

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИЯИ РАН)

УДК 539.1, 539.12, 621.384.6, 61

Рег. № АААА- А18-118021290053-0

Рег. №

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЯИ РАН,
чл.-корр. РАН

_____ Л.В. Кравчук

«31» января 2019 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
АААА- А18-118021290053-0
ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА ПРЕЗИДИУМА РАН «ФИЗИКА
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
(ИЯИ РАН)»
(промежуточный за 2018 год)

Руководитель НИР,
Академик РАН, д.ф-м.н.

_____ И.И. Ткачев
«31» января 2019 г.

Руководитель НИР,
д.ф-м.н.

_____ Н.В. Красников
«31» января 2019 г.

Москва 2019 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководители НИР:

Зав. отделом, академик РАН,
д.ф.-м.н.

31.01.2019

подпись, дата

И.И. Ткачев
(заклучение)

Зав. отделом, д.ф.-м.н.

31.01.2019

подпись, дата

Н.В. Красников
(введение, раздел 1)

Исполнители:

Зав. отделом, д.ф.-м.н.

31.01.2019

подпись, дата

Н.В. Красников
(введение, раздел 1)

Зав. лаб., чл.-корр. РАН д.ф.-
м.н.

31.01.2019

подпись, дата

Г.В. Домогацкий
(раздел 2)

Зав. отделом, д.ф.-м.н.

31.01.2019

подпись, дата

Ю.Г. Куденко
(раздел 3)

зам.директора по научной
работе, д.ф.-м.н., профессор
РАН

31.01.2019

подпись, дата

М.В. Либанов
(раздел 4)

Зав. отделом, академик РАН
д.ф.-м.н.

31.01.2019

подпись, дата

И.И. Ткачев
(раздел 5)

РЕФЕРАТ

Отчёт содержит: 32 с., 8 рис.

Ключевые слова: ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ, БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР, НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА, ПОИСК ЛЁГКОЙ ТЁМНОЙ МАТЕРИИ, С, Р, Т-СИММЕТРИИ И ИХ НАРУШЕНИЕ, ЛЕПТОНЫ

В отчёте представлены результаты фундаментальных и прикладных работ, проведённых по целевой программе Президиума РАН в соответствии с планом научных исследований ИЯИ РАН на 2018 год.

Сотрудники ИЯИ РАН в рамках выполнения Программы фундаментальных исследований РАН «Физика фундаментальных взаимодействий и ядерные технологии» в 2018 году участвовали в международных экспериментах в международном центре CERN (Женева): Эксперимент AEGIS, Эксперимент NA64 (SPS CERN), Эксперимент CMS, LHCb – эксперимент, эксперимент NA62 (CERN) - продолжен набор статистики и тестировалось вето ANTI-0. Эксперимент SHIP (CERN), детектор Baby-MINP, эксперимент ALICE.

Задачей на 2018 год являлось развитие Байкальского глубоководного нейтринного телескопа, введение в эксплуатацию на оз. Байкал третьего кластера глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD в начале года. Задача выполнена силами международной коллаборации. Осуществлялась подготовка к экспедиции 2019 года.

Сотрудники ИЯИ РАН в 2018 году участвовали в экспериментах:

эксперимент ОКА (Россия), эксперимент E36 (Япония) - выполнена модернизация и продолжен анализ данных, эксперимент с длинной базой T2K (Япония). - продолжены исследования свойств нейтрино.

Проводились исследования по физике фотоядерных взаимодействий и по ядерной физике промежуточных и высоких энергий.

Получены новые результаты в физике элементарных частиц, ядерной физики и нейтринной астрофизики. Результаты доложены на конференциях и опубликованы.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	2
РЕФЕРАТ	3
СОДЕРЖАНИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. Проект 1. Физика сверхвысоких энергий в ЦЕРН.	6
2. Проект 2. Байкальский нейтринный телескоп.....	8
3. Проект 3. Нарушение CP, T симметрий и нейтринная физика на ускорителях.	10
4. Проект 4. Теория и ядерная физика промежуточных и высоких энергий.....	13
5. Проект 5. Редкие процессы в лептонном секторе Стандартной Модели.	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	22
ПУБЛИКАЦИИ	24

ВВЕДЕНИЕ

Госзадание по Программе фундаментальных исследований РАН «Физика фундаментальных взаимодействий и ядерные технологии» в 2018 году включает в себя 5 проектов, которые выполняли сотрудники ИЯИ РАН. В рамках этих проектов проводились экспериментальные исследования по физике высоких энергий и нейтринной астрофизике. Исследования проводились на ускорителе LHC(БАК) в международном европейском исследовательском центре CERN, на Байкальской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН и в других исследовательских центрах.

Исследования проводились в основном международными коллаборациями с участием российских институтов – участников Программы, среди них - ИЯИ РАН.

Нумерация проектов сохранена в соответствии с документом: «Структура программы фундаментальных исследований президиума РАН «Физика фундаментальных взаимодействий и ядерные технологии». Сайт Программы фундаментальных исследований РАН «Физика фундаментальных взаимодействий и ядерные технологии»: <http://pfint.inr.ru>

1. Проект 1. Физика сверхвысоких энергий в ЦЕРН.

Эксперимент AEGIS (CERN) - Измерение гравитационного ускорения атомов антиводорода на антипротонном десселераторе CERN. В 2018 году ожидается впервые получение направленного пучка холодных атомов антиводорода и проведение первых тестовых измерений.

Эксперимент NA64 (SPS CERN) – Поиск лёгкой тёмной материи на ускорителе SPS CERN. В 2018 году ожидается впервые получение результатов с улучшенной на порядок чувствительностью поисков по сравнению с 2016-17 гг. Также ожидается получение первых результатов по выяснению природы т.н. 8Be аномалии (избытка e^+e^- пар с массой $\sim 17\text{ MeV}$ в распадах возбужденных ядер 8Be).

Эксперимент CMS является одним из основных экспериментов на большом адронном коллайдере в CERN.

LHCb – эксперимент, предназначенный для изучения физики тяжёлых кварков на большом адронном коллайдере БАК.

В эксперименте AEGIS (CERN) в 2018 году впервые получен направленный пучок холодных атомов антиводорода и начаты первые тестовых измерений.

На четырехпетлевом уровне получено соотношение между бегущей и полюсной массами топ-кварка. Учтены π^2 -эффекты и ведущие поправки в пяти и шести петлях. Даны предсказания для $p + \text{Pb}$ столкновений при полной энергии 8,16 ТэВ на нуклон для процессов с адронными струями, Дрелла-Яна, рождения калибровочных W - и Z -бозонов и топ-анти топ кварковых пар. Показано, что в $L_\mu - L_\tau$ модели, объясняющей мюонную $g-2$ аномалию, на однопетлевом уровне возникает ненулевая константа связи электрона с легким Z' бозоном, что позволяет проверить эту модель в эксперименте NA64 в CERN. Оценен потенциал открытия миллизаряженных частиц в эксперименте NA64. Показано, что эксперимент NA64 с мюонным пучком способен получить рекордные ограничения на миллизаряженные частицы.

Получены новые рекордные ограничения на массы правого W_R -бозона и тяжелого нейтрино в рамках лево-правосимметричной модели на основе использования сигнатуры с двумя изолированными лептонами первого и второго поколений и двумя адронными струями. Также для модели с преимущественными распадами W_R -бозона и тяжелого нейтрино на тау-лептоны получены аналогичные ограничения на массы W_R -бозона и тяжелого нейтрино.

Были продолжены исследования группы ПИЯФ-ИТЭФ-ИЯИ в эксперименте CMS по поиску указаний на проявление новых эффектов асимптотической динамики КХД в данных

CMS на БАК. Уточнение теоретического и экспериментального поведения асимптотической КХД в новом, ранее недостижимом, режиме, позволяет сильно расширить кинематическую область поисков новой физики за пределами Стандартной модели. В 2018 г. были исследованы отношения сечений инклюзивных двухструйных событий к выходу двухструйных событий как функции относительной быстроты между струями с вето на дополнительные струи по поперечному импульсу с использованием данных при энергии 2,76 ТэВ, 7 ТэВ и 8 ТэВ. Кроме отношений сечений были также измерены абсолютные значения сечений для двухструйных инклюзивных событий и событий, где учитываются только пары струй с максимальным разделением по скорости (пары струй Мюллера-Навеле). Получены четкие и ясные доказательства проявления эффектов БФКЛ-померона в КХД-процессах с наличием адронных струй. В настоящее время анализ при 2,76 ТэВ, как и при 8 ТэВ, входит в завершающую стадию и готовится для публикации в 2019 г. Подготовлен препринт соответствующего анализа для 2,76 ТэВ FSQ-13-004 “Dijet cross sections and their ratios with extra jet veto at large rapidity separation in pp collisions at 2.76 TeV” CMS AN-2017/117.

