

Утвержден Учёным советом  
 Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
 Института ядерных исследований Российской академии наук  
 Протокол заседания \_\_\_\_\_  
 от «17» ноября 2016 г. № 4

План научно-исследовательской работы  
 Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
 Института ядерных исследований Российской академии наук  
 на 2017-2019 годы

1. Наименование государственной работы – Выполнение фундаментальных научных исследований

2. Характеристика работы

Пункт программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 годы и наименование направления исследований	Содержание работы	Объём финансирования, тыс. руб.			Планируемый результат выполнения работы, подразделение научного учреждения РАН и руководитель работы
		2017	2018	2019	
15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.	Теоретические и экспериментальные исследования в области физики элементарных частиц, космологии и астрофизики, в том числе: - расчёты и разработка новых методов вычислений в рамках Стандартной модели; - разработка и исследование моделей физики вне рамок Стандартной модели; - развитие расчётно-теоретических методов и построение новых моделей в космологии и астрофизике; - разработка новых методов и подходов в квантовой теории поля и физике частиц; - исследование распадов тяжёлых мезонов и каонов;	78 760.91	75 595.13	73 489.92	Отдел физики высоких энергий Отдел лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики Отдел экспериментальной физики Отдел теоретической физики  Развитие имеющихся и создание новых методов в области теоретической физики. Получение новых расчётных результатов в рамках Стандартной модели и за ее пределами. Получение новых теоретических результатов в астрофизике и космологии. Создание и разработка новых и альтернативных имеющимся моделей в области

"Физика элементарных частиц, физика высоких энергий, теория калибровочных полей и фундаментальных взаимодействий, космология." (№ 0031-2014-0065)

- участие в экспериментах, проводимых в ЦЕРН, КЕК и J-PARC, Фермилаб, и других международных и российских коллаборациях;  
- содержание зданий, сооружений, оборудования, территорий на уровне, обеспечивающем их сохранность, выполнение установленных законами требований и проведение научных исследований в комфортных условиях для исследователей;  
- развитие кадрового потенциала научных исследований, привлечение и подготовка молодых исследователей и закрепление их в Институте;  
- осуществление научного и научно-технологического сотрудничества с лучшими научно-исследовательскими коллективами России и мира.

физики высоких энергий, элементарных частиц, астрофизики и космологии.

Результаты сотрудничества с Российскими и зарубежными научными центрами. Публикации, доклады на конференциях.

В 2017 году планируется получить следующие результаты:

В задаче Высокоэнергетические исследования астро- и ядернофизических аспектов ШАЛ и взаимодействий адронов при энергиях  $10^{14}$  –  $10^{18}$  эВ.

Доводка и тестирование программ моделирования взаимодействий адронов при энергиях  $10^{15}$  –  $10^{18}$  эВ и развития высокоэнергетичных стволов ШАЛ в атмосфере с применением модели взаимодействий, использующей новую концепцию компланарной генерации частиц.

Изучение корреляций между данными БАК и результатами исследований взаимодействий адронов космических лучей в фрагментационной области.

Модель компланарной генерации частиц, использующая новую концепцию компланарной генерации частиц, во взаимодействиях адронов при сверхвысоких энергиях. Программа моделирования основных процессов развития высокоэнергетичных частиц в стволах ШАЛ, включающий новую модель взаимодействий адронов с учётом последних результатов БАК. Оценка сечения генерации чармированных частиц в фрагментационной области при энергиях около  $10^{14}$  эВ.

В задаче Изучение нейтринных осцилляций в экспериментах с длинной базой на протонных ускорителях КЕК и J-PARC.

Проведение сеансов (несколько месяцев) в эксперименте T2K с пучком мюонных нейтрино и антинейтрино.

Анализ данных в дальнем и ближнем детекторах T2K (SK, ND280, INGRID):

а) получение осцилляционных параметров антинейтрино (углы смешивания  $\theta_{23}$  и  $\theta_{13}$ , а также разности квадратов масс антинейтрино);

б) анализ данных T2K с целью исследования CP-нарушения в лептонном секторе (сравнение данных для нейтрино и антинейтрино);

в) поиск осцилляций активных нейтрино в стерильные нейтрино в различных диапазонах масс;

г) измерение сечений взаимодействий антинейтрино на ядрах кислорода и углерода в области энергий около 1 ГэВ;

Транспортировка детектора Бейби-Майнд (Baby-MIND) из ЦЕРН в J-PARC;

Тестирование нового активного детектора с водной мишенью ВАГАСИ (WAGASCI) на нейтринном пучке T2K;

Анализ данных детектора ВАГАСИ.

В задаче Изучение редких распадов B-мезонов в эксперименте LHCb.

Набор статистики и обработка физических данных.

Изучение редких распадов B- и D- мезонов.

Работы по модернизация калориметрической системы БАК-би. Измерение стабильности фотоумножителей и светодиодов мониторинговой системы калориметров. Текущая замена повреждённых радиацией элементов.

Изготовление элементов системы высоковольтного питания калориметров, в том числе высоковольтных генераторов напряжения.

Получение новых экспериментальных данных на установке БАК-би при повышенной светимости и энергии пучков ускорителя БАК.

Анализ работы и поддержание работоспособности сцинтилляционно-падового и предливневого детектора БАК-би в сеансах набора данных.

Измерение стабильности фотоумножителей и светодиодов мониторинговой системы калориметров во время набора данных. Частичная замена фотоумножителей и светодиодов.

Изготовление запасных плат СВ-генераторов для ФЭУ электромагнитного калориметра. Проверка и контроль качества плат высоковольтных генераторов с ФЭУ в сборе с помощью специализированного стенда.

Модернизация светодиодной калибровочной системы электромагнитного калориметра. Замена световодов системы светодиодной калибровки на радиационно-стойкие световоды из кварцевого волокна.

В задаче Изучение роли собственной энергии в переходах нейтрон-антинейтрон. Обобщение на аб переходы в поглощающей среде. Продолжить и довести до публикации работу по построению новой модели регенерации каонов.

В задаче Изучение фона при поиске частиц темной материи на экспериментах в подземной лаборатории Гран-Сассо {Изучение свойств нейтрино на установках LVD и OPERA в подземном комплексе Гран-Сассо}.

Работы на эксперименте LVD (дежурства на установке, регламентные работы) и обработка экспериментальных данных;

Изучение фона, создаваемого мюонами космических лучей и естественной

радиоактивностью (LVD);  
Изучение генерации нейтронов мюонами к.л. в различных веществах, входящих в состав детекторов и защиты;  
Определение параметров фона, создаваемого мюонами космических лучей в различных веществах.  
Определение параметров годовых вариаций мюонов и нейтронов, генерируемых мюонами космических лучей в веществе детектора LVD.  
В задаче Исследование нарушения фундаментальных CP и T симметрий в распадах каонов.  
Анализ данных эксперимента E949 с целью изучения редких распадов положительно заряженных каонов.  
Набор статистики в эксперименте NA62 (несколько месяцев сеансов).  
Анализ данных эксперимента NA62 с целью поиска тяжёлых нейтрино в распадах  $K \rightarrow \nu + \nu$  (распады каонов на лету).  
Анализ данных эксперимента NA62 с целью поиска распадов нейтральных пионов «в ничто», когда в конечном состоянии может образоваться пара незарегистрированных нейтрино ( $\pi^0 \rightarrow \nu + \bar{\nu}$ ), что запрещено в Стандартной Модели.  
Анализ данных эксперимента E36 (J-PARC).  
В задаче Исследование подпорогового рождения лёгких векторных мезонов и заряженных каонов в протон и фотоядерных реакциях.  
Изучение рождения  $\Lambda$  гиперонов в протон-ядерных реакциях при промежуточных энергиях.  
Дальнейший анализ экспериментальных данных по рождению  $\Lambda$  гиперонов в протон-ядерных

взаимодействиях при энергии 2.83 ГэВ, полученных в рамках российско-германского эксперимента на ускорителе COSY коллаборацией ANKE. Проверка разработанной соответствующей модели протон-ядерного взаимодействия, учитывающей как прямые, так и двухступенчатые процессы образования ? гиперонов, новейшие данные о сечениях элементарных процессов, полученные коллаборациями ANKE и HADES, путем сравнения численных расчётов по этой модели экспериментом.

Исследование модификации свойств ? мезонов в ядерной среде в фотоядерных реакциях. Анализ новых данных по эксклюзивным сечениям фоторождения ? мезонов на ядре углерода, полученных недавно коллаборацией CBELSA/TAPS в рамках разработанной нами модели с целью извлечения реальной части ?А потенциала (или возможного сдвига их масс в ядерной среде) при относительно небольших импульсах.

Исследование модификации свойств J/? мезонов в ядерной среде в протон-ядерных реакциях  
Определение импульсной зависимости ?-ядерного оптического потенциала (его мнимой и вещественной частей) при импульсах порядка 1 ГэВ/с. Данная информация представляет, в частности, интерес также для понимания выхода ? гиперонов в ядро-ядерных столкновениях при промежуточных энергиях.

Проведение дальнейших численных расчетов и их сравнением с экспериментом. Извлечение величины сдвига массы ? мезонов в ядерной материи.

