юрьевич;

Состав программного комитета:

- к.ф.-м.н., Акиндинов А.В.;

- д.т.н., Кулевой Т.В.;

- к.ф.-м.н., Васильев Д.В.;

- к.ф.-м.н., Канцырев А.В.;

Организационный комитет:

- к.ф.-м.н., Васильев Д.В.;

- к.ф.-м.н., Канцырев А.В.;

- к.ф.-м.н., Слепцов А.В.;

- к.т.н., Высоцкий С.А.;

- к.ф.-м.н., Тарасов В.В.;

- Панюшкин В.А.;

- Базаев И.М.

- секретарь конференции, Панюшкина А.Н.

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

Изучение ядерной реакции dd-синтеза с поляризованными дейтронами при низких энергиях до 100 кэВ. Эксперимент PolFusion.

Андреянов А.В.¹

¹ *Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»*

Изучение поляризованного DD-синтеза представляет интерес в термоядерной энергетике и ядерной астрофизике. В НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ ведется подготовка эксперимента PolFusion, в котором будут изучаться реакции $D(d,n)^3\text{He}$ и $D(d,p)^3\text{H}$ с поляризованным пучком и мишенью при низких энергиях до 100 кэВ. В этом эксперименте будут измерены дифференциальные сечения и спин-корреляционные коэффициенты для различных соотношений поляризации пучка и мишени.

В докладе рассматривается статус эксперимента PolFusion, а также проводится обзор теоретических моделей, которые используются для описания DD-синтеза. Рассматривается математический аппарат разложения по парциальным волнам, который будет применен для обработки полученных экспериментальных данных. Этот аппарат учитывает известные свойства ядерных сил, а для учета неизвестных свойств вводятся параметры, называемые парциальными амплитудами, которые находятся с использованием экспериментальных данных. Данные, полученные при поляризованных пучке и мишени позволят восстановить полный набор парциальных амплитуд. Знание полного их набора позволит вычислить дифференциальные сечения для любых энергий.

Вдоль неабелевой фермионной T-дуальности

Астраханцев Л.Н.^{1,2}, Мусаев Э.Т.¹, Бахматов И.В.³

¹ *Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)*

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

³ *Институт Теоретической и Математической Физики МГУ*

В данной работе рассматривается интерпретация неабелевой фермионной T-дуальности на языке удвоенной теории поля (DFT). В работе были рассмотрены случаи пространства Минковского без фоновых полей, а также теория на фоне D-браны. При этом неабелева фермионная T-дуальность дает полевые конфигурации, которые могут быть интерпретированы как решения уравнений DFT, зависящие одновременно от дуальных и обычных координат. При этом зависимость ограничена таким образом, что эта конфигурация является самосогласованным фоном для движения струны, и тем не менее не может быть преобразована в решение стандартной супергравитации при помощи бозонной T-дуальности. Таким образом, мы имеем дело с дальнейшим обобщением подхода обобщенной супергравитации, где допускается линейная зависимость дилатона от дуальной координаты, а решение может быть преобразовано в решение уравнений обычной супергравитации. В данной работе приведены и конкретно посчитаны векторы Киллинга

Моделирование взаимодействия “тёмных” атомов O -гелия с ядрами барионного вещества

Бикбаев Т.Э.¹, Хлопов М.Ю.¹, Майоров А.Г.¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

Объект исследования данной работы представляет собой систему трёх тел, состоящую из ядра барионного вещества и атома OHe скрытой массы. Перспективной задачей работы является выявление физических оснований формирования низкоэнергетических связанных состояний во взаимодействии темных атомов OHe с ядрами барионного вещества - ключевой проблемы модели составной скрытой массы Вселенной. Сложность этой проблемы, не нашедшей корректного решения в последние 15 лет, требует последовательного приближения к её решению. В рамках предложенного подхода к такому моделированию, для выявления сущности процессов взаимодействия OHe с ядрами барионного вещества, используется классическая модель, в которую последовательно добавляются эффекты квантовой физики. Целью работы является построение численной модели взаимодействия “тёмного” атома OHe с ядрами барионного вещества. Для достижения цели проводится исследование механизмов взаимодействия частицы O^{--} , ядра He и ядра-мишени. Результатом работы является численная модель, описывающая систему OHe -ядро с самосогласованным учётом ядерного и электромагнитного взаимодействий. Полученная модель может быть использована для интерпретации результатов экспериментов по прямому поиску частиц скрытой массы.

Создание и калибровка калориметрического детектора излучения, основанного на эффекте Зеебека.

Богданов А.В.¹, Канцырев А.В.¹, Гаврилин Р.О.¹, Панюшкин В.А.¹, Хурчиев А.О.¹

¹ *Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ «Курчатowski институт»*

Одна из применяемых методик для решения задачи измерения мощности излучения различных источников (будь то источники частиц или э-м. излучения) — использование калориметров. Калориметрические детекторы работают на основе регистрации повышения температуры тонкой пластинки-фольги, принимающей излучение. Термопарные калориметры — один из видов калориметров которые регистрируют нагрев принимающей фольги с помощью термопар, работающих на основе эффекта Зеебека. Термопарные калориметры выдают интегрированный по времени сигнал.

Для обеспечения возможности использования калориметрического детектора с различными источниками излучения, в том числе с пучками частиц высоких энергий, при изготовлении была выбрана кольцеобразная компоновка, т. е. в проекцию пучка на калориметр попадает только приёмная фольга, а остальные части калориметра, в том числе и корпус, разнесены вокруг этой зоны. Также данная компоновка позволяет размещать дополнительные детекторы после калориметра по ходу пучка.

Регистрации нагрева фольги калориметра осуществляется последовательно соединёнными Пельтье элементами, размещёнными между фольгой и массивной латунной шайбой с много большей чем у фольги теплоёмкостью — термостатом. Для достижения высокой точности измерений, в калориметре размещены калибровочные резисторы, способные передавать детекторной фольге заданное количество энергии, для проведения калибровки непосредственно перед выполнением измерений.

Калориметр планируется применить для измерения мощности излучения Z-пинча.

Работа выполнена при поддержке НИОКР Договор № 17706413348200001060/226/2856-Д от 31.07.2020 (ИГК17706413348200001060)

Система верификации протонной терапии 1000 МэВ

Брожик Д.С.¹, Мамедова Н.И.¹, Пак Ф.А.¹, Васильев А.А.¹, Халиков А.И.¹

¹ НИЦ "Курчатовский институт" - ПИЯФ

Доклад посвящен системе верификации протонной стереотаксической терапии на базе синхроциклотрона СЦ-1000. Верификация планов облучения является одной из основных процедур гарантии качества лучевой терапии. При проведении верификации планов облучения сравнивают теоретические, рассчитанные в программе, и экспериментальные данные, полученные при облучении фантома, который моделирует тело человека.

Особое внимание обращается на аппаратные средства системы верификации, включающие установку для термолюминесцентной дозиметрии и тканезквивалентные фантомы, а также методику проведения процедуры, которая позволяет быть уверенным в точной реализации индивидуальных планов облучения.

В докладе дана характеристика системы клинической дозиметрии комплекса протонной стереотаксической терапии (далее Комплекс), в состав которой входит система верификации; Рассмотрены особенности используемого оборудования и методики проведения верификации индивидуальных планов облучения, которые позволяют выявить и минимизировать возникновение ошибок при построении дозных распределений; Представлены экспериментальные данные, полученные для разных типов индивидуальных планов облучения при использовании твердотельного фантома и капсул с термолюминесцентными дозиметрами на пучке протонов с энергией 1000 МэВ.

Список литературы:

[1] А.М. Гранов, Л.А. Тютин, Р.А. Шалек, В.М. Виноградов, Д.Л. Карлин. Сорокалетний опыт клинического применения пучка протонов с энергией 1000 МэВ на базе синхроциклотрона Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова //Мед.физика. 2016 г. №2 (70). 10-17 с.

[2] Д.С. Брожик, О.М. Жидкова, Е.М. Иванов, Д.Л. Карлин, Н.А. Кузора, В.И. Лазарев, В.И. Максимов, Н.И. Мамедова, Ф.А. Пак, Г.А. Рябов, А.И. Халиков. Статус медицинского комплекса НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ//Препринт 3045. Гатчина. 2020

Построение комплексной диэлектрической функции для материалов, исследуемых в эксперименте HINEX

Волков В.А.¹

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

В рамках модели Ричи с использованием данных оптических экспериментов построены комплексные части диэлектрических функций материалов, исследуемых в эксперименте HINEX (Heavy Ion Heating and Expansion), планируемом на новом ускорительном комплексе FAIR (Дармштадт, Германия). Результаты вычислений будут использованы в качестве начальных условий для расчётов кинетики электронной подсистемы изучаемого образца, взаимодействующего с высокоинтенсивным тяжёлоионным пучком.