Выполнялись исследования по тематике группы Detector Performance Group (DPG), изучающей характеристики работы адронного калориметра детектора «Компактный мюонный соленоид». Работа велась по тематике рабочей группы Performance Studies Group, изучающей эффективность работы адронного калориметра и работающей в составе группы DPG. Разработана система фильтров адронного калориметра, позволяющая снизить шумы электроники и повысить эффективность адронного калориметра.

2. Проект 2. Байкальский нейтринный телескоп.

Работу над проектом вела группа российских институтов - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук (головная организация), НИИ прикладной физики Иркутского государственного университета, НИИ ядерной физики Московского государственного университета, Нижегородский государственный политехнический университет, Санкт - Петербургский государственный морской технический университет, международный центр ОИЯИ (г.Дубна), с участием специалистов исследовательского центра EvoLogics (Германия), университета (Bratislava, Slovakia) и Технического университета (Prague, Czech Republic). **Веб страница проекта** <http://baikalweb.jinr.ru/>

Развернут и введен в эксплуатацию на оз. Байкал третий кластер глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD. С его вводом эффективный объем телескопа Baikal-GVD достиг значения 0.15 км^3 , что уже составляет около 0.4 от эффективного объема IceCube в задаче регистрации ливней от нейтрино высоких энергий астрофизической природы. Выполнен анализ данных 2017 года, позволивший получить верхние ограничения на поток нейтрино от гравитационно-волнового события GW170817.

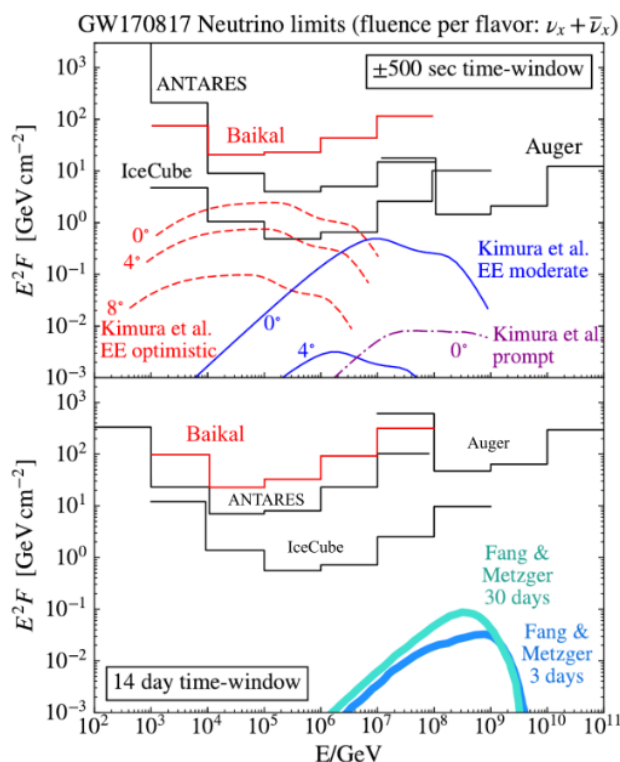


Рис. 1. Верхние пределы на 90% Д.У. на нейтринный поток со спектральным индексом -2 от источника GW170817A во временном окне ± 500 секунд относительно

триггерного времени гравитационной волны (вверху) и с задержкой 14 дней относительно триггерного времени (внизу).

Велась подготовка к завершению в начале 2019 года комплектации, сборки и испытаний в лабораторных условиях оптических модулей и измерительных систем двух последующих (четвертого и пятого) кластеров телескопа Baikal-GVD содержащих в общей сложности порядка 600 ОМ. Четвертый кластер планируется развернуть в марте-апреле 2019 года на оз. Байкал, что должно позволить увеличить эффективный объем установки до 0.2 km^3 и составить 0.5 от эффективного объема современного лидера экспериментальной нейтринной астрофизики высоких энергий – антарктического детектора IceCube. Если зима в 2019 г. будет достаточно холодная и на озере сформируется устойчивый ледовый покров (как в 2017г. и 2018г.), то есть шанс ввести и пятый, и тогда эффективный объем телескопа достигнет 0.25 km^3 в задаче регистрации каскадов от нейтрино высоких энергий астрофизической природы.

Получение и представление результатов анализа данных детектора Baikal-GVD в конфигурации 2018 года с точки зрения выделения каскадных событий от астрофизических нейтрино с энергией свыше 100 ТэВ.

Защищена Докторская диссертация В.М. Айнутдинова "Кластер Baikal-GVD – основная структурная единица Байкальского глубоководного нейтринного телескопа".
Специальность 01.04.01 – «приборы и методы экспериментальной физики» Защита прошла 15 февраля 2018 года, утверждение ВАК - 16.06.2018 года №1138.

3. Проект 3. Нарушение CP, T симметрий и нейтринная физика на ускорителях.

Поиск новой физики в распадах заряженных каонов в эксперименте NA62 (ЦЕРН)

Разработка и создание новых нейтринных детекторов в проекте LBNO DEMO, эксперимент WA105 (ЦЕРН).

В рамках нейтринной платформы ЦЕРН в 2017 году проведена разработка магнитного нейтринного детектора Baby-MIND, который состоит из 33 слоев (модулей) намагниченных железных пластин (поле 1.5 Тесла), между которыми располагаются сегментированные сцинтилляционные детекторы со спектрсмещающими волокнами и лавинными фотодиодами.

В эксперименте T2K с интенсивными пучками нейтрино и антинейтрино на протонном ускорителе JPARC (Япония) с участием российских физиков из ИЯИ РАН получены наиболее точные значения параметров осцилляций для мюонных антинейтрино. В дальнем детекторе Супер-Камиоканде зарегистрировано 34 мюонных антинейтрино, в то время как ожидалось 103 события в отсутствие осцилляций.

Веб страницы проекта: <http://na62.web.cern.ch/na62/>, <http://cenf-baby-mind.web.cern.ch/>

Поиск новой физики в распадах заряженных каонов в эксперименте NA62 (ЦЕРН)

Разработка и создание новых нейтринных детекторов в проекте LBNO DEMO, эксперимент WA105 (ЦЕРН).

В рамках нейтринной платформы ЦЕРН в 2017 году проведена разработка магнитного нейтринного детектора Baby-MIND, который состоит из 33 слоев (модулей) намагниченных железных пластин (поле 1.5 Тесла), между которыми располагаются сегментированные сцинтилляционные детекторы со спектрсмещающими волокнами и лавинными фотодиодами.

В эксперименте T2K с интенсивными пучками нейтрино и антинейтрино на протонном ускорителе JPARC (Япония) с участием российских физиков из ИЯИ РАН получены наиболее точные значения параметров осцилляций для мюонных антинейтрино. В дальнем детекторе Супер-Камиоканде зарегистрировано 34 мюонных антинейтрино, в то время как ожидалось 103 события в отсутствие осцилляций.

Веб страницы проекта: <http://na62.web.cern.ch/na62/>, <http://cenf-baby-mind.web.cern.ch/>

В эксперименте ОКА было получено новое ограничение на параметры смешивания активных (мюонных) нейтрино и гипотетических массивных нейтрино с массами в диапазоне 220-380 МэВ. Было проанализировано около 1.7×10^{10} распадов каонов с импульсом около 17 ГэВ/с. Результаты анализа представлены на рисунке 2.

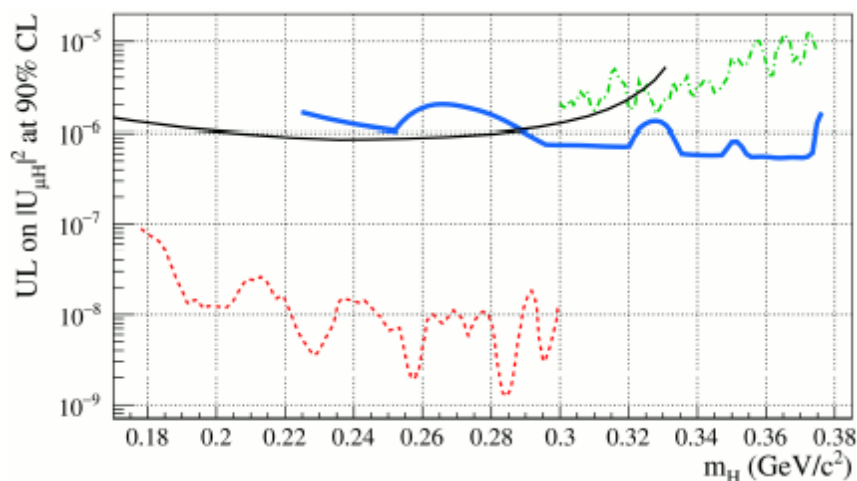


Рис.2 Верхний предел 90% CL на матричный элемент смешивания активных и тяжелых нейтрино, полученный в эксперименте ОКА (кривая синего цвета)

В диапазоне масс 300-380 МэВ этот результат представляет наиболее сильное ограничение на параметры смешивания активных и массивных нейтрино.