Разработка соответствующей модели

протон-ядерного взаимодействия. Проведение численных расчётов и получение предсказаний для дифференциальных сечений образования  $J/\psi$  мезонов на ядрах в различных сценариях возможного сдвига их масс в ядерной среде. В задаче Нейтринные эксперименты в Фермилабе. Проведение сеансов в экспериментах NOvA с пучком мюонных нейтрино, набор данных на детекторах этих экспериментов. Анализ данных на ближнем детекторе NOvA. Изучение возможности увеличения статистики квазиупругих и безпионных событий за счёт изменения критериев их отбора. Определение систематических неопределённостей при экстраполяции на дальний детектор спектра событий, измеренных на ближнем детекторе. Совместный анализ данных по электронным и мюонным событиям. Анализ особенностей измеренных распределений событий, обусловленных квазиупругим взаимодействием нейтрино с ядрами углерода и хлора. Увеличение статистики эксперимента в 1.5 раза. Определение области разрешённых значений фазы нарушения CP-инвариантности, значений угла смешивания второго и третьего массовых состояний нейтрино и иерархии масс нейтрино из совместного анализа спектра событий на дальнем детекторе от взаимодействия мюонных и электронных событий. Завершение анализа систематических неопределённостей дифференциальных сечений инклюзивного и эксклюзивного процессов квазиупругого и безпионного взаимодействия нейтрино как функции квадрата переданного 4-х

импульса.

В задаче Новые свойства атомных ядер и нейтрино и их роль в формировании новых явлений в физике и астрофизике.

Завершить первый вариант теории ядерно-молекулярного катализа для реакций превращения водорода в гелий в условиях солнечной водородно-гелиевой плазмы.

Разработать возможный сценарий солнечной активности, основанный на таких новых явлениях, как: (1) ядерно-молекулярный процесс

□ превращения водорода в гелий; (2)

формирование в недрах Солнца тепловых зародышей; (3) существование под конвективной зоной Солнца перемешивающейся, но в среднем остающейся субадиабатической, солнечной тропосферы.

В задаче Новый этап эксперимента по поиску 2К-захвата в  $^{124}\text{Xe}$ .

Продолжение измерений с образцом  $^{124}\text{Xe}$ .

Обработка данных измерений 2014-2017 гг.

В задаче Поиск массы электронного антинейтрино.

Проведение анализа систематических поправок в измерении спектра неупругих потерь электронов в газовом источнике. Участие в проведении измерений и обработке данных.

Проведение измерений энергетической зависимости сечения возбуждения и ионизации в рассеянии электронов на молекулах дейтерия (при условии выделения времени). Обработка данных.

Внесение поправок на внутреннее движение атомов в молекуле водорода в программу КАССИОПЕЯ моделирования эксперимента КАТРИН.

Модернизация стенда исследования детекторов



для достижения размера электронного пучка не более 1.5 мм.

Проведение исследований быстрых детекторов на основе многопиксельных лавинных фотодиодов. Выпуск новой версии программы Кассиопея. Создание испытательного стенда детекторов с улучшенными параметрами.

В задаче Поиск двойного безнейтринного бета распада изотопа  $^{76}\text{Ge}$ .

Продолжение набора данных с установки Герда (фаза II). Анализ полученных экспериментальных данных. Получение нового значения для предела двойного безнейтринного распада изотопа  $\text{Nd-150}$ . Начало подготовительных работ по фазе III эксперимента Герда.

В рамках отдельной задачи проекта Герда, группой ИЯИ совместно с Институтом тонкой химической технологии, будет начата наладка установки для очистки отходов обогащённого германия, возникающих в процессе производства германиевых детекторов для полномасштабного эксперимента.

Будет увеличена в несколько раз статистика экспериментальных данных второй фазы эксперимента Герда и в процессе их анализа получен новый верхний предела для двойного безнейтринного распада изотопа  $\text{Nd-150}$ .

В задаче Поиск редких мюонных процессов с нарушением лептонных чисел (эксперимент  $\text{Mu2e}$ ).

Проведение калибровочных измерений с элементом калориметра  $3 \times 3$ , состоящим из 9 кристаллов  $\text{BaF}_2$ , совместно с группой Ю.И. Давыдова ЛЯП ОИЯИ на тестовом пучке электронов с энергией 20 – 120 МэВ, синхротрона ФИАН (Пахра). Анализ калибровочных измерений

с элементом калориметра.

В задаче Поиск тёмной материи Вселенной.

Подготовка камеры для постановки эксперимента по поиску WIMP и аксионов Солнца.

Публикация результатов исследований с описанием конструктивных особенностей разработанных элементов камеры: детектирующей системы, системы съёма информации и системы формирующих электрическое поле электродов.

В задаче Поиски нейтринного излучения от коллапсов звёзд в Галактике на детекторах АСД и LVD.

Продолжение работ по непрерывной регистрации и обработке информации по поиску всех типов нейтринного излучения от коллапсирующих звёзд на детекторах АСД и LVD;

Создание поисковой сети EUROSNEWS: разработка программного обеспечения для анализа информации по поиску нейтринного излучения от коллапсирующих звёзд в режиме реального времени и для передачи сообщений от экспериментальных установок ИЯИ РАН в глобальную базу данных о коллапсах (АСД, БПСТ, LVD);

Поиск совпадений временных кластеров одиночных событий и поиск случайных совпадений на детекторах LVD, БПСТ, АСД;

Поиск редких событий из накопленного материала детекторов LVD и АСД за период 2001 – 2017 г.

Установление предела на поиск нейтринных всплесков от коллапсирующих звёзд по совместному анализу данных установок LVD, БПСТ и АСД;

Определение параметров редких событий, зарегистрированных в детекторах LVD, БПСТ,

АСД.

В задаче Нейтринная платформа NP05 {Европейский проект нейтринного эксперимента с длинной базой LAGUNA-LBNO}.

Разработка вето- и триггерных счётчиков для модернизации ближних детекторов нейтринных детекторов (Т2К-II, НК).

Создание программного обеспечения для моделирования отклика модернизированных ближних детекторов.

Тестирование сцинтилляторов и фотодиодов для модернизации ближних детекторов нейтринных экспериментов

В задаче Прямые лабораторные поиски тяжёлой компоненты нейтрино в кинематике радиоактивных распадов.

Продолжить набор статистики с целью поиска тяжёлых нейтрино в бета-распаде газообразного трития в области масс, которая недоступна в осцилляционных экспериментах: от десятков электронвольт до 4 кэВ.

Завершить испытания нового типа детекторов для регистрации электронов с энергией менее 20 кэВ.

Усовершенствовать пакет программ для набора данных. Продолжить модернизацию отдельных узлов установки. Завершить в основном набор статистики в эксперименте по поиску тяжёлых нейтрино в бета-распаде трития. Улучшить существующие пределы ограничений на стерильные нейтрино не менее, чем на порядок.

В задаче Разработка новых сцинтилляционных детекторов для экспериментов с ускорительными нейтрино.

Завершение создания магнитного нейтринного детектора Бэйби-Майнд (Baby-MIND):

изготовление и тестирование сцинтилляционных пластин для горизонтальных и вертикальных плоскостей детектора.  
Монтаж и тестирование всего детектора Бейби-Майнд на пучке в ЦЕРНе.  
Анализ данных, набранных детекторами АИДА и Бейби-Майнд.  
Транспортировка детектора Бейби-Майнд в J-PARC, Япония.  
В задаче Статистическая модель образования каонов, гиперонов и гиперядер в аннигиляции антипротона на ядрах.  
Тестирование модели для описания процесса аннигиляции антинейтрона, образовавшегося в результате осцилляции в ядре Ag.  
С использованием разработанной программы, описывающей аннигиляцию медленных антинейтронов на ядрах углерода подготовить файлы с событиями для дальнейшего использования при проектировании детектора в международном эксперименте по поиску нейтрон-антинейтронных осцилляций на ESS (Швеция)  
В задаче Тёмная материя и темная энергия в астрофизике космических лучей.  
Теоретическое исследование приливного разрушения аксионных сгустков тёмной материи в гало Галактики и поиск возможных  
наблюдательных эффектов от шлейфов разрушенных аксионных сгустков наземными и орбитальными детекторами. Исследование механизмов образования сгустков частиц тёмной материи и их внутренней структуры.  
Теоретическое исследование взаимодействия тёмной энергии с чёрными дырами. Поиск новых

наблюдательных проявлений сверхмассивной чёрной дыры в центре Галактики. Модельные вычисления темпа приливного разрушения аксионных сгустков тёмной материи и оценка вероятности регистрации шлейфов от разрушенных аксионных сгустков тёмной материи наземными и орбитальными детекторами. Построение моделей взаимодействия тёмной энергии с чёрными дырами.

В задаче Участие в экспериментах, проводимых в ЦЕРНе.

Работы по модернизации адронного калориметра детектора «Компактный мюонный соленоид» (КМС). Замена гибридных фотодиодов модулей НВ, НЕ, НО адронного калориметра КМС на кремниевые фотоумножители.

Моделирование отклика детектора «Компактный мюонный соленоид» на процессы новой физики.

Работы по изучению возможности детектирования (определение потенциала открытия) правого W-бозона и тяжёлого нейтрино. Набор статистики и обработка экспериментальных данных 2016 и 2017 годов с энергией 13 ТэВ для сигнатуры с двумя изолированными лептонами и двумя адронными ливнями, используемой для поиска правого WR бозона и стерильного нейтрино.