Сверхсветовые моды в расширенных теориях Хорндески с дополнительной материей

Волкова В.Е.¹, Рубаков В.А.¹, Миронов С.А.^{1,2}

¹ *Институт Ядерных Исследований Российской академии наук*

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

Обсуждается вопрос возможного сверхсветового распространения гравитационных волн вблизи ранее построенного решения в виде космологического отскока в расширенной теории Хорндески [arXiv:1807.08361]. Было показано, что указанное решение в виде отскока находится на границе области фазового пространства, где гравитационные волны распространяются со скоростями, превышающими скорость света. В результате была предложена новая версия полностью устойчивой модели с космологическим отскоком, где и скалярные, и тензорные моды распространяются с субсветовыми скоростями не только на самом решении, но и в его окрестности. Также показано, что в новой модели не возникают сверхсветовые моды даже при добавлении дополнительной материи в виде радиации, или, в более общем случае, в виде идеальной жидкости с параметром уравнения состояния $w \leq 1/3$. Однако, сверхсветовые моды вновь появляются, если скорость звука в дополнительной материи близка к скорости света. Данное свойство характерно для любого космологического решения в рамках теории Хорндески.

Создание пакета программ для расчета траектории заряженной частицы в магнитосфере Земли по схеме Бунеман-Борис и его применение к экспериментальным данным

Голубков В.С.¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

В настоящее время получены научные данные прецизионного эксперимента ПАМЕЛА, проводящего измерение направленных потоков различных частиц в околоземном пространстве с 2006 по 2016 годы. Определенные прибором характеристики частиц (тип, энергия, направление прилета) позволяют провести численные расчеты их траекторий движения в магнитном поле Земли (магнитосфере) до попадания в прибор. С помощью полученных траекторий можно определить источник частиц, механизмы проникновения и движения частиц в магнитосфере, и др.

Существуют различные способы расчета траектории заряженной частицы в магнитном поле, основанные на методах решения дифференциальных уравнений, таких как Рунге-Кутта, частица-в-ячейке и др. В работе реализован метод частица-в-ячейке по схеме Бунеман-Борис для расчета траектории заряженной частицы путем решения уравнения движения в неоднородном магнитном поле. Особенностью этой схемы является сохранение кинетической энергии частицы в магнитном поле, а также достаточно высокая производительность, которая позволяет применять её к экспериментальным данным.

Для описания магнитосферы Земли в пакет программ введены модели IGRF и Цыганенко.

Реализованный метод применен к экспериментальным данным спектрометра ПАМЕЛА: восстановлены траектории частиц, зарегистрированных в области внутреннего радиационного пояса Земли, проведен анализ результатов.

Три–векторные деформации решений 11–ти мерной супергравитации

Губарев К.А.^{1,2}, Мусаев Э.Т.², Бахматов И.В.³

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

² *Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)*

³ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Построено вложение $7 + 4$ супергравитации в $SL(5)$ EхFT. Рассмотрена редукция $SL(5)$ EхFT для описания пространств вида $M_4 \times M_7$ и для нее сконструирована обобщенная деформация Янга-Бакстера. Развитый формализм применен к решению 11–ти мерной супергравитации $AdS_4 \times S^7$, предъявлены две новые неабелевы неунимодулярные три–векторные деформации $\Omega \sim P \wedge P \wedge M$ и $\Omega \sim D \wedge P \wedge P$, генерирующие новые решения супергравитации. На полученных примерах протестированы гипотетические уравнения на деформации, показано что ни одно из них не является одновременно необходимым и достаточным. Найдены деформации флаксов в $SL(5)$ и $E_{6(6)}$ EхFT, получающиеся в результате обобщенной деформации Янга-Бакстера. Для $SL(5)$ EхFT показано, что деформации флаксов пропорциональны условию унимодулярности.

Язык описания проблемы как способ минимизации числа

Доренская Е.А.¹, Семёнов Ю.А.¹

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

Проблема минимизации программных ошибок на данный момент является очень важной из-за стремительного развития информационных технологий. Для её решения мы разработали язык описания проблемы PDL (Problem Description Language), который является первым неалгоритмическим языком. При использовании данного языка количество ошибок в программах уменьшается за счёт сокращения человеческого участия в написании программного кода, который формируется, в нашем случае, компьютером.

Пользователь пишет описание проблемы на языке PDL, а компьютер анализирует это описание и формирует исполняемый код на языке высокого уровня. В силу этого, количество людей, способных писать программы таким способом, станет значительно больше, чем при использовании обычных алгоритмических языков. По этой же причине должна увеличиться и скорость написания программ.

Синтаксис PDL довольно близок к естественным языкам. Но тем не менее в нём частично используется синтаксис алгоритмических языков программирования. В нём используются операторы, атрибуты, объекты, параметры, переменные, массивы и примитивы. Примитив в языке PDL – это программа, решающая одну и только одну проблему (аналог элементарных функций). При использовании примитивов можно в 2-х словах описать задачу, для реализации которой требуется большой фрагмент кода на алгоритмическом языке. В том числе программа на PDL может представлять из себя список последовательно идущих операторов и примитивов.

Для демонстрации возможностей языка PDL был создан небольшой транслятор. Работа данного транслятора подразделяется на 2 фазы: фаза анализа (разбора) и фаза синтеза. На фазе анализа описание на языке PDL разбивается на несколько частей (операторы, атрибуты, примитивы и т. д.), каждая из которых записывается в отдельном файле. На этапе синтеза на основе этих файлов и PDL-описания генерируется исполняемая программа на алгоритмическом языке (в нашем случае это Perl). Это может происходить 3-мя путями.

- Путём последовательного добавления транслятором операторов и примитивов в программу согласно описанию, составленному пользователем.

- Путём генерации списка ключевых слов и поиска по ним модуля в банке алгоритмов (база данных описаний программ и ссылок на них).

- Совмещением этих 2-х способов

Наш транслятор пока реализует первые 2 способа. В него встроена автоматическая проверка ошибок, которая осуществляется на этапе анализа. Если в описании проблемы транслятор находит ошибку он выдаёт предупреждение. Фаза синтеза запускается только в том случае, если в описании нет ошибок.

Система транспортировки лёгких ионов для проведения имитационных экспериментов с одновременным облучением двумя ионными пучками

Зиятдинова А.В.¹

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

В рамках модернизации установки ТИПр ведется разработка дополнительного стенда (branch), который позволит реализовать схему «двойного облучения» конструкционных материалов для имитационных экспериментов, проводимых в ИТЭФ. В работе рассматривается вариант транспортного канала легких ионов, которые будут имплантироваться в дефекты, образуемые под действием тяжелоионного пучка с ТИПр.

Восстановление параметров широких атмосферных ливней, зарегистрированных на установке СКТ

Калинин Е.Н.¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

Система калибровочных телескопов (СКТ) [1] входит в состав Экспериментального комплекса НЕВОД и используется для калибровки черенковского водного калориметра, а также для исследования электронной и мюонной компонент ШАЛ. СКТ включает в себя две плоскости из сцинтилляционных детекторов, с площадью около 80 м² каждая. Сорок детекторов с размерами 40x20x2 см³ установлены в шахматном порядке в каждой плоскости. Одна плоскость СКТ расположена над черенковским водным калориметром, а другая на его дне.

Восстановление параметров ШАЛ в системе калибровочных телескопов позволит расширить возможности всего экспериментального комплекса для исследования стволов ШАЛ в области энергий первичных частиц от 0.1 до 10 ПэВ. В данной работе для поиска оптимального значения функционала, построенного по методу максимального правдоподобия [2], используется итерационный симплекс-метод Нелдера-Мида [3]. Точность оценки восстанавливаемых параметров ШАЛ изучалась на моделированных событиях. Моделирование ШАЛ проводилось на основе функции пространственного распределения Нишимуры-Каматы-Грейзена [4] для заряженных частиц в ливне. В заключении работы приводятся результаты восстановления параметров ШАЛ, зарегистрированных в СКТ.

Работа выполнена на Уникальной научной установке «Экспериментальный комплекс НЕВОД».