Также был выполнен анализ K_{e3} распада около 5М событий. Были получены новые значения параметров этого распада:

$$\lambda_+ = 2.95 \pm 0.022 \pm 0.018 \times 10^{-2}, \quad M_V = 891 \pm 3 \text{ MeV}, \quad \Lambda_+ = (2.458 \pm 0.018) \times 10^{-2}.$$

В эксперименте NA62 (ЦЕРН) после анализа данных, накопленных в 2015-2016 годах, было зарегистрировано первое событие сверхредкого распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$. Ожидаемое число на основании предсказания Стандартной Модели дает величину 0.267, а фоновые события составляют величину 0.152 ± 0.09 . Соответствующий верхний предел на вероятность этого распада получается равным $\text{Br}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) < 14 \times 10^{-10}$. Этот первый результат основан примерно на 2% полной статистики, набранной в 2016-2017 гг., но он очень важен как демонстрация правильности концепции эксперимента. Зарегистрированное событие показано на рис.3.

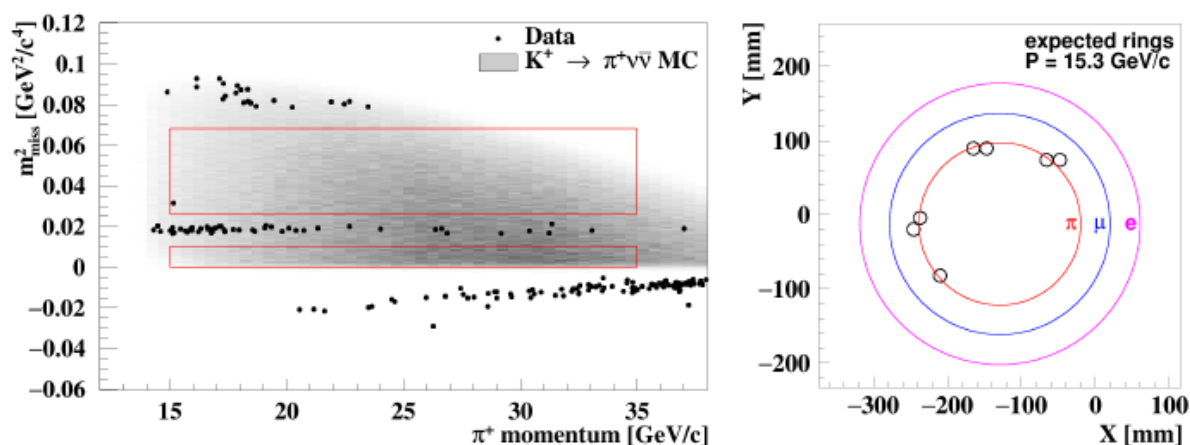


Рис.3. Первое событие $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ (внутри верхней сигнальной области), зарегистрированное в эксперименте NA62.

В рамках нейтринной платформы ЦЕРН был создан магнитный нейтринный детектор Baby-MIND, который состоит из 33 слоев (модулей) намагниченных железных пластин (поле 1.5 Тесла), между которыми располагаются сегментированные сцинтилляционные детекторы со спектросмещающими волокнами и лавинными фотодиодами. В январе 2018 года была начата установка и настройка детектора на нейтринном канале осцилляционного эксперимента с длинной базой T2K. Задача российской группы из ИЯИ РАН в 2018 состояла в монтаже, настройке и запуске в работу всего детектора в рабочем состоянии со всей электроникой и магнитным полем. В результате работы в течение 2018 года эта работа была полностью выполнена. Детектор зарегистрировал первые нейтринные события на пучке T2K мае 2018 г. Предварительные результаты анализа показывают, что полученные параметры Baby-MIND удовлетворяют требованиям, необходимым для измерения нейтринных сечений при энергии около 1 ГэВ. Группа ИЯИ также разработала и создала прототип 3D сегментированного сцинтилляционного детектора (SuperFGD), который будет установлен в качестве нейтринной мишени в ближнем детекторе ND280 эксперимента T2K.

Прототип детектора (рис.4),



Рис.4. Прототип 3D сегментированного сцинтилляционного детектора.

состоящий из 10000 сцинтилляционных кубиков объемом 1 см³ каждый, был протестирован на канале T9 в ЦЕРНе. В 2018 году было проведено 2 сеанса в июне-июле и августе-сентябре. Проводится анализ данных. Был разработан метод изготовления сцинтилляционных кубиков методом литья под давлением с тремя отверстиями для спектросмещающих волокон. Разработаны механизмы сборки детектора и тестирования элементов детектора.

В эксперименте T2K с интенсивными пучками нейтрино и антинейтрино на протонном ускорителе JPARC (Япония) с участием российских физиков из ИЯИ РАН получены наиболее точные значения параметров осцилляций для мюонных антинейтрино. В дальнем детекторе Супер-Камиоканде зарегистрировано 34 мюонных антинейтрино, в то время как ожидалось 103 события в отсутствие осцилляций. В нейтринном эксперименте T2K с участием физиков из ИЯИ РАН проведены измерения осцилляций мюонных нейтрино и антинейтрино в электронные нейтрино и антинейтрино. Основываясь на одновременном анализе данных по осцилляциям мюонных нейтрино в электронные нейтрино и мюонных антинейтрино в электронные антинейтрино, накопленных в 2015 и 2016 годах, эксперимент T2K впервые получил указание на максимальное нарушение CP симметрии в нейтринных осцилляциях.

4. Проект 4. Теория и ядерная физика промежуточных и высоких энергий.

В течение 2018 года проводились работы по разработке корректного учёта влияния высших поправок теории возмущений на наблюдаемые реакции глубоко неупругого лептон адронного рассеяния. Получена количественная оценка методами квантовой теории поля эффектов ядерной структуры на сечения глубоко неупругого лептон ядерного рассеяния для

легких ядер. Получены ограничения на константы связей для расширений Стандартной модели со скалярными и векторными мессенджерами и лёгкой тёмной материи. Получены соотношения между ренорм групповыми функциями в суперсимметричных калибровочных теориях в трёхпетлевом приближении на основе использования модифицированной схемы размерной регуляризации.

На ускорителе МАМИ (Германия) в рамках коллаборации A2 проведено измерение вероятности распада эта-мезона на 3 пи-мезона, запрещённого изоспиновой симметрией и возникающего вследствие разности масс верхнего и нижнего кварков [1]. Этот результат в сравнении с теоретическими расчетами показан на рисунке 5 . Он получен с лучшей на сегодняшний день статистической точностью и служит чувствительным тестом для величины изоспинового нарушения в квантовой хромодинамике.

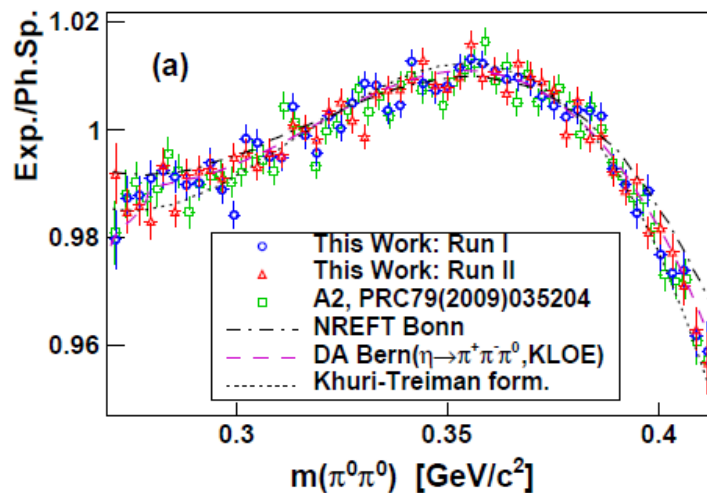


Рис.5. Измерение вероятности распада эта-мезона на 3 пи-мезона, запрещённого изоспиновой симметрией и возникающего вследствие разности масс верхнего и нижнего кварков. Результат в сравнении с теоретическими расчетами

В международном эксперименте BGO-OD (Бонн, Германия) исследованы реакции фоторождения странных частиц под действием фотонов с энергией от порога до 3 ГэВ. Совместно с МГУ им. М.В. Ломоносова проводились исследования фотоядерных процессов на импульсных фемтосекундных лазерах вблизи порога..