Участие в эксперименте NA64 на SPS по поиску лёгкой тёмной материи. Разработка усовершенствованной программы реконструкции событий с детектора NA64, разработка алгоритмов для прецизионного анализа времени срабатывания счётчиков синхротронного излучения, разработка алгоритмов разделения сигналов с наложением и определения их характеристик. Анализ данных,

					<p>полученных в сеансе октября-ноября 2016 г. на ускорителе SPS CERN.</p> <p>В задаче Эксперимент по исследованию редких распадов каонов - эксперимент ОКА, сотрудничество ИЯИ-ИФВЭ.</p> <p>Будет продолжаться обработка ранее набранной статистики по следующим основным направлениям: радиационный распад <math>K^+ \rightarrow ???</math>; радиационный распад <math>K^+ \rightarrow e^{+} \nu</math>; радиационный распад <math>K^+ \rightarrow \mu^+ \nu \bar{\nu}</math>.</p> <p>В задаче Экспериментальная проверка стабильности периода полураспада альфа-активного ядра <math>^{214}\text{Po}</math>.</p> <p>Продолжение обработки информации установок ТАУ-1, ТАУ-2 и ТАУ-3. Поиск физических явлений, ответственных за периодические изменения константы распада альфа-активных ядер, наблюдаемых в экспериментах.</p> <p>Либанов Максим Валентинович</p>
<p>15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.</p>	<p>Обеспечение работы действующих экспериментов, разработка и проведение новых экспериментов в низкофоновых подземных лабораториях и глубоко под водой для исследования природных и техногенных потоков нейтрино и других элементарных частиц, разработка новых методов детектирования. Исследование космических лучей в различных диапазонах энергии. Поиск редких процессов.</p> <p>Осуществление сотрудничества с другими институтами, в том числе, международного сотрудничества, для проведения научных исследований, как на экспериментальных комплексах Института, так и на передовых</p>	105 242.74	105 244.76	105 245.43	<p>Отдел лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики</p> <p>Баксанская нейтринная обсерватория</p> <p>Лаборатория нейтринной астрофизики высоких энергий</p> <p>Отдел теоретической физики</p> <p>Отдел экспериментальной физики</p> <p>Отдел физики высоких энергий</p> <p>Накопление данных в идущих экспериментах.</p> <p>Разработка проектов новых экспериментов.</p> <p>Усовершенствование имеющихся и разработка новых методов регистрации частиц. Получение</p>

"Нейтринная астрофизика, нейтринная, гамма и гравитационно-волновая астрономия, физика космических лучей, физика и техника нейтринных телескопов в низкофоновых подземных и подводных лабораториях" (№ 0031-2014-0066)

российских и зарубежных установках.  
Обеспечение работы и необходимая модернизация уникальных научно-исследовательских установок Института, создание новых установок для сохранения передовых позиций Института в мировой науке.

ограничений или обнаружение редких процессов.  
Публикации, доклады на конференциях.  
В 2017 году планируется получить следующие результаты: □  
В задаче Галлий-германиевый нейтринный телескоп (ГГНТ) Баксанской нейтринной обсерватории.  
Провести анализ результатов измерения приходящего на Землю интегрального потока солнечных нейтрино с энергией  $> 0.233$  МэВ.  
Осуществить поиск возможных временных и сезонных вариаций солнечного нейтринного потока.  
Продолжить измерения скорости захвата солнечных нейтрино на установке с двухзонной галлиевой мишенью.  
Провести регенерацию галлия для сохранения чувствительности ГГНТ.  
Разработать и смонтировать дополнительное оборудование для безопасного управления и размещения высокоинтенсивного источника в специальной облучательной установке для исследования осцилляционных свойств нейтрино на очень коротких расстояниях.  
В задаче Разработка проекта создания большого сцинтилляционного детектора в Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН.  
Провести модельные расчёты эффекта от геонейтрино в местах расположения нейтринных детекторов (Баксан, Камланд, СНО+).  
Определить возможности выбора из существующих моделей Земли по результатам нейтринных измерений трёх детекторов.  
Продолжить работы по поиску низкофонового растворителя для сцинтиллятора большого

Баксанского детектора.

Продолжить работы по подготовке Letter of Intent для проекта создания Большого нейтринного детектора на Баксане.

Провести расчёты по эффекту рассеяния антинейтрино от реакторов и 40К, содержащегося в Земле, в детекторе большого объёма.

Продолжить работы по развитию научного обоснования и технического предложения по созданию большого сцинтилляционного детектора с использованием Гидридной модели Земли. Как тест справедливости Гидридной модели Земли будет развита Гидридная модель земного электричества.

Продолжить работы по измерению содержания  $^{14}\text{C}$  в жидких сцинтилляторах в низкофоновой лаборатории БНО при помощи детектора малого объёма. Измерения необходимы для разработки сцинтиллятора, не содержащего  $^{14}\text{C}$ , для детектора большого объёма.

Провести моделирование фона сцинтилляционной ячейки при помощи GEANT 4 для вычитания его из измеренного спектра. Рассчитать спектр  $^{14}\text{C}$  в полномасштабном детекторе с учётом наложения импульсов при разных концентрациях  $^{14}\text{C}$ .

Принять участие в создании прототипа детектора.

Продолжить разработку методов измерения радиоактивных примесей в сцинтиляторе и методов очистки в сцинтиляторе от этих примесей.

Осуществить подготовку экспериментального сцинтилляционного модуля объёмом 5 литров для изучения оптических свойств и радиационной чистоты сцинтиллятора.

В задаче Регистрации когерентного рассеяния



нейтрино на ядрах. Разработка методики регистрации когерентного рассеяния нейтрино на ядрах с помощью низкофонового газового детектора. Поиск скрытых фотонов с массой с помощью мультикатодного счётчика.

Разработать и изготовить газовый мультикатодный счётчик с алюминиевым катодом объемом 14 литров усовершенствованной конструкции. Измерить рабочие характеристики счётчика. Провести калибровочные измерения скорости в трёх конфигурациях мультикатодного счётчика. Провести измерения с целью поиска скрытых фотонов в качестве частиц – кандидатов на холодную тёмную материю.

Поставить предел на константу кинетического смешивания по результатам проведённых измерений.

В задаче Эксперимент с искусственным источником нейтрино на основе радионуклида  $^{51}\text{Cr}$  активностью 3 МКи.

Создание методики изготовления стартовой мишени из 3500 г хрома-50 97% обогащения для наработки в реакторе СМ-3 радионуклида хром-51 активностью 3МКи.

Создание гамма-спектрометрической системы для измерений активности источника нейтрино по выбранной оптимальной схеме.

Выполнение моделирования методом Монте-Карло выбранной схемы гамма-спектрометрической системы измерения активности нейтринного источника.

Прямая проверка гамма-спектрометрической системы путём проведения прецизионных измерений спектра ВТИ точечного источника  $^{37}\text{Ar}$  малой активности.

Калибровка калориметра для измерения активности источника хром-51 в области малых тепловыделений (5-100 Вт).

В задаче Экспериментальное исследование потоков частиц природного происхождения на комплексе установок БПСТ.

Поддержание установок БПСТ, “Ковёр-2” и “Андырчи” в работоспособном состоянии и продолжение непрерывного набора информации на установках. Продолжение работ по созданию нового годоскопа импульсных каналов (ГИК)

БПСТ: распайка электронных компонент,

□ механическая сборка кассет ГИК в конструктив КАМАК, конфигурирование ПЛИС, разработка и создание программы тестирования ГИК.

Поиск нейтринных всплесков от коллапсирующих звёзд. Создание и запуск в работу программного обеспечения для поиска нейтринных всплесков от коллапсирующих звёзд на БПСТ в режиме реального времени и передачи сообщений в мировую сеть SNEWS.

Архив экспериментальных данных установок за 2017 год. Собранный и протестированный крейт нового ГИК, обеспечивающий сбор информации с двух плоскостей БПСТ.

Результаты наблюдения нейтринной вспышки от Сверхновой в Галактике, либо новое ограничение на частоту коллапсов в Галактике.

Разработанное программное обеспечение для поиска нейтринных всплесков от коллапсирующих звёзд на БПСТ в режиме реального времени и передачи сообщений в мировую сеть SNEWS.

Рубцов Григорий Игоревич

Рубаков Валерий Анатольевич

<p>15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.</p> <p>"Физика атомного ядра, релятивистская ядерная физика." (№ 0031-2014-0067)</p>	<p>Исследования по релятивистской ядерной физике, в том числе, исследование ядро–ядерных столкновений на установке ALICE, эксперименты NA61, HADES, CBM, PHENIX.</p> <p>Прецизионное исследование электромагнитных взаимодействий нуклонов и ядер; исследование свойств адронов в ядерной среде; нелинейных взаимодействий интенсивных электромагнитных полей с веществом на пучках релятивистских ионов и электронов.</p> <p>Изучение барионных систем с необычными свойствами.</p> <p>Исследование взаимодействия нуклонов с малонуклонными системами и лёгкими ядрами, нейтронов малых энергий с ядрами с возбуждением коллективных степеней свободы; исследование свойств гигантских резонансов в ядрах.</p>	53 872.01	53 873.13	53 873.21	<p>Отдел экспериментальной физики Лаборатория фотоядерных реакций Лаборатория атомного ядра</p> <p>Результаты экспериментальных и теоретических исследований по ядерной физике, в том числе, по релятивистской ядерной физике. Публикации и доклады на конференциях.</p> <p>В 2017 году планируется получить следующие результаты: □</p> <p>В задаче Барионные системы и ядра с необычными свойствами в топологических (киральных) солитонных и других моделях.</p> <p>Продолжить расчёты энергий связи малобарионных систем и гиперядер с различными флейворами (очарованием, прелестью, а также □ странностью) в рамках кирального солитонного подхода, с учётом отрицательных результатов, полученных в 2016 г.</p> <p>Произвести анализ имеющихся данных по подпороговому рождению антипротонов и антикаонов на ядрах, и соответствующих теоретических моделей. Выяснить, имеется ли преимущества, и какие, в сравнении с данными по кумулятивному рождению частиц.</p> <p>Определить, при каких атомных числах можно ожидать существование ядер с флейворами очарование или прелесть, связанных по отношению к сильным взаимодействиям. Для нестабильных ядер (малобарионных систем) определить возможное энерговыделение при распаде.</p> <p>В задаче Исследование взаимодействия нейтронов</p>
--	--	-----------	-----------	-----------	---

малых энергий с ядрами с возбуждением коллективных степеней свободы.