Список литературы:

- [1] Амелчаков М. Б., Богданов А. Г., Задеба Е. А. и др. Система калибровочных телескопов черенковского водного детектора НЕВОД, ПТЭ, 2018, № 5, с. 49–55
- [2] Худсон Д. Статистика для физиков: лекции по теории вероятностей и элементарной статистике. Издательство: Мир, 1970, 296 с.
- [3] Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс, Издательство: Радио и Связь, 1988, 128 с.
- [4] Grieder P.K.F. Extensive Air Showers: High Energy Phenomena and Astrophysical Aspects. Volume II. Springer, 2010. p. 1118.

Изучение мюонной компоненты широких атмосферных ливней в данных эксперимента SUGAR

Карпиков И.С.¹, Калмыков Н.Н.², Рубцов Г.И.¹, Троицкий С.В.¹

¹ *Институт Ядерных Исследований Российской академии наук*

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

Эксперимент по изучению космических лучей SUGAR (Sydney University Giant Air-shower Recorder) работал в 1968-1979 гг. Уникальность эксперимента состояло в том, что он включал в себя решетку мюонных детекторов общей площадью 100 кв. км. Поэтому его данные сейчас представляют большой интерес для тестирования современных моделей адронных взаимодействий на сверхвысоких энергиях порядка 10^{20} эВ. С помощью данных SUGAR был определен параметр наклона функции пространственного распределения мюонов. Сравнение экспериментального параметра наклона ФПР мюонов с результатами моделирования поможет решить ряд вопросов «проблемы мюонного избытка», в частности выяснить на каких расстояниях от оси ливня возникает различие между наблюдаемой плотностью мюонов с предсказаниями адронных моделей.

Моделирование эксперимента $n + d \rightarrow n + n + p$ для извлечения синглетной длины пр-рассеяния

Каспаров А.А.¹, Конобеевский Е.С.¹, Зуев С.В.¹

¹ *Институт Ядерных Исследований Российской академии наук*

В работе представлено кинематическое моделирование реакции $n + {}^2\text{H} \rightarrow n + p + n$, которую планируется исследовать на нейтронном канале РАДЭКС ИЯИ РАН в широком интервале энергии падающих нейтронов. В эксперименте будут регистрироваться оба нейтрона в геометрии отдачи, а энергия, угол вылета протона и энергия первичного нейтрона будут восстанавливаться решением уравнений законов сохранения энергии и импульса. Несмотря на выбранную геометрию, нейтрон-протонное взаимодействие в конечном состоянии будет определяться в виде максимума в распределении выхода реакции от относительной энергии пр-пары, форма которого чувствительна к длине np -рассеяния. Проведенное кинематическое моделирование позволило оптимизировать параметры экспериментальной установки.

Пакет для моделирования благородных элементов (NEST)

Козлова Е.С.¹

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

NEST (Noble Element Simulation Technique) - это комплексный, полуэмпирический автономный пакет для полного и точного моделирования выходов сцинтилляционного света и ионизации ксенона и аргона для многих типов частиц (ядра отдачи, электроны отдачи, альфа-частицы, другие взаимодействия) а также разрешения и форм импульсов для одно- и двухфазных детекторов на благородных газах.

Представлено значительное количество обновлений моделей NEST, в том числе и интеграция с пакетом GARFIELD, использующегося для симуляции процессов в газоразрядных детекторах.

Кроме того, будут представлены обновлённые модели ArNEST для среднего зарядовыхода и световыхода различных частиц (ядра отдачи, электроны отдачи, альфа-частицы) и их сравнение с большинством доступных данных по всему миру. Так же будет представлена новая модель рекомбинации для жидкого аргона.

Реконструкция спектров излучения Z-пинча зарегистрированных спектрометром скользящего падения на установке Ангара 5-1

Колесников Д.С.¹, Скобляков А.В.¹, Канцырев А.В.¹

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

Информация о рентгеновском спектре излучения, эмитируемого Z-пинчем, представляет интерес как с точки зрения исследования происходящих в нем процессов, так и для прикладных задач, в том числе для инерциального термоядерного синтеза.

Для регистрации рентгеновских спектров излучения на установке Ангара 5-1 применяется спектрометр скользящего падения, использующий сферическую дифракционную решетку. Основными проблемами, препятствующими достоверному качественному и количественному изучению регистрируемых спектров являются наложение сигналов от разных порядков дифракции и сложный вид аппаратной функции прибора, зависящий от длины волны регистрируемого излучения.

С использованием данных, полученных Монте-Карло моделированием спектрографа в программной среде Geant4, проведено исследование параметров аппаратной функции в зависимости от длины волны регистрируемого излучения и получено ее аналитическое приближение. Разработана методика реконструкции исходного спектра излучения Z-пинча с учетом вклада аппаратной функции спектрографа. Апробация проведена с использованием данных экспериментов на установке

Ангара 5-1.

Работа выполнена при поддержке НИОКР Договор № 17706413348200001060/226/2856-Д от 31.07.2020 (ИГК17706413348200001060)

Влияние облучения протонами на продуктивность культур фототрофных микроорганизмов

Коннычев М.А.¹, Лямкин П.В.¹, Краевский С.В.¹, Рогожкин С.В.¹

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

В работе исследованы три живые фототрофные культуры: цианобактерии *Arthrospira platensis* Gomont и *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komarek, зеленые водоросли *Stichococcus bacillaris* Nageli. Культуры, находящиеся в тонких кюветах и чашках Петри, подвергали облучению 21,6 МэВ протонами на линейном ускорителе И-2. Облучение производилось импульсами с флюенсами $5 \cdot 10^9$, $1 \cdot 10^{10}$, $2 \cdot 10^{10}$ частиц/см². После облучения культуры высевались на питательную среду. Динамика роста культуры определялась по оптической плотности и микроскопически.

На исследованные цианобактерии облучения до 560 Гр действует незначительно или угнетающе, но не увеличивает лаг-фазу. При дозе 840 Гр облучение сильно влияет на скорость роста *A. platensis*, значительно увеличивая лаг-фазу, в то время как параметры роста культуры *L. tenuis* всё ещё близки к контрольным образцам, и падение скорости роста наблюдается при 1680 Гр. Доза 2,8 кГр – сублетальная; дозы более 8,4 кГр – летальные для обеих культур.

Для культуры *S. bacillaris* измерены размеры клеток для определения состояния популяции. При поглощенных дозах 28 и 84 Гр достоверных изменений размеров клеток *S. bacillaris* по сравнению с контрольной культурой не выявлено, что свидетельствует о сохранении структуры популяции. При 168 Гр на 3 сутки увеличивалось количество мелких клеток и снижалось число крупных, находящихся в репродуктивной стадии, но впоследствии распределение по размерам приближалось к контролю. При 840 Гр значительно падала удельная скорость роста культуры, наблюдалось снижение количества крупных клеток в первые дни после облучения, восстановление соотношения между размерными фракциями к 10-15 дням и последующее снижение количества крупных клеток к 21 дню. Таким образом, наиболее восприимчивыми к ионизирующему излучению оказались крупные клетки *S. bacillaris*. При поглощенной дозе 2500 Гр, выживали лишь единичные клетки, при дозе более 7500 Гр все клетки погибали.

Изучение отклика CsI[Na] на ядра отдачи низких энергий

Коновалов А.М.¹

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

В докладе представлены результаты измерения отклика сцинтилирующего кристалла CsI[Na] на ядра отдачи в диапазоне 3-30 кэВ, полученные в процессе калибровки детектора потоком нейтронов в лаборатории TUNL (США). Результаты измерений важны для понимания отклика CsI[Na] на когерентное рассеяние нейтрино на ядрах Cs и I в эксперименте COHERENT.

Поиск солнечных аксионов с помощью Tm-боллометров-кристаллов

Кузьмичев А.М.^{1,2}

¹ ПИЯФ

² АУ РАН

Тулий-169 имеет первый ядерный уровень 8.41 кэВ, что даёт возможность взять его как ядро-мишень для поиска резонансного поглощения солнечных аксионов. Планируется использование тулийсодержащего кристалла семейства гранатов $Tm_3Al_5O_{12}$ в качестве болометрического детектора

С данной целью был выращен образец кристалла и испытаны его болометрические и оптические свойства. Измерены химические и радиоактивные загрязнения, произведён расчёт с учётом эффективности регистрации детектора, посчитанной методом Монте-Карло в Geant4

В данной работе мы представляем общий обзор проблематики поиска солнечных аксионов, результаты текущих исследований и оцениваем требования к будущей низкофоновой экспериментальной установке.