Определение низкоэнергетических параметров nn -взаимодействия в реакции $nd \rightarrow pnn$

В 2018 г. проведена подготовка и проведен эксперимент на нейтронном канале РАДЭКС при энергии нейтронов до 200 МэВ. В эксперименте была использована активная дейтериевая мишень (с регистрацией протона в реакции $nd-pnn$) и два детектора вторичных нейтронов. Проведенное предварительное моделирование позволило определить оптимальные параметры установки (диапазоны энергии и углы регистрации) для получения данных о длине рассеяния при энергиях первичных нейтронов 40-80 МэВ. Разработанная в рамках проекта программа позволяет по энергиям, импульсам и углам вылета двух вторичных нейтронов восстанавливать энергию первичного нейтрона, вызывающего реакцию развала дейтрона. На рис.6. показан спектр первичных нейтронов, полученных для части данных в эксперименте 13-18 ноября 2018 г. Видно, что достаточное большое количество данных получено при энергии первичных нейтронов 40-80 МэВ.

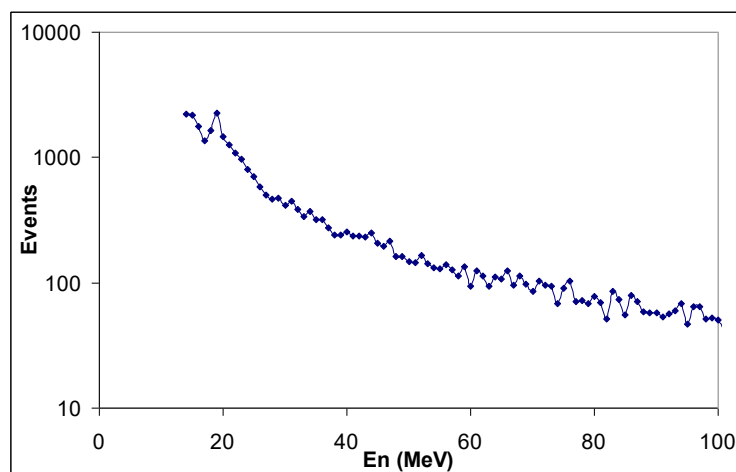


Рис.6. Восстановленный спектр первичных нейтронов, вызвавших реакцию $nd \rightarrow pnn$

В настоящее время проводится обработка полученных данных: отбор данных отвечающих нейтронным событиям в детекторах (на основе $p\gamma$ -разделения), получения данных о времени пролета нейтронов, и получение на основе этих данных энергетических спектров нейтронов в области ВКС. Как было показано ранее [3] при определенных кинематических условиях (учтенных в эксперименте) значение длины рассеяния и энергии виртуального nn -состояния могут быть получены из формы энергетического спектра вторичных нейтронов. Полученные данные при энергии нейтронов 60-80 МэВ будут сравнены с данными, полученными при меньших энергиях, и позволят проверить гипотезу о влиянии $3N$ -сил на параметры nn -взаимодействия, извлекаемые из эксперимента.

Определение энергии pp - синглетного виртуального уровня

Исследование и сравнение nn и pp взаимодействий являются важными и в связи с проверкой гипотезы о зарядовой симметрии ядерных сил. Нарушение зарядовой симметрии (НЗС) ядерных сил, т.е. различие ядерных nn - и pp -взаимодействий, проявляется, в частности, в различии низкоэнергетических характеристик nn и pp -взаимодействия – синглетных длин рассеяния и энергий виртуального 1S_0 уровня. Протон-протонная длина рассеяния находится из экспериментов по свободному pp -рассеянию ($a_{pp} = -17.3 \pm 0.4$ Фм); ее погрешность связана главным образом с модельно-зависимой процедурой исключения электромагнитной компоненты pp -взаимодействия. Можно предположить, что, как отмечено выше, значения протон-протонной длины рассеяния a_{pp} и энергии виртуального 1S_0 уровня E_{pp} , извлеченные из экспериментов с тремя или четырьмя частицами в конечном состоянии будут отличаться от значений, полученных в свободном pp -рассеянии.

Для проверки этого предположения в ИЯИ РАН запланированы работы по исследованию реакций $d + ^1\text{H} \rightarrow p + p + n$, $d + ^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$ и $p + ^2\text{H} \rightarrow p + p + n$. Во всех этих реакциях в промежуточном состоянии возможно взаимодействие pp -пары с нейтроном (или nn -парой), что может отразиться на величинах извлекаемых низкоэнергетических параметров (a_{pp} и E_{pp}).

В 2018 г. проведено кинематическое моделирование реакции $d + ^1\text{H} \rightarrow p + p + n$ с использованием комплекса программ, разработанного в ИЯИ РАН [4,5]. В ходе моделирования реакции были подобраны параметры экспериментальной установки (углы установки детекторов нейтронов и протонов, а также их расстояния от мишени, находящейся в вакуумной камере). Проведено моделирование прохождения протонов через систему ΔE - и E -детекторов. В результате моделирования получены спектры и ΔE - E -диаграммы детектируемых протонов для последующего сравнения с экспериментальными данными.

Выполнена подготовительная работа для проведения эксперимента, в том числе, отобраны и прокалиброваны кремниевые детекторы для регистрации протонов с соответствующей условиям моделирования толщиной и детектор для регистрации нейтронов на основе жидкого сцинтиллятора. Проведены тестовые измерения системы сбора и обработки информации на основе цифровых сигнальных процессоров DPP 5720 и DPP 5742, получены амплитудные и временные спектры с детекторов [6]. В декабре 2018 г. получены предварительные экспериментальные данные для реакции $d p \rightarrow ppn$ при энергии первичных дейтронов 15 МэВ на циклотроне У-120 НИИЯФ МГУ. В настоящее время ведется обработка полученных данных.

Исследование NN -корреляций в гало-ядрах

В рамках проекта предложено исследование реакции подхвата кора из двухнейтронных гало-ядер ${}^6\text{He}$ и ${}^{11}\text{Li}$. В эксперименте NN -корреляции в гало-ядре будут оценены по энергии квазисвязанного состояния NN -пары. В результате кинематического моделирования реакции ${}^6\text{He}+{}^2\text{H}\rightarrow{}^6\text{Li}+(nn)\rightarrow{}^6\text{Li}+n+n$ показано (как и в случае dd - $ppnn$ и pd - ppn реакций), что энергия nn -квазисвязанного состояния может быть определена по форме энергетического спектра нейтронов, вылетающих при развале этого состояния, определены параметры планируемого эксперимента.

В сеансе ноября 2018 года была проверена возможность регистрации и идентификации нейтронов, вылетающих в результате взаимодействия нейтроноизбыточных ядер с мишенями на пучке радиоактивных ядер ACCULINA ускорителя U-400М ФЛЯР ОИЯИ. В качестве детектора нейтронов использовался сцинтиллятор стильбен с размерами 50*50 мм (диаметр, высота), просматриваемый ФЭУ Хамаматсу. Сигналы с нейтронного детектора являлись стробовыми для цифрового сигнального процессора DPP DT5742, на который также подавались сигналы с детекторов пучка D1, D2, D3. Информация о форме сигнала нейтронного детектора, позволяет для каждого события определять параметр разделения по форме импульса (PSD).

Результаты обработки показали, что нейтронные события в детекторе стильбена однозначно отделяются от событий, вызванных другими частицами (гамма-квантами и заряженными частицами).

5. Проект 5. Редкие процессы в лептонном секторе Стандартной Модели.

Установка ALICE на Большом адронном коллайдере Международного института CERN (Женева) представляет собой многоцелевую мультidetекторную систему, специально разработанную для исследований по физике кварк-глюонной материи в столкновениях тяжёлых ядер сверхвысоких энергий, позволяющая также проводить исследования протон-протонных столкновений. Кварк-глюонная материя (КГМ), или кварк-глюонная плазма (КГП) – это фазовое состояние ядерного вещества, в котором последнее состоит из свободных кварков и глюонов. Подавление рождения частиц J/ψ , $\psi(2S)$, $\psi(1s)$ было предложено в качестве возможного сигнала образования кварк-глюонной плазмы при столкновении тяжелых ионов высокой энергии. Для определения сечения рождения J/ψ [1], $\psi(2S)$, $\psi(1s)$ и других наиболее важных и интересных физических процессов необходимо определение интегральной светимости. Светимость является важной «инструментальной» характеристикой коллайдера; чем она больше, тем чаще происходят столкновения частиц из встречных пучков. Светимость зависит от количества частиц в каждом пучке и от того, насколько хорошо пучок сфокусирован в точке столкновений. Интегральная светимость определяется как светимость, умноженная на время работы коллайдера. Высокая надежность, стабильность и отсутствие чувствительности к фоновым событиям (взаимодействию пучка с остаточным газом внутри ионопровода, гало пучка) сделали передний детектор T0 основным люминометром эксперимента ALICE. Наличие триггерного сигнала OTVX от детектора T0 позволяет проводить измерение и онлайн-мониторинг светимости.