Сравнение параметров квадрупольной деформации, полученных из нейтронных экспериментов при низких энергиях для чётно-чётных ядер в области  $A$  от 58 до 250 в рамках оптической модели со связью каналов, и из электромагнитных взаимодействий.

В задаче Исследования по релятивистской ядерной физике.

Участие в проведении физических измерений на установке ALICE на LHC при обеспечении триггеров и мониторинга светимости на этой установке детектором T0, созданным в ИЯИ РАН.

Анализ данных сканирования по методу Ван дер Мерса для p-Pb и Pb-p столкновений при энергии  $\sqrt{s}$  5.025 TeV и  $\sqrt{s}$  8.16 TeV для определения светимости и вычисления детекторных сечений передних триггерных детекторов.

Анализ по V2 и V3, V4 для потоков заряженных частиц в реакции p-Pb и Pb-p при энергии  $\sqrt{s}$  5.025 TeV и  $\sqrt{s}$  8.16 TeV.

Изучение процессов электромагнитной диссоциации ядер свинца в ультрапериферических столкновениях на LHC.

Изготовление элементов детекторного устройства ФИТ и тестовых интегрированных модулей считывающей электроники для модернизации установки ALICE.

Начало производства и лабораторные испытания в ИЯИ и МИФИ интегрированных модулей считывающей электроники для детекторного устройства ФИТ.

Комплексные исследования прототипа детекторного устройства ФИТ в шахте

эксперимента ALICE.

Обработка данных физических измерений на установке ALICE на коллайдере LHC.

Определение множественности, плоскости реакции и светимости по данным передних детекторов T0, V0, FMD при обеспечении работы детектора T0 сотрудниками Лаборатории.

Получение новых данных о эмиссии протонов вперед на LHC в рамках эксперимента ALICE.

Оценка количества спектаторной материи, остающейся в связанном состоянии, а не в виде свободных нуклонов. Сравнение с данными по ядрам-спектаторам, полученными при меньших энергиях столкновений.

Изготовление модернизированных элементов для изготовления микроканальных ФЭУ XP85012 фирмы PHOTONIS, элементов механической конструкции, радиаторов

Изготовление элементов лазерной системы калибровки, изготовление и тестирование 4-х канальных образцов интегрированных модулей считывающей электроники и мезонинных плат входной электроники.

Изготовление 12-ти канальных образцов интегрированных модулей считывающей электроники.

Лабораторные испытания сборки модулей черенковского детектора.

Разработка программного обеспечения для проведения тестовых испытаний.

□ В задаче Эксперименты AFTER, NA61, HADES, CBM, MPD/NICA, DSS.

Прикладные работы

Измерение выхода ядер таллия, ртути и золота, имеющих соотношение заряда к массе, близкое к

ядрам пучка, при столкновении ядер свинца на Большом адронном коллайдере (БАК). Получение данных о воздействии ядер таллия, ртути и золота на коллиматоры БАК и на его конструктивные элементы.

Моделирование взаимодействий протонов, ядер гелия, углерода и кислорода с тканезквивалентными материалами методом Монте-Карло.

Получение данных для задач протонной и тяжелоионной терапии. Моделирование радиобиологических свойств пучков ядер гелия, углерода и кислорода.

Эксперимент AFTER (A Fixed Target ExpeRiment). Подготовка проекта эксперимента с фиксированной мишенью на пучках БАК для получения данных в диапазоне энергий 30-115 ГэВ с большой светимостью.

Будет исследована техническая возможность использования фиксированной мишени в виде тонкого кольца, помещенного в гало пучка БАК. Будет разработана детальная физическая программа измерений эксперимента, включая рождение чармония,  $J/\psi$ ,  $\psi(2S)$  и  $\chi_c$ , изучение процесса Дрелла-Яна, измерение рождения D-мезонов, измерений на поляризованной мишени, сканирование по энергии для поиска критической точки перехода в кварк - глюонную плазму. Будет подготовлено предложение эксперимента AFTER на пучках БАК для представления в экспертный совет ЦЕРНа (LHCC).

Эксперимент CBM. Исследование свойств сжатой барионной материи на установке CBM в GSI.

Сборка модулей переднего адронного калориметра эксперимента CBM в ИЯИ РАН и тестирование на

космических мюонах.

Тестирование супермодуля адронного калориметра и исследование отклика калориметра на пучках в ЦЕРНе.

Изготовление и тестирование на космике в ИЯИ РАН модули адронного калориметра для эксперимента СВМ в соответствии с контрактом ФАИР-ИЯИ. Тестирование супермодуля калориметра на пучках в ЦЕРНе, анализ полученных результатов.

Эксперимент DSS. Исследование коллективных эффектов, ненуклонных степеней свободы в ядрах и поляризационных явлений при столкновениях протонов и тяжёлых ионов с ядрами.

Планируется выполнить эксперимент по поиску тонкой структуры в сечении рождения пионов на дейтронном пучке при энергии 300 - 400 МэВ на нуклон, где ранее были получены указания на наличие резонансноподобной зависимости от энергии столкновения.

Измерения будут выполнены на Нуклотроне в Дубне, где будет использована уникальная возможность изменения энергии пучка на внутренней мишени с небольшим шагом 1-2 МэВ в течение короткого времени. Будет подготовлена система динамических внутренних мишеней в прямой части кольца Нуклотрона внутри вакуумной сферической мишенной станции. Измерение и мониторинг пучка будет выполняться, установленной на Нуклотроне системой Vergoz. Пионы и другие заряженные частицы будут зарегистрированы пробным сцинтилляционным телескопом.

Эксперимент HADES. Исследование рождения векторных мезонов в адрон-ядерных и

ядерно-ядерных взаимодействиях на установке HADES (GSI, Германия)

Запуск и тестирование на космике переднего годоскопа установки ХАДЕС. Модернизация переднего годоскопа. Сборка и тестирование модулей электромагнитного калориметра установки HAD.

Результаты анализа по V1 и V2 для потоков протонов и каонов в реакции Au+Au при энергиях 1,23 А ГэВ. Сборка и тестирование модулей электромагнитного калориметра установки для 2-х секторов установки HADES. Измеренные характеристики переднего годоскопа на космических мюонах. Результаты тестирования прототипов быстрых времяпролётных детекторов для переднего годоскопа установки ХАДЕС.

Эксперимент MPD/NICA. Многоцелевой детектор MPD для исследования столкновений тяжёлых ионов на коллайдере NICA.

Разработка предложений по сооружению Переднего адронного калориметра и Нейтронного калориметра под нулевым углом для проектируемой установки MPD на коллайдере NICA. Будут подготовлены Технические проекты Переднего адронного калориметра FHCAL и Нейтронного калориметра под нулевым углом NZDC для проектируемой установки MPD на коллайдере NICA.

Эксперимент NA61. Исследование рождения адронов в адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях на ускорителе SPS в ЦЕРНе.

Участие в физическом сеансе эксперимента NA61 по исследованию реакции Xe+La при энергиях налетающих ядер 13, 19, 30, 40, 75, 150 АГэВ.

Модернизация аналоговой электроники переднего



адронного калориметра и калибровка калориметра на ручке мюонов.

Участие в экспериментах по измерению выходов пионов и каонов в столкновениях адронов с ядрами на установке NA61, необходимых для нейтринных экспериментов и физики космических исследований.

Анализ экспериментальных данных эксперимента NA61, полученных ранее для реакций Be+Be, Ar+Sc при энергиях налетающих ядер 13-150 АГэВ.

Калибровка продольно сегментированного адронного калориметра установки NA61 на пучке мюонов.

Моделирование и анализ данных для определения угла плоскости реакции в ядро-ядерных реакциях Be+Be, Ar+Sc, Xe+La и Pb+Pb в эксперименте NA61.

В задаче Исследования релятивистских ядро-ядерных столкновений на установке PHENIX (в рамках соглашения о сотрудничестве с Брукхэвенской национальной лабораторией, США): Участие в подготовке к печати статей по обработке экспериментальных данных.

В задаче Разработка методов и аппаратуры низкофоновых измерений гамма-излучений с использованием германиевых гамма-спектрометров.

Разработка методики гамма-активационного анализа и образцов измерительным комплексом на базе прецизионного низкофонового гамма-спектрометра.