Измерение эмиттанса методом PEPPER-POT на лазерном источнике ионов для ускорителя И-4

Лосев А.А.¹, Сатов Ю.А.¹, Шумшуров А.В.¹, Хрисанов И.А.¹, Балабаев А.Н.¹

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

Приведена схема измерений эмиттанса пучка ионов углерода, генерируемого из лазерной плазмы, создаваемой импульсами CO₂ лазера при плотности потока излучения 10¹¹ Вт/см². Дано описание программы обработки первоначальных снимков по методике pepper-pot, позволяющей оценить эмиттанс пучка ионов за один выстрел лазера. При обработке используется изображение маски, получаемое на сцинтилляторе от рентгеновской вспышки из плазмы мишени, что позволяет восстановить положения отверстий маски, ее поворот, углы разлета ионного пучка и учесть искажения, вносимые пластиной сцинтиллятора. Приведены результаты обработки и вычисления эмиттанса пучка ионов C⁺.

Разработка курса лабораторных работ с применением открытых данных коллаборации CMS

Макаров П.А.¹, Уляшева М.А.¹

¹ ФГБОУ ВО "СГУ им. Питирима Сорокина"

Физика частиц является одним из наиболее передовых разделов современной экспериментальной и теоретической физики. На данный момент благодаря проекту CERN Open Data существует возможность самостоятельно проводить анализ данных, полученных на Большом Адронном Коллайдере, тем самым принимать участие в современных научных изысканиях.

В данной работе был разработан курс лабораторных работ с использованием открытых данных CMS, которые можно использовать при изучении дисциплин "Ядерная физика", "Физика частиц". Созданы материалы для проведения трёх учебных работ: "Определение массы бозона Хиггса", "Определение массы J/ψ ", "Изучение калибровочных мезонов".

Курс позволяет приобрести навыки работы с открытыми данными коллаборации CMS, что востребовано и в научном, и учебно-методическом направлении, а также его можно применять при обучении в дистанционной форме.

Проектирование анализирующего магнита для имитационных экспериментов с использованием двух пучков.

Мальшев А.А.¹, Федин П.А.², Скачков В.С.², Козлов А.В.², Кулевой Т.В.²

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

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

Для исследования синергетического поведения газа и генерации радиационных дефектов в материалах реактора требуется проведение облучений с использованием двух пучков – тяжелых для генерации дефектов и легких (водород и гелий) для имплантации. В НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ ведется разработка стенда по облучению легкими ионами. В работе представлены результаты разработки анализирующего магнита для сепарации ионов газов.

Исследование сосуществования форм в ^{96}Zr и ^{96}Mo в рамках одномерной геометрической коллективной модели

Мардыбан М.А.^{1,2}, Колганова Е.А.^{1,2}, Джолос Р.В.^{1,2}, Сазонов Д.А.¹, Шнейдман Т.М.¹

¹ *Объединенный институт ядерных исследований*

² *Государственный Университет "Дубна"*

Сосуществование форм - интересное явление, которое может встречаться во многих ядрах. На данный момент существуют экспериментальные данные, которые указывают на сосуществование сферической и деформированной форм в ^{96}Zr и ^{96}Mo . В работе наблюдаемые свойства низколежащих коллективных возбуждений ^{96}Zr и ^{96}Mo исследованы в рамках геометрической коллективной модели ядра без учета неаксиальной степени свободы с гамильтонианом Бора, потенциальная энергия которого имеет два минимума - сферический и деформированный. Потенциальная энергия подбиралась таким образом, чтобы описать экспериментальные данные по энергиям возбуждения 0_1^+ , 0_2^+ , 2_1^+ и 2_2^+ состояний и вероятностям E2 переходов $V(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)$, $V(E2; 2_2^+ \rightarrow 0_2^+)$ и $V(E2; 2_2^+ \rightarrow 0_1^+)$. Получено удовлетворительное описание энергий возбуждения и вероятностей переходов. Показано, что в случае ^{96}Zr оба минимума имеют достаточно большую глубину, тогда как в случае ^{96}Mo деформированный минимум лишь намечен.

Поиск взаимосвязи высыпаний частиц из радиационного пояса Земли и космических гамма всплесков.

Морозова Д.Н.¹, Майоров А.Г.¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

В работе изучается взаимосвязь высыпаний частиц из радиационного пояса Земли под действием излучения космических гамма всплесков. Для этого используются данные о потоках заряженных частиц, полученные магнитным спектрометром PAMELA, и результаты наблюдений гамма-всплесков обсерваторией Fermi Gamma-ray Space Telescope в период их одновременной работы (с 2008 по 2016 годы). В указанный период времени обсерваторией Fermi было зарегистрировано 1783 гамма-всплеска. Для момента времени, соответствующего каждому гамма-всплеску, анализировался темп счета детекторов прибора PAMELA. Для поиска возможного сигнала от взаимодействия гамма-всплеска с заряженными частицами околоземного пространства построены ежегодные фоновые карты темпов счета спектрометра PAMELA. Анализировалась разница между темпом счета прибора PAMELA в момент прихода гамма-всплеска и фоновыми значениями. Найдено несколько событий, в которых был обнаружен эффект в виде резкого увеличения темпа счета в момент прихода гамма-всплеска.

Разработка схемы магнитного спектрометра на постоянных магнитах для экспериментов на Z-пинче установки Ангара 5-1

Панюшкин В.А.¹, Канцырев А.В.¹, Скобляков А.В.¹, Богданов А.В.¹, Минеев С.А.¹

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

Для регистрации параметров потока заряженных частиц при токах 2-4 МА на Z-пинче установки Ангара 5-1 разработана схема магнитного спектрометра (№ 1) на постоянных магнитах для регистрации потока электронов с энергией от 40 до 1000 кэВ и спектрометра (№2) для ионов W+10 с энергией от 4 до 1500 кэВ. Для определения и уточнения характеристик магнитных спектрометров методом конечных элементов выполнено моделирование прохождения ионов и электронов в данных спектрометрах. Для регистрации спектров будут использоваться пленки ImagePlate Bas-MS, обладающие высокой чувствительностью и динамическим диапазоном при регистрации электронного пучка с возможностью многократного применения при использовании специального лазерного сканера и устройства стирания.

Работа выполнена при поддержке НИОКР Договор № 17706413348200001060/226/2856-Д от 31.07.2020 (ИГК17706413348200001060)

Интегрирование криогенной корпускулярной капельной мишени в детектор PANDA

Панюшкина А.Н.¹, Чернецкий В.Д.¹, Герасимов А.С.¹, Панюшкин В.А.¹, Канцырев А.В.¹

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

В рамках проекта FAIR коллаборация PANDA планирует использовать криогенную корпускулярную мишень, разрабатываемую в НИЦ «Курчатовский институт»-ИТЭФ, для изучения антипротон-протонных взаимодействий. Мишень генерирует замороженные водородные микромишени (10-20 мкм) и транспортирует их в область взаимодействия с пучком антипротонов. В данной работе приводится разработка новой конфигурация криогенной корпускулярной водородной мишени. Предполагается, что создание модульной схемы криостата позволит значительно сократить время для оперативного обслуживания и замены сопла в соответствии с техническими условиями эксплуатации детектора PANDA.

Подавление фона в эксперименте DANSS с помощью машинного обучения

Перминов К.А.¹

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

Эксперимент DANSS нацелен на изучение нейтринных осцилляций вблизи ядерного реактора и проверку гипотезы существования стерильного нейтрино. Реакторные антинейтрино регистрируются посредством реакции обратного бета-распада. Детектор расположен на подвижной платформе, что позволяет измерять отношение энергетических спектров регистрируемых позитронов на разных расстояниях от реактора.

В данной работе предлагается подход к подавлению фона в эксперименте DANSS с использованием машинного обучения. В качестве модели выбран случайный лес - ансамбль деревьев принятия решений. Рассматриваются различные способы формирования обучающей выборки, возникающие из-за особенностей данного эксперимента. На основе обученных моделей определяются критерии отбора событий, которые минимизируют статистические ошибки эксперимента. В результате удаётся сократить относительные ошибки энергетического спектра позитронов до уровня 85-90% от прежних значений, что соответствует эффекту от увеличения времени набора данных примерно на 30%.