В качестве основного сигнала для оценки светимости использовался триггерный сигнал OTVX (сигнал генерируется, если вершина столкновения находится в пределах ± 11 см). Эффективность отбора событий в режиме on-line в зависимости от вершины взаимодействия показана на рис.1. Показано, что эффективность отбора событий в режиме on-line с вершиной взаимодействия от -11 см до +11 см составляет 100% .

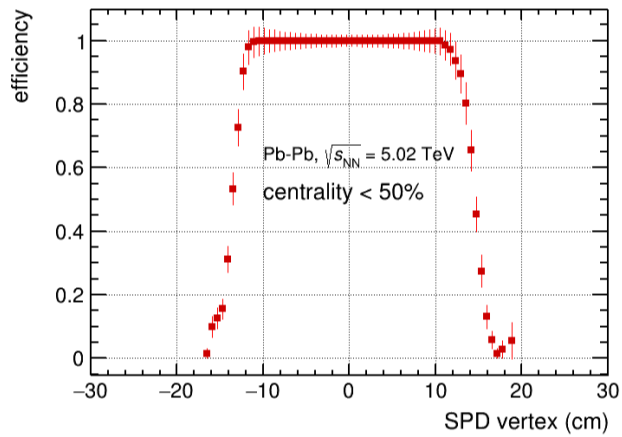


Рисунок 7. Эффективность триггерного сигнала OTVX в зависимости от вершины взаимодействия

В 2018 году проводились сеансы физических измерений на пучках сталкивающихся протонов при рекордно высокой энергии $\sqrt{s}=13\text{ТэВ}$ и при столкновениях $^{208}\text{Pb} + ^{208}\text{Pb}$ при рекордно высокой энергии $\sqrt{s_{NN}}=5.02\text{ ТэВ}$. На рис.8 показана достигнутая и ожидаемая интегральная светимость на установке ALICE для p-p столкновений при энергии $\sqrt{s}=13\text{ТэВ}$

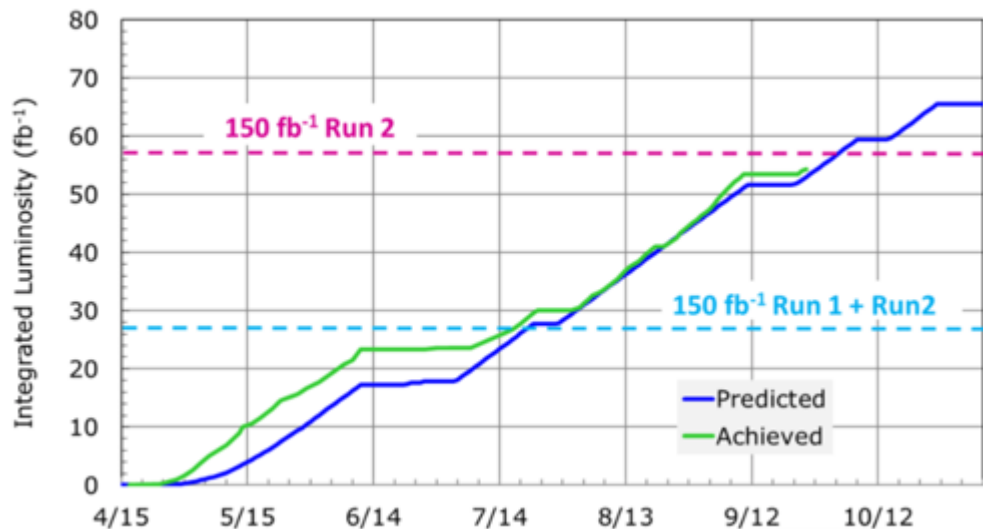


Рисунок 8. Достигнутая и ожидаемая интегральная светимость на установке ALICE для протон-протонных столкновений при энергии $\sqrt{s}=13\text{ТэВ}$.

Для экспериментального определения сечений взаимодействий физических процессов обычно используют опорные сечения, измеренные ранее. Однако для энергий, при которых проводится эксперимент ALICE, измеренных сечений нет, поэтому возникает необходимость использования триггерных сечений. Триггерные сечения вычисляются при

помощи метода Ван дер Меера, где интенсивность счета триггерных сигналов измеряется как функция относительного смещения пучков друг относительно друга. В рамках этой задачи для определения светимости произведен анализ данных сканирования Ван дер Меера, для p-p столкновений при энергии $\sqrt{s} = 5$ TeV с использованием передних детекторов T0 и V0. Триггерные сечения для p-p столкновений при энергии $\sqrt{s} = 5$ TeV составляют:

$$\sigma_{T0} = 20.77 \pm 0.02 \text{ (stat.) mb}, \quad \sigma_{V0} = 50.77 \pm 0.05 \text{ (stat.) mb}.$$

Настройка, устранение неполадок, поддержание работоспособности, обеспечение безаварийного процесса измерений и получения экспериментальных данных с переднего детектора T0 входят в зону ответственности ИЯИ РАН и МИФИ.

Другим передним детектором, предназначенным прежде всего для исследования ядро-ядерных столкновений на установке ALICE, являются Zero Degree Calorimeters (ZDC). Они представлены парой нейтронных и парой протонных калориметров, расположенных с обеих сторон от точки взаимодействия, и предназначенных для регистрации, соответственно, вылетающих вперед нейтронов-спектаторов и протонов-спектаторов (невзаимодействующих нуклонов) от каждого из сталкивающихся в одном событии ядер. Это позволяет, во-первых, напрямую определять важнейшую характеристику - центральность взаимодействия в событиях сильных взаимодействий ядер. Во-вторых, это позволяет регистрировать события ультрапериферических электромагнитных взаимодействий ядер, поскольку в таких событиях наблюдается только эмиссия нуклонов вперед в результате электромагнитной диссоциации ядер, а множественного рождения частиц не происходит. В последнем случае регистрация событий ЭМД ядер посредством регистрации нейтронов в ZDC используется для мониторинга светимости Большого адронного коллайдера в сеансах ядро-ядерных столкновений, в частности, в столкновениях $^{129}\text{Xe}-^{129}\text{Xe}$ и $^{208}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}$. Это требует точного вычисления сечений ЭМД, причем как сечений каналов эмиссии нейтронов, так и протонов. Вместе с тем, большинство известных из литературы теоретических результатов предполагают, что в каждом событии ЭМД из ядер свинца обязательно вылетают нейтроны. Расчеты с помощью модели RELDIS, созданной ранее в ИЯИ РАН, оценивают долю безнейтронных ЭМД примерно в 3%. Эта оценка позволит улучшить точность метода мониторинга светимости БАК в сеансах $^{208}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}$.

Была создана простая модель [2], позволяющая оценить долю связанной спектаторной материи в общем количестве спектаторных нуклонов. Модель реализована методом Монте-Карло на основе современной версии модели Глаубера (Glauber Monte Carlo) и статистической модели мультифрагментации из библиотеки Geant4, используемой в совокупности с моделью испарения нуклонов и легких фрагментов из ядер и модели

деления ядер. Созданная модель опирается на представление об образовании спектаторного префрагмента, который затем распадается на ядерные фрагменты и отдельные нуклоны. Поскольку ключевым вопросом является способ вычисления энергии возбуждения горячего префрагмента, и это оказывает исключительно важное влияние на конечные распределения спектаторных фрагментов по заряду и массе, то были использованы три различных способа вычисления энергии возбуждения префрагмента. Результаты всех трех вариантов были сопоставлены [2] с результатами измерений, выполненных в 2000-х годах на CERN SPS. Поскольку на БАК можно регистрировать в ZDC только свободные спектаторные нуклоны, но не спектаторные фрагменты, то построенная модель позволит усовершенствовать метод определения центральности адронных событий в эксперименте ALICE.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сотрудники ИЯИ РАН в рамках выполнения Программы фундаментальных исследований РАН «Физика фундаментальных взаимодействий и ядерные технологии» в 2018 году участвовали в международных экспериментах в международном центре CERN (Женева): Эксперимент AEGIS, Эксперимент NA64 (SPS CERN), Эксперимент CMS, LHCb – эксперимент.

Салами международной коллаборации веден в эксплуатацию на оз. Байкал третий кластер глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD. С его вводом эффективный объем телескопа Baikal-GVD для регистрации каскадов элементарных частиц от нейтрино высоких энергий астрофизической природы достиг значения 0.15 км^3 . Была осуществлена подготовка к экспедиции 2019 года.

Сотрудники ИЯИ РАН в 2018 году участвовали в экспериментах:

эксперимент ОКА (Россия), эксперимент E36 (Япония) - выполнена модернизация и продолжен анализ данных, эксперимент NA62 (CERN) - продолжен набор статистики и тестировалось вето ANTI-0. Эксперимент SHIP (CERN), детектор Baby-MINP, эксперимент с длинной базой T2K (Япония). - продолжены исследования свойств нейтрино.