Исследование изотопного состава атмосферных аэрозолей методом измерения естественной радиоактивности и НАА с использованием W-Be

					<p>источника тепловых нейтронов и низкофонового гамма-спектрометра.</p> <p>Исследование элементного состава радиационно-защитных материалов для спецодежды методом НАА с использованием W-Be источника тепловых нейтронов и низкофонового гамма-спектрометра.</p> <p>В задаче □ Исследование взаимодействия нуклонов с малонуклонными системами и лёгкими ядрами.</p> <p>Исследование реакции <math>d+2H \rightarrow p+p+n+n</math>. Получение данных о NN-корреляциях в реакции <math>d+2H \rightarrow p+p+n+n</math> на дейтронном пучке циклотрона НИИЯФ МГУ при различных энергиях дейтронов.</p> <p>Исследование реакции nd-развала. Исследование энергетической зависимости параметров pp-взаимодействия в реакции <math>nd \rightarrow pnp</math> на нейтронном канале РАДЭКС ИЯИ РАН.</p> <p>Исследование структуры лёгких гало-ядер.</p> <p>Моделирование реакций передачи кора от лёгких гало-ядер. Определение параметров экспериментальной установки для изучения таких реакций. Разработка и применение приближенных методов расчёта реакций с гало ядрами.</p> <p>Рубцов Григорий Игоревич Ткачёв Игорь Иванович</p>
15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей	Развитие Нейтронного комплекса ИЯИ РАН, приборного парка и средств математического моделирования для исследований по физике деления и нейтрон-ядерных взаимодействий. Использование методов рассеяния нейтронов, рентгеновского и гамма излучения для исследования структуры и динамики конденсированных сред.	63 537.08	63 538.44	63 538.13	<p>Лаборатория нейтронных исследований Лаборатория фотоядерных реакций Лаборатория исследований редких процессов</p> <p>Разработанные методики и результаты исследований структуры и динамики конденсированных сред с использованием</p>

заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.

"Физика конденсированных сред, материаловедение, в том числе радиационное материаловедение, нейтронная физика, физика и техника источников нейтронов" (№ 0031-2014-0068)

Развитие экспериментальной техники для исследования материалов тепловыми и эпитепловыми нейтронами.  
Осуществление широкого сотрудничества с другими институтами, в том числе, международного сотрудничества, для проведения научных исследований, как на установках Института, так и на передовых российских и зарубежных установках.

нейтронов, рентгеновского и гамма излучения. Публикации, доклады на конференциях.

В 2017 году планируется получить следующие результаты: □

В задаче Использование методов рассеяния нейтронов, рентгеновского и гамма излучения для исследования структуры и динамики конденсированных сред.

Исследования облучённых и напряжённых полимеров РЕЕК и озонированного каучука . Моделирование диффузии гелия в металлах в широком спектре температур.

В задаче Исследования нейтрон-ядерных взаимодействий методом времени пролёта на установках НСВП-ТРОНС ОЭФ ИЯИ РАН и ИРЕН, ИБР-2М ЛНФ ОИЯИ

Подготовка эксперимента по прямому измерению нейтрон-нейтронного рассеяния. Реализация проекта вертикального канала (ВК\_НИИ РАДЭКС). Исследование характеристик и совершенствование параметров канала. Создание современных методов регистрации, считывания и накопления экспериментальной информации.

Подготовка эксперимента по исследованию активации ядерных реакций в литий-бериллиевых смесях. Реализация проекта на горизонтальном канале (ГК\_НИИ РАДЭКС). Разработка и изготовление активационных мишеней. Создание современных методов многоканальной регистрации, считывания и накопления экспериментальной информации.

Исследование характеристик и совершенствование параметров горизонтального канала (ГК\_НИИ РАДЭКС) по помехозащищённости и радиационной безопасности.

Измерение полных и парциальных сечений радиационного захвата, рассеяния, деления и параметров резонансов при низких и средних энергиях на горизонтальных каналах импульсных источников нейтронов РАДЭКС и ИРЕН.

Участие в сооружении установок и проведении нейтрон-ядерных исследований в рамках Протокола о сотрудничестве ИЯИ РАН и ОИЯИ.

Разработка методик определения реактивации экзоэнергетических реакций в смесях и изделиях для ядерной энергетики.

В задаче Развитие Нейтронного комплекса ИЯИ РАН, приборного парка и средств математического моделирования для исследований по физике деления, нейтрон-ядерных взаимодействий.

Продолжение работ по оптимизации импульсного нейтронного источника ИН-06 ИЯИ РАН.

Расчётно-теоретическое обоснование конфигураций нейтронных мишеней spallation-типа. Математическое моделирование процессов, инициированных пучком протонов линейного ускорителя в установках Нейтронного комплекса ИЯИ, с целью уточнения и улучшения параметров установок, планирования новых экспериментов и приложений.

Дальнейшее развитие статистических моделей, описывающих дезинтеграцию возбужденных ядер по каналам испарения, деления, Ферми-развала и мультифрагментации. Анализ новых экспериментальных данных по образованию нуклидов и гиперфрагментов в ядерных реакциях.

Предсказание свойств ядерной материи в экстремальных условиях.

Совершенствование программного обеспечения для моделирования взаимодействия частиц и ядер

с веществом. Применение транспортного кода SHIELD, а также других доступных программ для расчётно-теоретических исследований в актуальных для Института областях, включая генерацию нейтронов пучком ускорителя, адронную терапию, нейтронные фоны в подземной физике и др.

Определение функции отклика спектрометра СВЗ-100 в диапазоне энергий нейтронов от 1эВ до 1000 эВ, путём компьютерного моделирования, с использованием реальных параметров физического эксперимента.

Определение значений сечений радиационного захвата нейтронов ядрами веществ с использованием функции отклика спектрометра СВЗ-100. Проверка правдоподобия полученных результатов с использованием баз данных ENDF/B и других.

Исследование устойчивости решения интегрального уравнения при определении энергетического спектра захвата нейтронов ядрами исследуемого образца в экспериментах на СВЗ-100.

В задаче □ Развитие экспериментальной техники для исследования материалов тепловыми и эпитепловыми нейтронами.

Измерения различных сплавов методом нейтронной радиографии на импульсном источнике нейтронов ИН06 с использованием запоминающих нейтронных пластин (Image plate).  
Разработка тех. задания для создания установки времяпролётной нейтронной радио- и томографии.  
Исследование нейтрон-ядерных взаимодействий с помощью дифракции нейтронов на монокристаллах. Продолжение работ по развитию

техники для создания экстремальных физических условий на образцах. Развитие новых методов исследований на нейтронных источниках. Выполнить измерения когерентной амплитуды рассеяния нейтронов новым рефракционно-дифракционным методом, предложенным авторами. Измерить плотность потока нейтронов на 30-ти метровой пролётной базе 1-ого канала ИБР-2, на 15-ти метровой базе 2-ого и на 10-ти метровой базе 3-его каналах ИРЭН с помощью созданной и подготовленной к эксплуатации многопроволочной пропорциональной камеры регистрации осколков деления. Провести тестовые измерения на прототипе установки для поиска нарушения временной инвариантности. Создание оптической методики измерения давления в нейтронных и рентгеновских аппаратах вплоть до мегабарного диапазона. В задаче □ Разработка источника медленных нейтронов на базе линейного ускорителя ЛУЭ-8. Автоматизация контроля режимов основных узлов ускорителя ЛУЭ-8. Разработка техзадания на автоматизацию основных систем ускорителя. Исследование и оптимизация характеристик и проведение исследований на фотонейтронном источнике. □ Исследование характеристик фотонейтронного источника при различных энергиях входного пучка электронов. Отработка методики измерения энергетической зависимости сечений фотоядерных реакций с использованием гамма- и нейтрон-активационного анализа. Проведение исследований по исследованию структуры новых материалов с использованием пучков тепловых нейтронов. Исследование

					<p>параметров дифрактометра тепловых нейтронов на импульсном источнике нейтронов на базе ЛУЭ ИЯИ РАН: определение разрешения дифрактометра с использованием тестовых образцов, определение профиля пучка, проведение работ по уменьшению фоновых потоков нейтронов.</p> <p>Коптелов Эдуард Алексеевич</p>
<p>15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.</p> <p>"Физика и техника ускорителей; физика пучков заряженных частиц" (№ 0031-2014-0069)</p>	<p>Обеспечение работы сильноточного линейного ускорителя ионов водорода ИЯИ РАН. Модернизация систем и узлов ускорителя. Осуществление сотрудничества с российскими и зарубежными ускорительными научными центрами.</p>	135 756.86	135 759.00	135 760.94	<p>Отдел ускорительного комплекса</p> <p>Обеспечение необходимых параметров пучка в планируемых сеансах работы ускорителя. Результаты сотрудничества с российскими и зарубежными научными центрами. Доклады на конференциях.</p> <p>В 2017 году планируется получить следующие результаты: □</p> <p>В задаче Сильноточный линейный ускоритель ионов водорода ИЯИ РАН. Обеспечение работы ускорителя.</p> <p>Для проведения регулярных сеансов работы ускорителя на нейтронный комплекс, изотопный комплекс и комплекс протонной терапии обеспечить техническое обслуживание, ремонт и модернизацию систем ускорителя и каналов транспортировки пучка экспериментального комплекса, а также оформление необходимых разрешительных документов.</p> <p>Обеспечить суммарную длительность работы ускорителя в зависимости от финансирования до 2000 часов в течение года. Регулярную работу обеспечить с энергией пучка до 209 МэВ и</p>