Изучение температурного и барометрического эффектов на поток космических мюонов с помощью детектора DANSS

Самигуллин Э.И.¹

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

Детектор DANSS расположен на Калининской атомной электростанции, под промышленным ядерным реактором, обеспечивающим около 50 метров водного эквивалента вещества в вертикальном направлении над детектором. С точки зрения изучения космических лучей это означает, что DANSS занимает промежуточное положение между поверхностными и подземными экспериментами. Детектор находится на подъёмной платформе, и данные набираются на трёх позициях: 10.9, 11.9 и 12.9 метров от реактора. Были оценены значения параметра количества вещества над детектором $\langle E \text{ thr } \cos\theta \rangle$, усреднённого произведения пороговой энергии мюонов и косинуса зенитного угла, для верхнего, среднего и нижнего положений детектора. Мюонные данные набирались более чем 2 года. С помощью метеорологических данных из ERA5 были рассчитаны предварительные значения температурного и барометрического корреляционных коэффициентов α и β для каждого положения детектора, а так же проведено их сравнение с теоретическими предсказаниями.

Информационно-измерительный комплекс для высоковольтных блоков на установке ТИПр-1

Санжаров Р.А.¹, Козлов А.В.¹, Федин П.А.¹, Кулевой Т.В.¹

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

В современных реакторных установках существует проблема износа конструкционного материала под воздействием нейтронного потока. В НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ ведутся работы по изучению радиационной стойкости новых материалов с помощью ускоренных пучков ионов, имитирующих нейтронное воздействие. Ускорение ионов обеспечивает Тяжело Ионный Прототип ТИПр-1 – линейный ускоритель тяжелых ионов с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой (ПОКФ). Для функционирования ТИПр-1 необходим подвод, регулировка и измерение высокого напряжения на его модулях. Источниками высокого напряжения являются высоковольтные блоки, имеющие возможность как ручного, так и дистанционного управления. Для повышения удобства и безопасности работы с ТИПр-1 требуется обеспечить возможность дистанционной регулировки и измерения подводимого высокого напряжения. Результатом работы является сконструированный информационно-измерительный комплекс и программное обеспечение к нему.

Проектирование соленоида для канала транспортировки легких ионов для имитационных экспериментов с использованием двух пучков.

Селиванов Р.А.¹, Скачков В.С.¹, Федин П.А.¹, Кулевой Т.В.¹

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

В НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ ведутся работы по изучению радиационной стойкости новых материалов в имитационных экспериментах на ионных пучках. Для исследования синергетического поведения газа и генерации радиационных дефектов в материалах реактора требуется проведение облучений исследуемых образцов с использованием двух пучков – тяжелых для генерации дефектов и легких (водород и гелий) для имплантации. В НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ ведется разработка стенда по облучению легкими ионами. В работе представлены результаты разработки соленоида для фокусировки пучка ионов газов на начальном участке канала транспортировки.

Конструкция резонансных структур линейного ускорителя тяжелых ионов

Семенников А.И.¹, Ситников А.Л.¹, Кропачев Г.Н.¹, Селезнев Д.Н.¹, Кулевой Т.В.¹

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

Современные ионные нормальнопроводящие линейные ускорители обычно состоят из нескольких резонансных ускоряющих структур, таких как резонатор с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой (ПОКФ или англ. RFQ) и резонатор с трубками дрейфа (англ. DTL). Каждая из указанных структур имеет свои подвиды со своими положительными и отрицательными свойствами.

Сегодня в НИЦ «Курчатовский институт»-ИТЭФ идет проектирование ускорителя, состоящего из двух структур: RFQ и DTL, между которыми осуществляется 6-мерное согласование пучка. Структура DTL состоит из цепочки отдельных, индивидуально фазируемых H-резонаторов, с фокусировкой магнитными квадрупольями, размещаемыми между ними. Такое построение DTL обеспечивает компактность ускорителя, допускает посекционную настройку и последовательный ввод в действие.

В работе показаны конструкции резонансных структур для ускорения тяжелых ионов с соотношением массы к заряду $Z/A=8$ до энергии 4 МэВ/н.

Электродинамические характеристики резонансных структур линейного ускорителя тяжелых ионов

Ситников А.Д.¹, Селезнев Д.Н.¹, Кропачев Г.Н.¹, Семенников А.И.¹, Кулевой Т.В.¹

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

Современные ионные нормальнопроводящие линейные ускорители обычно состоят из нескольких резонансных ускоряющих структур на базе резонаторов с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой (ПОКФ или англ. RFQ) и резонаторов с трубками дрейфа (англ. DTL).

В НИЦ «Курчатовский институт»-ИТЭФ ведется разработка линейного резонансного ускорителя (ЛУ) для ускорения ионов с соотношением массы к заряду $Z/A=8$ до энергии 4 МэВ/н. ЛУ состоит из резонатора RFQ и двух групп резонаторов DTL. Отличительной особенностью разрабатываемого ЛУ является то, что резонансные ускоряющие структуры работают на кратных частотах. Это позволяет обеспечить высокую трансмиссию пучка (вплоть до 100%) и минимизировать длину всего ЛУ.

В работе представлен анализ электродинамических характеристик ускоряющих резонаторов тяжелоионного ЛУ.

Разработка модели рентгеновского спектрометра скользящего падения для экспериментов на Z-пинче установки Ангара 5-1

Скобляков А.В.¹, Канцырев А.В.¹, Колесников Д.С.¹

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

Совершенствование диагностических методов исследований параметров плазменного потока, генерируемого на мега-амперной установке Ангара 5-1 является необходимым условием для понимания и описания физических процессов, протекающих в Z-пинче [1]. Одним из таких диагностических инструментов является спектрометр скользящего падения для регистрации мягкого рентгеновского излучения, исходящего от z-пинча. Проведение численного Монте-Карло моделирования применяемых экспериментальных методик и регистрирующих детекторов обеспечит необходимую точность и достоверность измеряемых параметров, позволит разработать методики восстановления исходных параметров излучения Z-пинча.

Уникальные возможности Монте-Карло моделирования предоставляет многократно апробированная для расчетов в областях физики высокой плотности энергии вещества, астрофизике, физике ускорителей и в радиационной медицине среда Geant4 [2]. Данная среда содержит разные физические пакеты, в которых учтено много известных процессов взаимодействия частиц с веществом. Однако в ней отсутствует описание процесса взаимодействия рентгеновского излучения с отражательными дифракционными решетками. В ходе работы была разработана виртуальная модель спектрометра, описывающая процесс взаимодействия рентгеновского излучения с отражательными дифракционными решетками.

С использованием разработанной модели спектрометра, в которой учтены размеры и расстояния реального прибора, путем сопоставления экспериментального и модельного дисперсионных уравнений удалось определить погрешности установки прибора во время эксперимента, такие как сдвиг дифракционной решетки относительно падающего на нее рентгеновского излучения и сдвиг регистрирующего детектора относительно центра решетки. С помощью созданной модели можно определить аппаратную функцию спектрометра, позволяющую оценить преобразование входящего спектра рентгеновского излучения в регистрируемый спектр, а затем произвести восстановление экспериментального спектра.

Работа выполнена при поддержке НИОКР Договор № 17706413348200001060/226/2856-Д от 31.07.2020 (ИГК17706413348200001060)

Список литературы:

[1] В.В. Александров, Г.С. Волков, Е.В. Грабовский и др., Исследование анизотропии энергетических потерь сильноточного Z-пинча, получаемого при сжатии цилиндрических многопроволочных вольфрамовых сборок; Физика Плазмы, (2014), Том 40, № 2, с. 1–12.

[2] Geant4 Toolkit <http://geant4-userdoc.web.cern.ch/geant4-userdoc/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/fo/BookForApplicationDevelopers.pdf>

Поиски стерильного нейтрино в эксперименте DANSS

Скробова Н.А.¹

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

Недавние результаты экспериментов MiniBooNE и НЕЙТРИНО-4 указывают на возможность существования гипотетического стерильного нейтрино (величина эффекта в совместных результатах LSND и MiniBooNE – 6σ , в результатах НЕЙТРИНО-4 около 3σ). В то же время, в эксперименте DANSS и других экспериментах установлены строгие пределы на параметры стерильного нейтрино.

В докладе будет представлено описание детектора DANSS (совместный проект ИТЭФ и ОИЯИ) и рассказано о перспективах наблюдения нейтринных осцилляций с учетом стерильного состояния нейтрино.