В 2018 г. заново проанализированы все данные о нейтрон-нейтронной длине рассеяния, полученные с 1999 г. в реакциях nd и dd -развала (в том числе и данные полученные ранее в Лаборатории атомного ядра ИЯИ). Серьезные расхождения между экспериментальными данными, полученными в различных работах, можно объяснить влиянием $3N$ -сил зависящих от скорости разлета nn -пары и заряженного фрагмента. Показано, что анализируемые данные можно аппроксимировать плавной кривой зависимости длины рассеяния от параметра R , определяющего расстояние разлета фрагментов за фиксированное время. Для различных экспериментов параметр R может значительно отличаться. Ясно, что чем больше значение параметра R , тем больше скорость разлета фрагментов, тем быстрее фрагменты покидают область действия $3N$ -сил, и тем меньше должно быть их влияние на параметры nn -взаимодействия, извлекаемые из эксперимента. Наибольшее значение параметра R было в нашем эксперименте nd - pnn при энергии нейтронов 40 МэВ. Имеет смысл проведение этого эксперимента при большей энергии, например 60 МэВ.

Обеспечен мониторинг светимости на установке ALICE на Большом адронном коллайдере Международного института CERN (Женева). Мониторинг выполнялся с использованием триггерных сигналов детектора T0. Получены детекторные сечения передних триггерных детекторов для протон-протонных столкновений при энергии $\sqrt{s} = 13$

TeV. Получены данные об одиночной, двойной и центральной дифракции при столкновении протонов. Получены оценки энергии возбуждения спектаторной материи, оценены флуктуации её свойств, проверены предсказания моделей. Изучена зависимость результатов от энергии столкновений. Определен вклад эмиссии протонов в электромагнитной диссоциации ядер свинца на LHC.

Получены новые результаты в физике элементарных частиц высокой энергии. Результаты доложены на конференциях и опубликованы. Разработаны планы на 2019 год.

ПУБЛИКАЦИИ

Список публикаций по Проекту 1 в 2018 г. «Физика сверхвысоких энергий в ЦЕРН».

1. S.N.Gninenko et al.(CMS Collaboration). Search for heavy neutrinos and third generation leptoquarks in hadronic states of two leptons and two jets // arXiv:1811.00806, to be published in JHEP
2. S.N.Gninenko et al.(CMS Collaboration). Search for $Z_{\mu} - Z_{\tau}$ vector boson in 4 μ events // arXiv:1808.03684, to be published in Phys.Lett.B
3. S.N.Gninenko et al.(CMS Collaboration). Search for W boson decaying to a tau lepton and a neutrino in proton-proton collisions // arXiv:1807.1142, to be published in Phys.Lett.B
4. S.N.Gninenko et al.(CMS Collaboration). Search for a heavy right-handed W boson in events with two same-flavour leptons and two jets // JHEP 1805(2018)148
5. S.N.Gninenko et al.(CMS Collaboration). Search for third-generation scalar leptoquarks decaying to a top quark and tau lepton // Eur.Phys.J. C78(2018)707
6. S.N.Gninenko et al.(CMS Collaboration). Search for heavy neutral leptons in events with three charged leptons in proton-proton collisions // Phys.Rev.Lett. 120(2018)221801
7. A.V.Garkusha, A.L.Kataev and V.S.Molokoedov, JHEP 1802(2018)161.
8. I.O.Goriachuk, A.L.Kataev and R.V.Stepanyanz, Phys.Lett. B785(2018)561.
9. A.L.Kataev and V.S.Molokoedov, EPJ Web Conf 191(2018)04005.
4. S.A.Kataev et al., Nucl.Phys.A972(2018)18.
10. S.N.Gninenko and N.V.Krasnikov, Phys.Lett.B783(2018)24.
11. S.N.Gninenko, N.V.Krasnikov, M.M.Kirsanov and D.V.Kirpichnikov, Phys.Lett.B782(2018)406.
12. D.V.Kirpichnikov et al., Phys.Rev. D97(2018)072002.
13. S.N.Gninenko, D.V.Kirpichnikov and N.V.Krasnikov, Probing millicharged particles with NA64 experiment at CERN, arXiv:1810.06856 [hep-ph].

Доклады на конференциях и школах

1. M.M.Kirsanov. Search for dark matter and new physics at LHC (CMS). Quarks-2018, Valday, Russia, 27 may - 2 june 2018.
2. M.M.Kirsanov. Search for righthanded W_R boson and heavy neutrino at LHC (CMS). RDMS conference, Tashkent, Uzbekistan, 12-15 September 2018.
3. D.A.Tlisov. Status and plans of assembly and HCAL testing at LHC (CMS). RDMS conference, Tashkent, Uzbekistan, 12-15 September 2018.

4. N.V.Krasnikov. Perspectives of the search for dark matter at accelerators. [LHC@dark](#) matter workshop, Heidelberg, Germany, 9-14 April 2018.
5. A.L.Kataev. On the gauge and scheme-dependence of the generalized Crewther relation. 14th DESY workshop on elementary particle theory, St.Goar, Germany, 22 May, 2018
6. A.L.Kataev. The AVV triangle anomaly in QCD and the generalized Crewther relation: scheme (in)dependent results. 20th International seminar on high-energy physics «Quarks-2018», Valday, Russia, 27 May - 2 June 2018
7. A.L.Kataev. The generalized Crewther relation in QCD: is it valid in the proposed recently G-scheme? Helmholtz international school «Modern Colliders - Theory and Experiment 2018» and workshop «Calculations for Modern and Future Colliders», , Dubna, Russia, 22 July - 1 August 2018
8. N.V.Krasnikov. Search for light dark matter at accelerators. NA64 experiment. 20th International seminar on high-energy physics «Quarks-2018», Valday, Russia, 27 May - 2 June 2018
9. N.V.Krasnikov. Search for light dark matter at accelerators. NA64 experiment. Helmholtz international school «Modern Colliders - Theory and Experiment 2018» and workshop «Calculations for Modern and Future Colliders», , Dubna, Russia, 22 July - 1 August 2018
10. N.V.Krasnikov. Perspectives of the search for light dark matter at accelerators. LHC@dark matter workshop, Heidelberg, Germany, 9-14 April 2018.

Список публикаций по Проекту 2 в 2018 г. «Байкальский нейтринный телескоп».

- реферируемые журналы (включая работы, принятые к печати)

1. A.D. Avrorin et al.. "Baikal-GVD: status and prospects", EPJ Web of Conferences 191, 01006 (2018), <https://doi.org/10.1051/epjconf/201819101006>
2. A.D. Avrorin et al., "Search for high-energy neutrinos from GW170817 with the Baikal-GVD neutrino telescope", JETP Letters, v.108, issue 12, 803-805, 2018.
3. А.Д. Аврорин и др., "Baikal-GVD – нейтринный телескоп следующего поколения", Известия РАН, серия физическая, в печати, https://ecrs18.asu.ru/event/1/attachments/204/263/CRD_CR_ISM_MN_GR_ANI_ACR_BullRAS.pdf
4. A.D. Avrorin et al.. "Baikal-GVD: first results and prospects", EPJ Web of Conference, [submitted, https://saga.edpsciences.org/article/epjconf/epjconf182751#tab-submission-documents](https://saga.edpsciences.org/article/epjconf/epjconf182751#tab-submission-documents).
5. Grigory Domogatsky et al., "Gigaton Volume Detector in Lake Baikal: status of the project", PoS NEUTEL2017 (2018) 063.

6. Bair Shaybonov et al., "Data management and processing system for the Baikal-GVD telescope", PoS NEUTEL2017 (2018) 1046.
7. A.D. Avrorin et al., "Hydroacoustic Positioning System for the Baikal-GVD", PoS NEUTEL2017 (2018) 1033.
8. Kirill Golubkov et al., "Calibration and monitoring units of the Baikal-GVD neutrino telescope", PoS NEUTEL2017 (2018) 1032.
9. Vladimir Aynutdinov et al., "Status of the Baikal-GVD experiment - 2017", PoS NEUTEL2017 (2018) 1034.
10. Baikal Collaboration, Bair Shaybonov et al., "Search for cascade events with Baikal-GVD demonstration cluster "Dubna" ", PoS NEUTEL2017 (2018) 962.

- электронные препринты

1. A.D. Avrorin et al. "A.D. Avrorin et al. Search for high-energy neutrinos from GW170817 with Baikal-GVD neutrino telescope ", arXiv:1810.10966.
2. A.D. Avrorin et al. "Baikal-GVD: status and prospects", arXiv:1808.10353.