					интенсивностью до 130 мкА на изотопный комплекс и до 50 мкА на нейтронный комплекс. Выполнить комплекс работ по подготовке к увеличению энергии до 247 МэВ. Фещенко Александр Владимирович
15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.  "Междисциплинарные исследования, прикладная ядерная физика, радиоизотопные исследования, ядерная медицина, проблемы экологической безопасности, информационные технологии в экспериментальной и теоретической физике" (№ 0031-2014-0070)	Развитие методов лучевой терапии. Радиоизотопные исследования, в том числе, разработка новых технологий получения и наработки радиоизотопов медицинского и промышленного применения. Совершенствование средств и методов аварийной радиационной защиты для обеспечения пожарной безопасности радиационно-опасных объектов и экологической чистоты ядерной энергетики. Создание новых, поддержка и модернизация уже имеющихся вычислительных и информационных систем в области основных направлений исследований Института. Радиационные исследования материалов и компонентов. Исследование в области подкритических ядерных энергетических систем. Подготовка заявок на патентование, поддержка патентов в России и за рубежом.	49 759.59	49 751.95	49 748.56	Отдел экспериментальной физики Лаборатория медицинской физики Лаборатория фотоядерных реакций Лаборатория атомного ядра Лаборатория нейтронных исследований Отдел теоретической физики  Развитие существующих и создание новых методов исследований, обработки и анализа. Разработка новых и развитие уже имеющихся технологий и технологических схем. Публикации, доклады на конференциях. В 2017 году планируется получить следующие результаты: □ В задаче Исследование аномального электромагнетизма в углеродных конденсатах. Провести облучение образцов углеродных плёнок на ускорителе ИЯИ РАН в целях возможного повышения переключающих токов. В задаче Радиоизотопные исследования. Изучение эффективности процесса наработки стронция-82 в мишенях из металлического рубидия на линейном ускорителе ИЯИ РАН в разных режимах работы ускорителя. Изучение физико-химической природы процесса сорбции стронция-82 из жидкого металлического рубидия.



Изучение образования высокоспиновых изомеров в мишени из тантала и сурьмы, облученных протонами низких энергий и расширение на этой основе новой систематики для изомерных отношений.

Изучение процессов модификации сорбционной поверхности гидратированного оксида олова (IV) для генератора рубидия-82 и механизма адсорбции стронция-82 на активированном оксиде олова (IV). Совершенствование методики подготовки сорбента для повышения производительности генератора.

Разработка технологии изготовления ториевой мишени в металлической оболочке – совместно с НПО «Луч» (корпорация Росатом).

Изучения ионообменных и экстракционных процессов выделения и разделения радиоэлементов (продукты ядерных реакций деления и скалывания), полученных при облучении тория протонами (совместно с МГУ им. М.В.Ломоносова).

Совершенствование технологии переработки мишени металлического тория в металлической оболочке и извлечения радионуклидов актиний-225, радий-223 и протактиний-230.

Разработка химической схемы разделения радионуклидов  $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$  генератора с помощью неорганических сорбентов (совместно с УрФУ им. Б.Н. Ельцина).

Изучение симметричного и ассиметричного деления тория протонами средних энергий.

Создание и совершенствование эффективных технологий получения медицинских изотопов.

В задаче Совершенствование средств и методов аварийной радиационной защиты для обеспечения

					<p>пожарной безопасности радиационно-опасных объектов и экологической чистоты ядерной энергетики.</p> <p>Создание стенда для исследования радиационно-защитных свойств материалов и исследования однородности различных конструкционных материалов с использованием метода гамма-поглощения в широком диапазоне энергий гамма-квантов.</p> <p>Исследование элементного состава и радиационно-защитных свойств материалов, применяемых при изготовлении радиационно-защитной одежды.</p> <p>В задаче Создание воздушной ионной камеры высокого давления (ИКВД) для измерения содержания <math>^{222}\text{Rn}</math> в подземных условиях.</p> <p>Завершение работ по переводу всех трёх радоновых мониторов на управление от внутренних микрокомпьютеров. Начало измерений содержания радона в воздухе различных помещений. Накопление статистики. Обработка результатов измерений. Публикация результатов измерений на Rn-мониторах с ИКВД.</p> <p>Кравчук Леонид Владимирович</p>
<p>15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов,</p>	<p>Исследования проблем квантовой теории поля и физики элементарных частиц.</p> <p>Исследования по релятивистской ядерной физике.</p> <p>Исследование нуклон-нуклонных взаимодействий на нейтронном комплексе ИЯИ РАН.</p> <p>Исследования по физике фотоядерных взаимодействий (изучение ненуклонных степеней свободы атомных ядер).</p> <p>Спектрометрия по времени замедления нейтронов</p>	11 247.10	-	-	<p>Отдел ускорительного комплекса Отдел физики высоких энергий Лаборатория нейтронных исследований Лаборатория медицинской физики</p> <p>Новые результаты по измерению редких распадов положительных каонов и нейтральных пионов в эксперименте E949 (БНЛ, США). Результаты</p>

создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.

"Физика элементарных частиц и фундаментальная ядерная физика" (№ 0031-2015-0004)

в свинце.

Проблемы физики трансмутации ядерных материалов, технология подкритических систем на пучках заряженных частиц и нейтроника многоцелевых мишенных модулей нейтронного комплекса ИЯИ РАН.

Создание и приборное оснащение многоцелевого нейтронного комплекса ИЯИ РАН.

Разработка ускорительного проекта НИКА и подготовка экспериментов.

Развитие новых методов регистрации нейтронов.

Исследование распадов заряженных К-мезонов (эксперименты ИСТРА, ОКА).

Исследование редких распадов К-мезонов, изучение эффектов CP и T нарушения, эксперимент E36 в JPARC.

Проверка фундаментальных законов сохранения лептонных чисел в процессе мю-е конверсии на ядрах (эксперимент MECO).

Проект РАДЭКС.

Ядерно-физические методики медико-биологических исследований (в том числе на источниках синхротронного излучения).

Развитие новых методов регистрации нейтронов.

Разработка технологии получения медицинских изотопов на сильноточных протонных пучках.

Теоретические исследования космологических аспектов физики частиц.

Разработка методики и исследование транспортировки сильноточных пучков протонов и отрицательных ионов водорода в экспериментальном комплексе ИЯИ РАН.

поиска массивных нейтрино в области масс 160-400 МэВ в редких распадах каонов, новые ограничения на параметры смешивания тяжёлых и стандартных нейтрино. Моделирование и разработка детекторов заряженных и нейтральных частиц нового чувствительного эксперимента ОРКА по исследованию сверхредких распадов каонов, в том числе распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ . Результаты исследований редких распадов каонов – полулептонных распадов (с электронами и мюонами в конечном состоянии, радиационных полулептонных распадов, поиска новых частиц вне стандартной модели. Результаты сеанса на установке ОКА. Расчёты по моделированию канала нейтральных каонов на ускорителе У-70 ИФВЭ.

Результаты сравнительных измерений с полноразмерным кристаллом LYSO (3x3x11 см<sup>3</sup>) производства Saint-Gobain с разными лавинными фотодиодами (APD) большой площади Hamamatsu S8664 10x10 mm<sup>2</sup> и RMD 13x13 mm<sup>2</sup>. Измерение эффективности регистрации заряженных частиц для базового элемента годоскопа, сцинтилляционного волокна фотодетектором SiPM. Моделирование основного фона и разработка программ по отбору и реконструкции событий в эксперименте по поиску процессов  $\mu^+ \rightarrow e \gamma$  и  $\mu^+ \rightarrow 3e$ .

Результаты экспериментальных исследований по программе нейтрон-ядерных взаимодействий на импульсных нейтронных источниках «РАДЭКС», ИН-06 и «ИРЕН-1», исследований конденсированных состояний. Результаты измерений длины (n,e) рассеяния на газовых мишенях Ag и Xe, измерения сечение

подбарьерного деления U238 на тепловых нейтронах и образования изомера формы U236m. Результаты измерений на горизонтальном пучке источника РАДЭКС.

Результаты испытаний на пучках протонов лучевой установки ИЯИ РАН в диапазоне энергий протонов от 110 до 209 МэВ с реальным 3D планированием облучения. Нарботка на установке лазерного разделения изотопов изотопного материала Yb-168 источников для брахитерапии. Исследование радиобиологической эффективности нейтрон - захватной реакции в материалах, сильно поглощающих тепловые нейтроны, таких, как жидкокристаллические комплексы ДНК-Gd, 10B и др. для разработки нейтрон-захватных препаратов для радиологии. Измерение вторичного гамма и бета излучения от нейтронозахватной реакции в активируемых образцах. Радиографическое исследование активированных биологических образцов для развития радиографического метода исследования меченных ДНК-продуктов.

Результаты работы по созданию двухкоординатного твердотельного позиционночувствительного нейтронного детектора. Изготовление опытного образца большого 400x400мм<sup>2</sup> газового детектора с высоким разрешением.

Повышение эффективности получения стронция-82 на линейном ускорителе ИЯИ РАН. Результаты исследования генератора стронций-82/рубидий-82 с целью его эффективного использования в онкологической диагностике с помощью ПЭТ в России и за рубежом. Результаты разработки промышленной технологий по получению больших количеств

актиния-225 из мишеней, облученных на ускорителе ИЯИ РАН.