Детектор DANSS (Detector of Anti-Neutrino based on Solid Scintillator) представляет собой секционированный сцинтилляционный детектор общим объемом 1 м^3 , окруженный для подавления внешнего радиационного фона комбинированной пассивной и активной защитой. Детектор расположен под промышленным реактором на КАЭС, и может осуществлять измерения на расстояниях от 10.9 до 12.9 м до ядра реактора.

Детектор восстанавливает спектр антинейтрино по измеренному спектру позитронов. В докладе будет рассказано о моделировании спектров позитронов с учетом наличия стерильного состояния у нейтрино и о статистическом анализе применяемом для обработки данных. Область исключения в пространстве параметров $\Delta m^2 \sin^2 2\theta$ получена посредством анализа отношения спектров набранных на разных расстояниях от детектора до реактора. Использование информации об относительных счетах позволило значительно расширить область чувствительности. При этом, результаты не зависят от абсолютной эффективности детектора или теоретических предсказаний спектров антинейтрино. Будут показаны ограничения на параметры стерильного нейтрино полученные в результате анализа ~ 3.5 миллионов антинейтринных событий. В настоящий анализ включена вся статистика, набранная в трех положениях.

Разработка токового усилителя для SiPM SENLS 3x3 мм²

Таэр Г.С.¹, Мартемьянов А.Н.¹, Ставинский А.В.¹

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

Разработка позиционно-чувствительного компактного и модульного, подходящего под разные задачи детектора для регистрации нейтронов в котором в качестве фотоприемников используется стандартный фотоумножитель и 6 кремниевых SiPM, разнесенные по объему сцинтиллятора для улучшения позиционной чувствительности., испытание шестигранной формы на космическом стенде, усовершенствование электроники стенда для текущих задач, а также для более точного определения области взаимодействия частицы в детекторе. Представление полученных результатов и их расшифровка.

Возможности дальнейшей модернизации детектора по средствам создания токового усилителя для SiPM SENLS 3x3мм². Результаты симуляции данного усилителя, определения его рабочих параметры, дальнейшие планы на 2020-2021гг.

Моделирование магнитной системы для ЭЦР источника

Фаткуллин Р.Д.¹, Селезнев Д.Н.¹, Зарубин А.Б.¹, Кулевой Т.В.¹

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

Проект BELA (Based on ECR ion source Linear Accelerator) включает в себя проведение экспериментов по анализу радиационной стойкости реакторных материалов с использованием тройного лучевого облучения исследуемых образцов пучками тяжелых (Fe) и легких (H₂, He) ионов. Для генерации пучков легких ионов предполагается использовать простой компактный 2.45 ГГц ЭЦР ионный источник, основанный на прямоугольном резонаторе. В данной статье представлены результаты моделирования нескольких вариантов магнитной системы такого источника, состоящей полностью из неодимовых магнитов.

Расчет канала НЕВТ тяжелоионного ускорителя ЛУ-2

Хабибуллина Е.Р.¹, Николаев В.И.¹, Кропачёв Г.Н.¹, Скачков В.С.¹, Кулевой Т.В.¹

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

В работе представлен канал транспортировки пучка ионов с $A/Z = 4 \text{ ? } 8$ и энергией 4 МэВ/нуклон (НЕВТ) от линейного ускорителя ЛУ-2 до обдирочной мишени. Данный канал состоит из магнитных квадрупольных линз, обеспечивающих фокусировку пучка на мишень и дебанчера, необходимого для уменьшения импульсного разброса пучка с $\pm 0.8\%$ до $\pm 0.4\%$. Моделирование динамики пучка в НЕВТ проводилось с учётом распределения трёхмерных магнитных полей в квадрупольных линзах и электрических полей в дебанчере.

Разработка CO₂-лазерной системы для лазерно-плазменного генератора пучка ионов

Хрисанов И.А.¹, Сатов Ю.А.¹, Шумшуров А.В.¹, Лосев А.А.¹

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

Описано расчетно-теоретическое исследование оптической схемы формирования мощного короткого лазерного импульса в цепочке задающий генератор - резонансный нелинейный поглотитель - лазерный усилитель. Схема основана на эффекте «компрессии» лазерного импульса в процессе нелинейного усиления при условии создания определенного закона нарастания фронта импульса. Необходимое для проявления этого эффекта формирование специальной формы импульса на линии P20-10 мкм полосы на входе в усилитель создается в нелинейно-поглощающей ячейке с газовой смесью SF₆+N₂. Создана феноменологическая модель распространения импульса излучения CO₂ лазера в резонансно-поглощающей среде. В рамках исследования проведена разработка и изготовлена поглощающая ячейка, расчетным путем оптимизированы ее параметры, что гарантирует существенное «укручение» фронта нарастания излучения при ее прохождении.

Ожидается, что реализация схемы позволит получать короткие импульсы CO₂ лазера с пиковой мощностью 10 и более ГВт.

Применение разработанной технологии формирования мощных импульсов CO₂ лазера в генератор-усилительной схеме позволит обеспечить получение необходимого числа частиц Bi²⁷⁺ в рамках проекта ускорительного комплекса РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Волновые функции дважды тяжелых барионов на световом конусе

Шухтина А.К.¹

¹ *Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова*

В данной работе рассматриваются дважды тяжелые барионы, динамические свойства которых определяются движением легкого кварка относительно неподвижного силового центра, создаваемого парой тяжелых кварков. Вводятся нелокальные интерполяционные токи и соответствующие матричные элементы между барионным и вакуумным состояниями выражаются через амплитуды распределения. Предложены модельные функции для амплитуд распределения барионов и исследована их масштабная зависимость в рамках пертурбативной КХД. Обсуждается сходство амплитуд распределения тяжелых мезонов и дважды тяжелых барионов.

Анализ характеристик 27-дневных вариаций потока ГКЛ, наблюдавшихся в эксперименте PAMELA с 2006 по 2016 г.

Юлбарисов Р.Ф.¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

С июня 2006 года по январь 2016 года магнитный спектрометр PAMELA проводил прецизионные измерения потоков космических лучей на околоземной орбите. В эксперименте получены суточные дифференциальные энергетические спектры частиц различного типа в широком диапазоне энергий от нескольких десятков МэВ до сотен ГэВ, что позволяет изучать временную динамику их потоков.

В течение 10 лет измерений обнаружены несколько эпизодов возникновения 27-дневных вариаций галактических космических лучей. В работе определены энергетическая и временная зависимости амплитуды вариаций в потоках протонов и гелия. Для определения амплитуды использован вейвлет-анализ, позволяющий работать с нестационарными временными рядами и выделять 27-дневные гармоники в различные моменты времени.

Проведено сравнение полученных амплитудно-энергетических зависимостей, соответствующих разным случаям возникновения вариаций. Показано, что в области высоких энергий (> 1 ГВ) они могут быть описаны степенным законом с различными показателями степени. Обнаружено отклонение от этого закона в интервале 0.4–1 ГВ. Рассмотрение вариаций при низких энергиях (< 0.4 ГВ) по данным других экспериментов подтверждает эффект.

Об эквивалентности двух конструкций Зеркальной симметрии

Еремин Б.А.^{1,3}, Белавин А.А.^{1,2}

¹ *Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)*

² *Институт теоретической физики им. Ландау*

³ *Сколковский институт науки и технологий*

Мы показываем эквивалентность двух конструкций Зеркальной симметрии для орбифолдов Калаби-Яу, определяемых нулями полинома W_M с матрицей показателей M . Первая конструкция - это подход Берглунда-Хубша-Кравица, который стартует с орбифолда X_M/H по некоторой подгруппе группы симметрий полинома W_M . Тогда зеркало - это орбифолд X_{M^T}/H^T . Эта конструкция позволяет выбрать подгруппу H^T . Вторая конструкция была разработана Батыревым. Согласно ей, многообразие Калаби-Яу X_M определяет рефлексивный многогранник Δ , а зеркало определяется в торическом многообразии. Мы развиваем конструкцию Батырева, строим зеркало в торическом многообразии, и показываем эквивалентность двух конструкций. Мы доказываем это для семейств Калаби-Яу общего типа Берглунда-Хубша.

Проверка гипотезы реализма в физике частиц при помощи зависящих от времени неравенств Вигнера

Ефимова А.Ю.¹

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Гипотеза реализма [1], основанная на представлениях о классических объектах, может нарушаться в квантовом мире. Предположения о возможности совместного существования наблюдаемых системы (Классический реализм) и принцип локальности могут быть неверны в квантовой механике [2].