Доклады на конференциях и школах

1. The XXth International Seminar on High Energy Physics QUARKS-2018", 27 May - 2 June 2018, Valday, Russia, (1 доклад).
2. The XXVIII International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics. 4-9 June, 2018. Heidelberg, Germany, (1 стендовый доклад).
3. Расширенный Европейский симпозиум по космическим лучам и 35-я Всероссийская конференция по космическим лучам, 6-10 июля 2018, Барнаул, Россия, (1 пленарный доклад).
4. The 7th Roma International Conference on AstroParticles Physics, RICAP2018, 4-8 August, 2018 Rome, Italy, (1 пленарный доклад).
5. The 9th international Workshop in Air Shower Detection at High Altitudes 2018, WASDHA2018, 13-14 September 2016, Moscow, Russia, (1 приглашенный доклад).
6. VLVnT - 2018. Very Large Volume Neutrino Telescopes, 2 - 4 October 2018 Dubna, Russia, (1 пленарный доклад, 8 секционных).
7. The 2nd GNN Workshop on Indirect Dark Matter Searches with Neutrino Telescopes , Dark Ghosts 2018, 13-14 November 2018, Brussels, Belgium (1 доклад).
8. The 5th South Africa - JINR Symposium Advances and Challenges in Physics within JINR and South Africa, November 4 - 9, 2018, Somerset West, South Africa (1 доклад).
9. The 3rd workshop of Searching for the sources of Galactic cosmic rays, December 11-14, 2018, APC, Paris, France (1 доклад).

10. VII Международная молодежная научная школа-конференция «Современные проблемы технологий», 16-21 апреля 2018, Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г. Москва, Россия (1 доклад).

Список публикаций по Проекту 3 в 2018 г. «Нарушение CP, T симметрий и нейтринная физика на ускорителях».

- 1) O. Mineev, S. Fedotov,.. et al. Beam test results of 3D fine-grained scintillator detector prototype for a T2K ND280 neutrino active target [arXiv:1808.08829](https://arxiv.org/abs/1808.08829) [physics.ins-det].
- 2) A. Blondel, ..., S. Fedotov... Yu.Kudenko et al. A fully active fine grained detector with three readout views. JINST 13 (2018) no.02, P02006 ([arXiv:1707.01785v3](https://arxiv.org/abs/1707.01785v3) [physics.ins-det]).
- 3) O. Mineev, S. Fedotov,.. et al. Parameters of a fine-grained scintillator detector prototype with 3D WLS fiber readout for a T2K ND280 neutrino active target. NIM, September 2018.
- 4) S. Fedotov, A. Klymenova, A. Khotjantsev New CHOD Detector for the NA62 experiment at CERN Fizika Elementarnykh Chastits I Atomnogo Yadra, 2018, Vol. 49, No. 1
- 5) E.Cortina... Y.Kudenko et al. Search for heavy neutral lepton production in K^+ decays, Phys.Lett. B778 (2018) 137-145.
- 6) Puruzio Lerizia....Y.Kudenko et al.Search for heavy neutrinos at the NA48/2 and NA62 experiments at CERN, EPJ Web Conf. 182 (2018) 02095,
- 7)Ricardo Alberti... Y.Kudenko et al. Search for $K \rightarrow \pi \nu \nu$ in NA62. EPJ Web Conf. 182 (2018) 02002,
- 8)G.Lamanna...Y.Kudenko et al . NA48 and NA62 results of search for heavy neutral leptons, EPJ Web Conf. 179 (2018) 01009.
- 9)G.Ballerini...Y.Kudenko et al. Status of ENUBET project, J.Phys.Conf.Ser. 1056 (2018) no.1, 012047.
- 10) M.Zamkovsky, ..., Y.Kudenko et al. Search for heavy neutral leptons at the NA62 experiment at CERN. [International Journal of Modern Physics A](https://doi.org/10.1051/epjconf/20183311844026), Vol. 33, No. 31, 1844026 (2018)
11. A.S.Sadovsky...Y.Kudenko et al. Search for heavy neutrino in $K^+ \rightarrow \mu \nu_H$ decay. Eur.Phys.J. C78 (2018) no.2, 92.
12. O.P.Yushchenko...Y.Kudenko et al. $Ke3$ decay study in OKA experiment. JETP Lett. 107 (2018) no.3, 139-142 Pisma Zh.Eksp.Teor.Fiz. 107 (2018) no.3, 147-150.
13. M.M.Shapkin...Y.G.Kudenko et al. Study of the decay $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \gamma$ in the OKA experiment & arXiv:1808.09176.

\

Доклады на конференциях и школах

- 1) O.Mineev et al., Parameters of a fine-grained scintillator detector prototype

- with 3D WLS fiber readout for a T2K ND280 neutrino active target, talk at 14th Pisa Meeting on Advanced Detectors, La Biodola, Isola d'Elba (Italy), May 27 – June 2, 2018
- 2) Y.Kudenko et al. Development of a 3D highly granular scintillator neutrino detector for the T2K experiment, poster at NEUTRINO2018, Heidelberg, Germany, June 4-9, 2018.
- 3) А.С. Костин. Детектор Baby MIND, III Межинститутская молодежная конференция «Физика элементарных частиц и космология», Долгопрудный, Россия, 9-10 апреля 2018 года
- 4) В.В. Волков "Исследование вето системы нейтринного детектора NuPRISM" 61-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 19-25 ноября 2018
- 5) Сергей Суворов "Измерение разрешения dE/dx в резистивных время-проекционных камерах" Физика элементарных частиц и космология 2018, VII межинститутская молодежная конференция, 9-10 апреля 2018
- 6) S. Suvorov "T2K upgrade : last results (TPC et SuperFGD)" Neutrino Week - 5th to 9th November 2018 - Strasbourg, France
- 7) Александр Мефодьев "Разработка и тестирование нейтринного детектора SuperFGD" Физика элементарных частиц и космология 2018, VII межинститутская молодежная конференция, 9-10 апреля 2018
- 8) Aleksandr Mefodev "Development of a novel 3D SuperFGD neutrino detector" IV International Conference on Particle Physics and Astrophysics, Moscow, 22-26 October 2018.
- 9) Артур Шайхиев "Поиск новой физики в каонных и нейтринных экспериментах", "Физика элементарных частиц и космология 2018" 9-10 апреля, ФИАН, Москва, Россия
- 10) A. Shaikhiev "Search for exotics at NA62", QUARKS-2018, 27 May - 02 June, Valdai, Russia.
- 11) V.Duk, First results on $K^+ \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ decay search from NA62, talks at QUARKS2018, Valdai, Russia, 27 May – 2 June 2018
- 12) Федотов С.А., Курочка В.Л. Search for heavy neutral leptons at the NA62 experiment (CERN) Доклад на международной конференции: IV International Conference on Particle Physics and Astrophysics, Москва, Россия, 22-26 октября 2018 года,
- 13) Федотов С.А. и др. Детектора ANTI-0 для эксперимента NA62 (CERN) Доклад на международной конференции: VII международная молодежная конференция «Физика элементарных частиц и космология 2018», Москва, Россия 9-10 апреля 2018 года,
- 14) Федотов С.А. Детектор New CHOD для эксперимента NA62 (CERN) Доклад на международной конференции: VII международная молодежная научная школа-

конференция «Современные проблемы физики и технологий», Москва, Россия, 17-20 апреля 2018 года,

15) Федотов С.А. Детектор ANTI-0 для эксперимента NA62 (CERN) Доклад на международной конференции: Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2018», Москва, Россия, 9-13 апреля 2018 года,

16) Смирнов А.Е. Измерение основных характеристик лавинных фотодиодов для исследования распадов каонов в эксперименте NA62, 61-ая научная конференция МФТИ, Долгопрудный, Россия, 19-25 ноября 2018 года,

17) Костин А.С., Федотов С.А. Проект детектора ANTI-0 для эксперимента NA62 (CERN), 61-ая научная конференция МФТИ, Долгопрудный, Россия, 19-25 ноября 2018 года.

18) Yu.Kudenko, ND280 upgrade test results, talk at the European Neutrino Town Meeting, CERN, Geneva, Switzerland, 22-24 October 2018,

19) O. Mineev... Y.Kudenko et al. Постер. Parameters of a fine-grained scintillator detector prototype with 3D WLS fiber readout for a T2K ND280 neutrino active target. 14th Pisa Meeting on Advanced Detectors : Frontier Detectors for Frontier Physics, 27 May - 02 Jun 2018. La Biodola-Isola d'Elba, Livorno, Italy.

20) A. Korzenev, ..., M.Khabibullin, Yu. Kudenko et al. Plastic scintillator detector with the readout based on an array of large-area SiPMs for the ND280/T2K upgrade and SHiP experiments. A talk at the 5th International Workshop on new photon-detectors (PD18), 27-29 November 2018, Tokyo, Japan.

21) Y.Kudenko, Summary talk at the 5th International Workshop on new photon-detectors (PD18), 27-29 November 2018, Tokyo, Japan.