Область значений параметров моделей со стерильными нейтрино, где реакторные эксперименты совместны с космологическими наблюдениями, либо же доказательство их противоречивости. Расширение исследования тёмной энергии на модели модифицированной гравитации, ограничения со всей совокупностью космологических данных, а не только по сверхновым SN Ia. Результаты испытания системы транспортировки пучков протонов через новый сплиттер-магнит, смонтированный на канале транспортировки протонного пучка в экспериментальном зале. Методика транспортировки пучков протонов и отрицательных ионов водорода в Экспериментальном комплексе с использованием имеющегося электромагнитного оборудования и возможностей сплиттер-магнита.

- измеренные поляризационные наблюдаемые E, T, F в фоторождении  $\pi$ -мезонов на нейтроне,
- измеренный интеграл GDH на нейтроне,
- предварительные результаты тестовых измерений сечений и асимметрий реакций фоторождения тяжёлых и странных мезонов на нуклонах и ядрах при энергии фотонов до 4 ГэВ,
- экспериментальные данные по мультифрагментации ядер и предварительные данные по измерению сечений взаимодействия нестабильных короткоживущих мезонов с ядрами,
- экспериментальные данные по вероятности генерации электронов, позитронов и гамма-квантов под действием фемтосекундных лазерных импульсов.

Изучение потерь протонного пучка на входе в рабочее тело спектрометра СВЗ-100.

Исследование процесса термализации нейтронов в графитовой призме, составной части СВЗ-100.

Измерение потоков нейтронов в пространстве между свинцовой сборкой и биологической защитой СВЗ-100 с целью изучения возможности создания комбинированного спектрометра.

Теоретическое описание ядерных реакций и свойств ядерной материи:

Развитие статистических моделей мультифрагментации, испарения, деления, Ферми-развала для описания дезинтеграции возбужденных ядер, с включением влияния новых эффектов внешнего Кулоновского поля и углового момента.

Описания ядер в звёздной среде при субъядерной плотности (например, кора нейтронных звёзд) при реалистическом учёте внешней электронной и нейтронной среды.

Распространение статистической модели мультифрагментации ядер (SMM), моделей Ферми-распада, испарения и деления на гиперядра. Оценка процессов последующих слабых распадов гиперядер.

Разработка и совершенствование программного обеспечения:

Включение в генератор неупругих ядерных взаимодействий MSDM транспортного кода SHIELD канала фотоядерных реакций.

Усовершенствование алгоритма разложения поглощённой дозы по ЛПЭ при моделировании облучения мишени адронами и ядрами.

Адаптация транспортного кода SHIELD, используемого в настоящее время в операционной

системе Windows, к среде Linux.

Применение транспортного кода SHIELD:

Моделирование потоков нейтронов в установках Нейтронного комплекса ИЯИ и в фотонейтронном источнике на базе электронного ускорителя ЛФЯР.

Расчёты взаимодействия терапевтических пучков протонов и лёгких ядер с тканезквивалентными мишенями с разложением поглощённой дозы по ЛПЭ.

Изучение нейтронного фона космогенного происхождения в подземных экспериментальных залах в зависимости от состава материалов экспериментальных установок и окружающего грунта.

Расчётно-теоретические исследования по трансмутации минорных актиноидов:

Результаты расчётно-теоретических исследований по трансмутации минорных актиноидов в прямом протонном пучке в мишени на основе соли LiF-NaF-KF, расчётно-теоретических работ по поиску оптимальной конфигурации мишени с высоким выходом нейтронов на основе нептуния  $^{237}\text{Np}$ , численного моделирования вращающейся мишени на основе  $^{237}\text{Np}$ , с целью значительного увеличения среднего времени жизни мишени и использования в качестве теплоносителя обычной воды.

Создание новых схем регистрации нейтронов с использованием многодетекторных систем с целью более полного сбора и регистрации нейтронов в большом диапазоне углов рассеяния нейтронов.

Создание низкотемпературного дифрактометра для исследования конденсированных сред при экстремальных условиях.

Результаты работы по созданию больших

детекторов на основе ZnS нейтронных сцинтилляторов и исследование бор и литий содержащих на основе ZnS нейтронных сцинтилляторов для детекторов с возможностью спекания под давлением для увеличения прозрачности. Разработка и изготовление электронной системы регистрации. Отчёт, публикации.

В 2017 году планируется получить следующие результаты:

В задаче Исследование нуклон-нуклонных взаимодействий на нейтронном комплексе ИЯИ РАН.

В 2017 г. будет проведено исследование эффекта нарушения зарядовой симметрии ядерных сил в различных малонуклонных системах в реакциях  $nd \rightarrow pnn$  и  $d+2H \rightarrow p+p+n+n$ . В этих реакциях будет также исследовано влияние трехнуклонных сил на низкоэнергетичные параметры двухнуклонных систем. Будут определены величины энергии квазисвязанных динуклонных состояний  $pp$ -,  $pp$ - и  $pn$ - систем, будет определена энергетическая зависимость параметров  $NN$ -систем в этих реакциях при различных энергиях налетающих частиц. Полученные результаты будут доложены на международных конференциях и опубликованы в научных журналах.

В задаче Исследование распадов заряженных  $K$ -мезонов (эксперименты ИСТРА, ОКА).

В 2017 году планируется проведение очередного сеанса на каонном пучке в ИФВЭ с пучком отрицательных каонов. Планируется получение предварительных результатов анализа распадов с участием фотонов и анализа данных по поиску тяжелых нейтральных лептонов.



В задаче Исследование редких распадов каонов, изучение эффектов CP и T нарушения, эксперимент E36 в JPARC.

Планируется в 2017 году анализ данных эксперимента E36 (КЕК, JPARC, Япония), накопленных во время сеанса на каонном пучке в 2015-2016 годах. Ожидается получение новых результатов по тесту лептонной универсальности при измерении отношения вероятностей распадов  $K_{e2}/K_{\mu 2}$  с улучшенными систематическими ошибками в эксперименте E36 с остановленными каонами.

В задаче Исследования по физике фотоядерных взаимодействий (изучение ненуклонных степеней свободы атомных ядер).

В 2017 году планируется провести прецизионное исследование электромагнитных взаимодействий нуклонов и ядер; исследование свойств адронов в ядерной среде, изучение их связанных состояний; исследование динамики ядерных возбуждений и распадов легких ядер при энергии фотонов до 4 ГэВ. Также планируются работы по исследованию фотоядерных реакций на фемтосекундном лазерно – плазменном источнике. Будет выполнено исследование свойств гигантских резонансов в ядрах, разработана методика для исследования фотоядерных реакций вблизи порога на базе линейного ускорителя ЛУЭ-8 и разработка методики получения и использования короткоживущих изотопов на электронных ускорителях.

В задаче Исследования проблем квантовой теории поля и физики элементарных частиц.

В 2017 году ожидается дальнейшая разработка расширений Стандартной модели и анализа

данных по поиску «новой физики». Будет продолжена разработка методов, позволяющих количественно учесть эффекты КХД с высокой степенью точности.

В задаче Проблемы физики трансмутации ядерных материалов, технология подкритических систем на пучках заряженных частиц и нейтроника многоцелевых мишенных модулей нейтронного комплекса ИЯИ РАН.

В 2017 году будут продолжены работы по выработке оптимального решения создания демонстрационного подкритического стенда для подхода к решению проблем выжигания минорных актиноидов, а также проблемы ториевого ядерного цикла ядерных энергетических установок будущего. Будет продолжено дальнейшее

развитие транспортного кода SHIELD как инструмента математического моделирования процессов взаимодействия частиц с веществом.

В задаче Проверка фундаментальных законов сохранения лептонных чисел в процессе  $p$ - $e$  конверсии на ядрах (эксперимент  $\mu 2e$ ).

В 2017 году планируется разработка элемента калориметра с кристаллом LYSO и ячейки триггерного годоскопа и разработка программ по моделированию и реконструкции данных эксперимента  $\mu 2e$ . Планируется создание элемента калориметра, состоящего из кристалла LYSO, двух лавинных фотодиодов (APD) и электроники усиления и формирования сигналов с APD и создание ячейки сцинтилляционного годоскопа, состоящей из сцинтилляционного оптического волокна, кремневого фотоумножителя (SiPM) и электроники усиления сигналов с SiPM. Будут проведены тестовые

измерений с элементом калориметра и ячейкой годоскопа.

В задаче Проект РАДЭКС.

В 2017 году планируется улучшить систему контроля протонного пучка на входе мишени «РАДЭКС». Будет разработано техническое предложение по созданию системы диагностики протонных и вторичных нейтронных пучков.

В задаче Развитие новых методов регистрации нейтронов.

В 2017 году планируется дальнейшее исследование детекторов, состоящих из ZnS(Ag)/LiF, а также прототипов двухкоординатного детектора нейтронов со спектросмещающими волокнами и лавинными фотодиодами в ограниченном Гейгеровском режиме.

В задаче Развитие ядерных технологий на протонных пучках Московской мезонной фабрики.

В 2017 году выделенные средства планируется использовать также на поддержание и модернизацию систем линейного ускорителя протонов ИЯИ РАН и пучковых каналов экспериментального комплекса, а также приобретение для этих целей оборудования и материалов. □ Нарботка ускорителя будет зависеть от научной программы Института, а также от объёма средств, полученных на эти цели и из иных источников.

В задаче Информационное обеспечение Программы.

В 2017 году будет постоянно обновляться сайт Программы и появляться новая информация о проектах и полученных результатах.