Проверка нарушений данной гипотезы может быть осуществлена при помощи исследования неравенств Вигнера [3]. Данные неравенства предполагают существование трех дихотомных наблюдаемых и состоят из вероятностей обнаружить коррелированные свойства пар запутанных частицы. В качестве дихотомных наблюдаемых могут выступать состояния нейтральных псевдоскалярных мезонов [4]: состояния с определенным ароматом, состояния с определенным значением комбинированных зарядовой и пространственной четностей и состояния с определенными массой и временем жизни.

В настоящей работе представлено теоретическое обоснование нарушений зависящих от времени неравенств Вигнера [1]:

$$\begin{aligned} & \omega(a_+^{(2)}, b_+^{(1)}, t) \leq \\ & \leq \omega(a_+^{(2)}(t_0) \rightarrow a_+^{(2)}(t)) (\omega(b_+^{(1)}(t_0) \rightarrow b_+^{(1)}(t)) + \omega(b_-^{(1)}(t_0) \rightarrow b_+^{(1)}(t))) \cdot \omega(a_+^{(2)}, c_+^{(1)}, t_0) + \\ & + \omega(a_-^{(2)}(t_0) \rightarrow a_+^{(2)}(t)) (\omega(b_+^{(1)}(t_0) \rightarrow b_+^{(1)}(t)) + \omega(b_-^{(1)}(t_0) \rightarrow b_+^{(1)}(t))) \cdot \omega(a_-^{(2)}, c_+^{(1)}, t_0) + \\ & + \omega(b_+^{(1)}(t_0) \rightarrow b_+^{(1)}(t)) (\omega(a_+^{(2)}(t_0) \rightarrow a_+^{(2)}(t)) + \omega(a_-^{(2)}(t_0) \rightarrow a_+^{(2)}(t))) \cdot \omega(c_+^{(2)}, b_+^{(1)}, t_0) + \\ & + \omega(b_-^{(1)}(t_0) \rightarrow b_+^{(1)}(t)) (\omega(a_+^{(2)}(t_0) \rightarrow a_+^{(2)}(t)) + \omega(a_-^{(2)}(t_0) \rightarrow a_+^{(2)}(t))) \cdot \omega(c_+^{(2)}, b_-^{(1)}, t_0). \end{aligned}$$

в системах K^0 , B^0 , B_s^0 и D^0 - мезонов.

Были обнаружены области нарушения вышепредставленных неравенств в зависимости от собственных времен t_1 и t_2 в системах рассматриваемых нейтральных псевдоскалярных мезонов.

Список литературы:

- [1] N. Nikitin, K. Toms, Phys. Rev. D 95, 052103 (2017).
- [2] A. Einstein, B. Podolsky and N. Rosen, Phys. Rev. 47, 777 (1935).
- [3] E. P. Wigner, Am. J. Phys. 38, 1005 (1970).
- [4] F. Uchiyama, Phys. Lett. A 231, 295 (1997).

Описание низколежащих состояний ^{96}Zr на основе коллективного квадрупольного гамильтониана Бора с включением триаксиальной степени свободы

Мардыбан Е.В.^{1,2}, Колганова Е.А.^{1,2}, Шнейдман Т.М.¹, Джолос Р.В.^{1,2}

¹ *Объединенный институт ядерных исследований*

² *Государственный Университет "Дубна"*

Экспериментальные данные по ^{96}Zr указывают на сосуществование в этом ядре сферических и деформированных структур с малыми амплитудами смешивания. В этом ядре известны несколько низколежащих коллективных квадрупольных состояний и вероятности E2 и M1 переходов между ними. В нашей работе наблюдаемые свойства низколежащих коллективных состояний ^{96}Zr исследуются на основе геометрической коллективной модели. Рассмотрение основывается на коллективном квадрупольном гамильтониане Бора, с учетом триаксиальной степени свободы, обеспечивающей аксиальную симметрию состояний, локализованных в деформированном минимуме. Форма потенциала вблизи обоих минимумов определялась так, чтобы описать наблюдаемые свойства нескольких низколежащих коллективных квадрупольных состояний ^{96}Zr . В работе получено хорошее согласие с экспериментальными данными по приведенным вероятностям E2 переходов. Показано, что низкоэнергетическая структура ^{96}Zr может быть удовлетворительно описана в рамках геометрической коллективной модели с потенциалом, предполагающим сосуществование сферической и деформированной форм ядра. Однако энергия возбуждения состояния 2_2^+ может быть воспроизведена только в случае, если вращательный коэффициент инерции в области деформированного минимума в четыре раза меньше, чем колебательный. Показано также, что оболочечные эффекты важны для описания вероятности M1 переходов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №20-02-00176

ОГЛАВЛЕНИЕ

Изучение ядерной реакции dd-синтеза с поляризованными дейтронами при низких энергиях до 100 кэВ. Эксперимент PolFusion. <u>Андреянов А.В.</u>	3
Вдоль неабелевой фермионной T-дуальности. <u>Астраханцев Л.Н.</u> , <u>Мусаев Э.Т.</u> , <u>Бахматов И.В.</u>	4
Моделирование взаимодействия “тёмных” атомов О-гелия с ядрами барионного вещества. <u>Бикбаев Т.Э.</u> , <u>Хлопов М.Ю.</u> , <u>Майоров А.Г.</u>	5
Создание и калибровка калориметрического детектора излучения, основанного на эффекте Зеебека.. <u>Богданов А.В.</u> , <u>Канцырев А.В.</u> , <u>Гаврилин Р.О.</u> , <u>Панюшкин В.А.</u> , <u>Хурчиев А.О.</u>	6
Система верификации протонной терапии 1000 МэВ. <u>Брожик Д.С.</u> , <u>Мамедова Н.И.</u> , <u>Пак Ф.А.</u> , <u>Васильев А.А.</u> , <u>Халиков А.И.</u>	7
Построение комплексной диэлектрической функции для материалов, исследуемых в эксперименте NINEH. <u>Волков В.А.</u>	8
Сверхсветовые моды в расширенных теориях Хорндески с дополнительной материей. <u>Волкова В.Е.</u> , <u>Рубаков В.А.</u> , <u>Мионов С.А.</u>	9
Создание пакета программ для расчета траектории заряженной частицы в магнитосфере Земли по схеме Бунеман-Борис и его применение к экспериментальным данным. <u>Голубков В.С.</u>	10
Три–векторные деформации решений 11–ти мерной супергравитации. <u>Губарев К.А.</u> , <u>Мусаев Э.Т.</u> , <u>Бахматов И.В.</u>	11
Язык описания проблемы как способ минимизации числа. <u>Доренская Е.А.</u> , <u>Семёнов Ю.А.</u>	12
Система транспортировки лёгких ионов для проведения имитационных экспериментов с одновременным облучением двумя ионными пучками. <u>Зиятдинова А.В.</u>	13
Восстановление параметров широких атмосферных ливней, зарегистрированных на установке СКТ. <u>Калинин Е.Н.</u>	14
Изучение мюонной компоненты широких атмосферных ливней в данных эксперимента SUGAR. <u>Карпиков И.С.</u> , <u>Калмыков Н.Н.</u> , <u>Рубцов Г.И.</u> , <u>Троцкий С.В.</u>	15
Моделирование эксперимента $n + d \rightarrow n + n + p$ для извлечения синглетной длины пр-рассеяния. <u>Каспаров А.А.</u> , <u>Конобеевский Е.С.</u> , <u>Зуев С.В.</u>	16
Пакет для моделирования благородных элементов (NEST). <u>Козлова Е.С.</u>	17
Реконструкция спектров излучения Z-пинча зарегистрированных спектрометром скользящего падения на установке Ангара 5-1. <u>Колесников Д.С.</u> , <u>Скобляков А.В.</u> , <u>Канцырев А.В.</u>	18
Влияние облучения протонами на продуктивность культур фототрофных микроорганизмов. <u>Коннычев М.А.</u> , <u>Лямкин П.В.</u> , <u>Краевский С.В.</u> , <u>Рогожкин С.В.</u>	19
Изучение отклика CsI[Na] на ядра отдачи низких энергий. <u>Коновалов А.М.</u>	20
Поиск солнечных аксионов с помощью Tm-боллометров-кристаллов. <u>Кузьмичев А.М.</u>	21
Измерение эмиттанса методом PEPPER-POT на лазерном источнике ионов для ускорителя И-4. <u>Лосев А.А.</u> , <u>Сатов Ю.А.</u> , <u>Шумиуров А.В.</u> , <u>Хрисанов И.А.</u> , <u>Балабаев А.Н.</u>	22
Разработка курса лабораторных работ с применением открытых данных коллаборации CMS. <u>Макаров П.А.</u> , <u>Уляшева М.А.</u>	23
Проектирование анализирующего магнита для имитационных экспериментов с использованием двух пучков.. <u>Мальшев А.А.</u> , <u>Федин П.А.</u> , <u>Скачков В.С.</u> , <u>Козлов А.В.</u> , <u>Кулевой Т.В.</u>	24
Исследование сосуществования форм в ^{96}Zr и ^{96}Mo в рамках одномерной геометрической коллективной модели. <u>Мардыбан М.А.</u> , <u>Колганова Е.А.</u> , <u>Джолос Р.В.</u> , <u>Сазонов Д.А.</u> , <u>Шнейдман Т.М.</u>	25
Поиск взаимосвязи высыпаний частиц из радиационного пояса Земли и космических гамма всплесков.. <u>Морозова Д.Н.</u> , <u>Майоров А.Г.</u>	26
Разработка схемы магнитного спектрометра на постоянных магнитах для экспериментов на Z-пинче установки Ангара 5-1. <u>Панюшкин В.А.</u> , <u>Канцырев А.В.</u> , <u>Скобляков А.В.</u> , <u>Богданов А.В.</u> , <u>Минеев С.А.</u>	27