22) A.Mefodiev... Y.Kudenko et al. Development of a novel 3D SuperFGD neutrino detector, IV international conference on particle physics and astrophysics

21.V. Kravtsov Measurement of $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \gamma$ decay form factors in OKA experiment. Talk at ICPPA2018, Moscow, Russia, 22-26 October 2018.

22. A.Polyarush. Study of radiative kaon decay $K \rightarrow e\nu\pi^0\gamma$ using OKA detector. Talk at QUARKS2018, Valdai, Russia, 27 May – 02 June 2018 г

Список публикаций по Проекту 4 в 2018 г. «Теория и ядерная физика промежуточных и высоких энергий».

1. S.Prakhov, G.Gurevich, R.Kondratiev, et al. (A2 collaboration). High-statistics measurement of the $\eta \rightarrow 3\pi^0$ decay at the Mainz Microtron. Phys. Rev. C 97, No. 6, 065203 (2018).
2. [T. Jude](#), V.Nedorezov, A.Polonski e.a.(BGO-OD collaboration). [Strangeness photoproduction at the BGO-OD experiment](#) , PoS Hadron2017 (2018) 054 , DOI: [10.22323/1.310.0054](#)
3. V. Nedorezov, A.Lapik, A.Polonski, N.Rudnev, A.Turinge. Study of nuclear media effects in photoproduction of mesons, Phys. PoS Hadron 2018, in publ.
4. V.Sokhoyan, G.Gurevich, R.Kondratiev, et al. Experimental study of the $\gamma p \rightarrow \pi^0 \eta p$ reaction with the A2 setup at the Mainz Microtron. Phys. Rev. C 97, No. 5, 055212 (2018).
5. M.Dieterle, G.M.Gurevich, R.Kondratiev et al. Photoproduction of π^0 Mesons off Protons and Neutrons in the Second and Third Nucleon Resonance Region. Phys. Rev. C 97, No. 6, 065205 (2018).
6. P.Adlarson, G.M.Gurevich, R.Kondratiev et al. Measurement of the decay $\eta' \rightarrow \pi^0 \pi^0 \eta$ at MAMI. Phys. Rev. D 98, Iss. 1, 012001 (2018).
7. A.Kaeser, G.M.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. First measurement of helicity-dependent cross sections in $\pi^0 \eta$ photoproduction from quasi-free nucleons. Phys. Let. B 786 (2018) 305-312.
8. Ю.А.Усов, Г.М.Гуревич, В.Л.Кашеваров, Ю.Н.Узиков. Участие сотрудников ЛЯП ОИЯИ в поляризационных исследованиях GDH и SPASCHARM. Перспективы сотрудничества. Новости ОИЯИ, № 2 (2018) 20-24.
9. D. Paudyal, G.M.Gurevich, R.Kondratiev et al. Spin polarizabilities of the proton via measurement of Compton double-polarization observables. Phys. Rev. Let. (2018), (in print).
- 10 M.Bashkanov, G.M.Gurevich et al. Deuteron photodisintegration by polarized photons in the region of the $d^*(2380)$. Phys. Rev. Let. (2018) (in print).
11. C.S. Akondi, G.M.Gurevich, A.Mushkarenkov et.al. Experimental study of the $\gamma p \rightarrow K^0 \Sigma^+$, $\gamma n \rightarrow K^0 \Lambda$, and $\gamma n \rightarrow K^0 \Sigma^0$ reactions at the Mainz Microtron. Phys. Rev. C (2018) (in print).
12. Yu.A.Plis, G.M.Gurevich et al. Research and development of the polarized deuteron source for the Van de Graaff accelerator. PEPAN (2018) (in print).
13. Е. С. Конобеевский, С. В. Зуев, А. А. Каспаров, В. И. Кукулин, В. М. Лебедев, М. В. Мордовской, В. Н. Померанцев, А. В. Спасский / Низкоэнергетические параметры нейтрон-нейтронного взаимодействия: анализ данных, извлеченных из реакций nd- и dd-развалов // Ядерная физика, 2018, том 81, № 5, с. 555-563.
14. Е. С. Конобеевский, В. П. Заварзина, С. В. Зуев, А. А. Каспаров, А. С. Курлович, В. В. Мицук / Возможность исследования нейтрон-нейтронных корреляций в гало-ядрах // Ядерная физика, 2018, том 81, № 5, с. 564-568.

15. А. А. Каспаров, А. А. Афонин, Е. С. Конобеевский, В. В. Мицук, С. В. Зуев / Кинематическое моделирование квазисвободного рассеяния дейтронов и α -частиц на кластерах легких ядер // Известия РАН. Серия физическая (направлено в печать).

Электронные препринты:

1. V.Sokhoyan, G.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. Study of the $\gamma p \rightarrow \pi^0 \eta p$ reaction with the A2 setup at MAMI. arXiv:1803.00727 [nucl-ex].
2. S.Prakhov, G.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. High-statistics measurement of the $\eta \rightarrow 3\pi^0$ decay at MAMI. [arXiv:1803.02502v1](https://arxiv.org/abs/1803.02502v1) [hep-ex].
3. M.Dieterle, G.M.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. Photoproduction of π^0 Mesons off Protons and Neutrons in the Second and Third Nucleon Resonance Region. arXiv:1805.10504v1 [nucl-ex].
4. M.Bashkanov, G.M.Gurevich et al. Deuteron photodisintegration by polarized photons in the region of the $d^*(2380)$. arXiv:1809.09398v1 [nucl-ex].
5. A.Kaesler, G.M.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. First measurement of helicity-dependent cross sections in $\pi^0 \eta$ photoproduction from quasi-free nucleons. arXiv:1810.02778v1 [nucl-ex].

Доклады на конференциях и школах:

1. Yu.A.Plis, G.M.Gurevich, Yu.A.Usov. The polarized deuteron source for the Van de Graaff accelerator. 23rd International spin symposium SPIN 2018. 10-14 September 2018, Ferrara, Italy.
2. G.M.Gurevich. Compton scattering asymmetries and a study of the proton spin structure at MAMI. XV International seminar on electromagnetic interactions of nuclei EMIN 2018. October 08-11, 2018, Moscow, Russia.
3. V.N.Ponomarev, G.V.Solodukhov, V.G.Nedorezov. The application of LUE-8-5RV technological complex for fundamental investigations. Poster report (2018) Int. Sem. on Electromagnetic Interactions of Nuclei (EMIN-2018). www.inr.ac.ru/~pnlab/emin2018.
4. Е. С. Конобеевский, С. В. Зуев, М. В. Мордовской, А. А. Афонин, А. А. Каспаров, В. В. Мицук / Исследование реакции $d+p \rightarrow p+p+n$ с целью изучения связанного pp -состояния // 61-я Научная конференция МФТИ 2018, Долгопрудный.
5. E.S. Konobeevski, **A.A. Afonin**, A.A. Kasparov, V.V. Mitcuk, M.V. Mordovskoy, S.V. Zuyev, V.M. Lebedev, A.V. Spassky / A setup for charged particles and neutrons detection for study p, d AND ^4He reactions on light nuclei // 68 Международная конференция «ЯДРО-2018» по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра «Фундаментальные проблемы ядерной физики, атомной энергетики и ядерных технологий» Воронеж, 1 – 6 июля 2018 года.
6. В.В. Мицук, А.А. Каспаров, Е.С. Конобеевский, М.В. Мордовской, С.В. Зуев / Two variants of a matrix detector for detecting two coincident protons in the $d + d \rightarrow p + p + n + n$

reaction: simulation of the experiment, selection of setup parameters, testing of prototypes // 68
Международная конференция «ЯДРО-2018» по ядерной спектроскопии и структуре
атомного ядра «Фундаментальные проблемы ядерной физики, атомной энергетики и
ядерных технологий» Воронеж, 1 – 6 июля 2018 года.

7. E.Konobeevski, V.Kukulin, A.Kasparov, V.Lebedev, M.Mordovskoy, V.Pomerantsev,
A.Spassky, S.Zuyev / New analysis of data on nn scattering length obtained in n-d and d-d breakup
reactions // XV International Seminar on Electromagnetic Interactions of Nuclei Moscow, October
08-11, 2018 (EMIN-2018).

**Список публикаций по Проекту 5 в 2018 г. «Редкие процессы в лептонном
секторе Стандартной Модели».**

1. S. Acharya, *et al.* Inclusive J/psi production at forward and backward rapidity in p-Pb collisions at $\sqrt{s(NN)}=8.16$ TeV. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS (2018). URL [http://dx.doi.org/10.1007/JHEP07\(2018\)160](http://dx.doi.org/10.1007/JHEP07(2018)160)
2. А.О. Светличный, Распределение спектаторной материи по заряду и массе в модели Abration–Ablation, доклад на 61-ой Всероссийской конференции МФТИ, 19-25 ноября 2018 года.