Интегрирование криогенной корпускулярной капельной мишени в детектор PANDA. <i>Панюшкина А.Н., Чернецкий В.Д., Герасимов А.С., Панюшкин В.А., Канцырев А.В.</i>	28
Подавление фона в эксперименте DANSS с помощью машинного обучения. <i>Перминов К.А.</i>	29
Изучение температурного и барометрического эффектов на поток космических мюонов с помощью детектора DANSS. <i>Самигуллин Э.И.</i>	30
Информационно-измерительный комплекс для высоковольтных блоков на установке ТИПр-1. <i>Санжаров Р.А., Козлов А.В., Федин П.А., Кулевой Т.В.</i>	31
Проектирование соленоида для канала транспортировки легких ионов для имитационных экспериментов с использованием двух пучков.. <i>Селиванов Р.А., Скачков В.С., Федин П.А., Кулевой Т.В.</i>	32
Конструкция резонансных структур линейного ускорителя тяжелых ионов. <i>Семенников А.И., Ситников А.Л., Кропачев Г.Н., Селезнев Д.Н., Кулевой Т.В.</i>	33
Электродинамические характеристики резонансных структур линейного ускорителя тяжелых ионов. <i>Ситников А.Л., Селезнев Д.Н., Кропачев Г.Н., Семенников А.И., Кулевой Т.В.</i>	34
Разработка модели рентгеновского спектрометра скользящего падения для экспериментов на Z-пинче установки Ангара 5-1. <i>Скобляков А.В., Канцырев А.В., Колесников Д.С.</i>	35
Поиски стерильного нейтрино в эксперименте DANSS. <i>Скробова Н.А.</i>	36
Разработка токового усилителя для SiPM SENLS 3x3 мм ² . <i>Таэр Г.С., Мартемьянов А.Н., Ставинский А.В.</i>	37
Моделирование магнитной системы для ЭЦР источника. <i>Фаткуллин Р.Д., Селезнев Д.Н., Зарубин А.Б., Кулевой Т.В.</i>	38
Расчет канала НЕВТ тяжелоионного ускорителя ЛУ-2. <i>Хабибуллина Е.Р., Николаев В.И., Кропачёв Г.Н., Скачков В.С., Кулевой Т.В.</i>	39
Разработка СО ₂ -лазерной системы для лазерно-плазменного генератора пучка ионов. <i>Хрисанов И.А., Сатов Ю.А., Шумиуров А.В., Лосев А.А.</i>	40
Волновые функции дважды тяжелых барионов на световом конусе. <i>Шухтина А.К.</i>	41
Анализ характеристик 27-дневных вариаций потока ГКЛ, наблюдавшихся в эксперименте PAMELA с 2006 по 2016 г.. <i>Юлбарисов Р.Ф.</i>	42
Об эквивалентности двух конструкций Зеркальной симметрии. <i>Еремин Б.А., Белавин А.А.</i>	43
Проверка гипотезы реализма в физике частиц при помощи зависящих от времени неравенств Вигнера. <i>Ефимова А.Ю.</i>	44
Описание низколежащих состояний ⁹⁶ Zr на основе коллективного гамильтониана Бора, включая аксиальную степень свободы. <i>Мардыбан Е.В., Колганова Е.А., Шнейдман Т.М., Джолос Р.В.</i>	45

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Андреянов А.В.	3
Астраханцев Л.Н.	4
Балабаев А.Н.	22
Бахматов И.В.	4, 11
Белавин А.А.	43
Бикбаев Т.Э.	5
Богданов А.В.	6, 27
Брожик Д.С.	7
Васильев А.А.	7
Волков В.А.	8
Волкова В.Е.	9
Гаврилин Р.О.	6
Герасимов А.С.	28
Голубков В.С.	10
Губарев К.А.	11
Джолос Р.В.	25, 45
Доренская Е.А.	12
Еремин Б.А.	43
Ефимова А.Ю.	44
Зарубин А.Б.	38
Зиятдинова А.В.	13
Зуев С.В.	16
Калинин Е.Н.	14
Калмыков Н.Н.	15
Канцырев А.В.	6, 18, 27, 28, 35
Карпиков И.С.	15
Каспаров А.А.	16
Козлов А.В.	24, 31
Козлова Е.С.	17
Колганова Е.А.	25, 45
Колесников Д.С.	18, 35
Коннычев М.А.	19
Конобеевский Е.С.	16
Коновалов А.М.	20
Краевский С.В.	19
Кропачёв Г.Н.	39
Кропачев Г.Н.	33, 34
Кузьмичев А.М.	21
Кулевой Т.В.	24, 31, 32, 33, 34, 38, 39
Лосев А.А.	22, 40
Лямкин П.В.	19
Майоров А.Г.	5, 26
Макаров П.А.	23
Мальшиев А.А.	24

<i>Мамедова Н.И.</i>	7
<i>Мардыбан Е.В.</i>	45
<i>Мардыбан М.А.</i>	25
<i>Мартемьянов А.Н.</i>	37
<i>Минеев С.А.</i>	27
<i>Миронов С.А.</i>	9
<i>Морозова Д.Н.</i>	26
<i>Мусаев Э.Т.</i>	4, 11
<i>Николаев В.И.</i>	39
<i>Пак Ф.А.</i>	7
<i>Панюшкин В.А.</i>	6, 27, 28
<i>Панюшкина А.Н.</i>	28
<i>Перминов К.А.</i>	29
<i>Рогожкин С.В.</i>	19
<i>Рубаков В.А.</i>	9
<i>Рубцов Г.И.</i>	15
<i>Сазонов Д.А.</i>	25
<i>Самигуллин Э.И.</i>	30
<i>Санжаров Р.А.</i>	31
<i>Сатов Ю.А.</i>	22, 40
<i>Селезнев Д.Н.</i>	33, 34, 38
<i>Селиванов Р.А.</i>	32
<i>Семёнов Ю.А.</i>	12
<i>Семенников А.И.</i>	33, 34
<i>Ситников А.Л.</i>	33, 34
<i>Скачков В.С.</i>	24, 32, 39
<i>Скобляков А.В.</i>	18, 27, 35
<i>Скробова Н.А.</i>	36
<i>Ставинский А.В.</i>	37
<i>Таэр Г.С.</i>	37
<i>Троицкий С.В.</i>	15
<i>Уляшева М.А.</i>	23
<i>Фаткуллин Р.Д.</i>	38
<i>Федин П.А.</i>	24, 31, 32
<i>Хабибуллина Е.Р.</i>	39
<i>Халиков А.И.</i>	7
<i>Хлопов М.Ю.</i>	5
<i>Хрисанов И.А.</i>	22, 40
<i>Хурчиев А.О.</i>	6
<i>Чернецкий В.Д.</i>	28
<i>Шнейдман Т.М.</i>	25, 45
<i>Шумиуров А.В.</i>	22, 40
<i>Шухтина А.К.</i>	41
<i>Юлбарисов Р.Ф.</i>	42