В задаче Разработка и создание компактных детекторов ядерных излучений для

учебно-исследовательских работ в школах и учебных институтах.

На основе больших сцинтилляционных пластин планируется создание новых детекторов для демонстрации и обучения школьников начальным навыкам измерений параметров космических лучей. В процессе работы студентами МИФИ и МФТИ будет проведён анализ данных, набранных в ходе тестов с космическими лучами, и протестированы созданные компьютерные базы данных для хранения и обработки результатов.

Проведение тестов многопиксельных фотодиодов для сбора света, образующегося в сцинтилляторах результате прохождения заряженных частиц космических лучей. Будут созданы детекторы для демонстрации и обучения школьников/студентов начальным навыкам измерений параметров космических лучей; компьютерные базы данных для хранения и обработки результатов, полученных в измерении параметров космических лучей. Сделаны доклады на семинарах и школьных/студенческих конференциях.

В задаче Разработка методики и исследование транспортировки сильноточных пучков протонов и отрицательных ионов водорода в экспериментальном комплексе ИЯИ РАН.

В 2017 году будут продолжена работа по модернизация каналов и оборудования экспериментального комплекса с целью обеспечения более устойчивой и надёжной транспортировки пучков на экспериментальные установки.

В задаче Разработка технологии получения медицинских изотопов на сильноточных протонных пучках.

В ходе работ, которые будут проводиться в 2017 году, будет изучено влияние различных факторов (в более широком диапазоне значений) на выход стронция-82 при длительном (5-7 дней) облучении мишеней из металлического рубидия интенсивным пучком протонов. Будут исследованы и оптимизированы параметры генератора стронций/рубидий-82 в плане его применения для диагностики не только кардиологических, но и онкологических заболеваний.

В задаче Разработка ускорительного проекта НИКА и подготовка экспериментов.

В 2017 году планируется создание 30 модулей для переднего адронного калориметра установки MPD/NICA и разработка аналоговой электроники для модулей адронного калориметра. Будет проведено исследование фотодетекторов для модулей калориметра.

В задаче Создание и приборное оснащение многоцелевого нейтронного комплекса ИЯИ РАН.

1. Создание системы перемещения двухкоординатного детектора нейтронов на установке ГОРИЗОНТ.
2. Ввод в действие прессы 25тонн для измерений In situ с защитой.
3. Создание системы перемещения кольцевого детектора нейтронов на установке КРИСТАЛЛ.
4. Разработка высокоэффективных твердотельных детекторов нейтронов.
5. Разработка и создание многомодульного блока детекторов нейтронов с временной фокусировкой.
6. Создание проекта нейтронных радио- и томографии на импульсном источнике нейтронов ИЯИ ИН06 в режиме реального времени на основе высокоскоростных спектральных детекторов.

В задаче Спектрометрия по времени замедления нейтронов в свинце.

В 2017 году будет проведена следующая работа и получены результаты:

1. Определение изотопного состава исследуемого образца, путём обработки спектров радиационного захвата нейтронов, полученных с использованием спектрометра СВЗ-100.
2. Разработка методики неразрушающего контроля материалов находящихся в замкнутых оболочках с использованием спектрометра по времени замедления нейтронов в свинце.
3. Исследование влияния подбарьерного деления изотопов  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$  на возможность идентификации изотопов делящихся ядер с помощью пороговых детекторов.

В задаче Теоретические исследования космологических аспектов физики частиц.

В 2017 году будет разработан новый метод поиска объектов странной материи по наблюдениям на флюоресцентных детекторах больших обсерваторий космических лучей (Pierre Auger, Telescope Array). Будет продолжен поиск источников с ранее неизвестной переменностью.

В задаче Ядерно-физические методики медико-биологических исследований (в том числе на источниках синхротронного излучения).

Провести 2 отладочных сеанса технологии протонной терапии. В этих сеансах будут впервые протестированы формирующие устройства (гребенчатые фильтры) новой конструкции, позволяющие существенно повысить конформность протонной терапии. Предполагается также подготовить доклинические радиобиологические эксперименты с клеточным

					<p>материалом. Для этого будет создан специальный стенд на пучках протонов в Комплексе протонной терапии ИЯИ РАН.</p> <p>Изготовить и исследовать новые образцы иттербиевых источников для разработки технологии брахитерапии с направленным излучением.</p> <p>Целью этих работ является повышение качества контактной лучевой терапии за счет защиты от излучения соседних критических органов.</p> <p>Экспериментальная проверка новых источников будет проведена как с фантомами, так и с клеточным материалом.</p> <p>По результатам исследований в 2017 году будет подготовлено 3 публикации и 4 доклада на конференциях.</p> <p>Ткачёв Игорь Иванович</p>
<p>15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.</p> <p>"Физика высоких энергий и нейтринная астрофизика,</p>	<p>Исследование CP-нарушения и поиск новой физики в редких распадах B-мезонов в эксперименте БАК-би на Большом адронном коллайдере.</p> <p>Исследование энергетической зависимости множественности частиц и плотности их распределения по псевдобыстроте от энергии в pp, p-Pb и в Pb+Pb столкновениях на установке ALICE.</p> <p>Исследование рождения адронов в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях на ускорителе SPS в ЦЕРН.</p> <p>Проверка экспериментально наблюдаемого эффекта годовых и суточных вариаций константы распада ядра <math>^{214}\text{Po}</math> на короткоживущем ядре <math>^{213}\text{Po}</math>.</p>	23 753.40	-	-	<p>Отдел физики высоких энергий Отдел лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики Лаборатория нейтринной астрофизики высоких энергий Баксанская нейтринная обсерватория Отдел теоретической физики Отдел экспериментальной физики Отдел ускорительного комплекса</p> <p>Планируется существенно улучшить точность измерения параметров в В- и D-секторах за пределами возможностей В-фабрик. Набор интегральной светимости <math>2/\text{fb}</math>. Первые измерения сечений рождения и набор статистики редких</p>

межзвёздная и межгалактическая среда" (№ 0031-2015-0005)

Исследование первичного космического излучения и поиск астрофизических источников космического излучения на комплексе установок Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН. Участие во втором этапе международного эксперимента GERDA по поиску безнейтринного двойного бета-распада изотопа  $^{76}\text{Ge}$ .

Межзвёздная и межгалактическая среда: активные и протяжённые объекты. Изучение гравитационных свойств антиматерии на установке AEGIS, поиск лёгкой тёмной материи на установке P348 в ЦЕРНе.

Экспериментальные исследования на детекторе Компактный Мюонный Соленоид (КМС) Поиск новой физики в распадах заряженных каонов в эксперименте NA62, разработка и создание новых нейтринных детекторов в проекте LBNO DEMO, эксперимент WA105 (ЦЕРН). Разработка и создание измерителей формы сгустков для линейного ускорителя Linac-4 ЦЕРН и исследование продольного движения в ускорителе.

Исследование нейтринного излучения Солнца и нестандартных свойств нейтрино.

Байкальский нейтринный эксперимент.

Исследования спектра массовых состояний нейтрино: эксперимент «Троицк ню-масс».

Поиск всплесков гравитационного излучения на подземном детекторе ОГРАН.

Неускорительная физика частиц: двойной безнейтринный бета распад ядер, осцилляции реакторных нейтрино.

Исследование космических лучей высоких и сверхвысоких энергий и свойств нейтрино на установках Telescope array, PRISMA-LHAASO,

распадов В- и D-мезонов при энергии 13 ТэВ.

Значения амплитуд солнечной, лунной и звёздной суточных и годовых компонент вариации периода полураспада изотопа  $^{213}\text{Po}$ . Испытанный прототип установки и методика проведения исследований эффекта временных вариаций периода полураспада на альфа-активном изотопе  $^{212}\text{Po}$ .

Увеличение непрерывной площади Мюонного Детектора до  $354 \text{ м}^2$ . Предварительная оценка потока диффузного космического гамма-излучения с энергией выше  $10^{14}$  эВ.

Измеренные потоки (в случае обнаружения) или ограничения на потоки мюонных нейтрино с энергией выше 1 ТэВ от потенциальных астрофизических источников нейтрино. Обработка данных второго этапа эксперимента совместно с участниками коллаборации GERDA. Подготовка публикаций по результатам второго этапа.

Нахождение ограничений на полную массу тёмной материи в центре Галактики с использованием данных измерения ньютоновской прецессии орбит быстрых S0 звёзд в гравитационном поле сверхмассивной чёрной дыры Sgr A\*. Вычисление аннигиляционных сигналов от частиц тёмной материи в виде суперсимметричных нейтралино и сопоставление рассчитанных сигналов с данными гамма-телескопов. Разработанные методы генерации ультрахолодного триплетного состояния позитрония.

Первые экспериментальные данные с энергией 13 ТэВ для сигнатуры с двумя изолированными лептонами и двумя адронными ливнями, используемой для поиска правого WR бозона и стерильного нейтрино.



NOvA и E938 (MINERvA).

Осцилляционные эксперименты с интенсивными пучками нейтрино и антинейтрино на протонном ускорителе JPARC (Япония).

Подземная физика на детекторах ASC, LVD, OPERA: Поиск нейтринного излучения на детекторах ANS и LVD. Разработка метода измерения генерации нейтронов мюонами космических лучей в аргоне. Поиск редких событий с помощью эмульсионно-трекового детектора OPERA.

Результаты работы детектора NEWCHOD и прототипа магнитного нейтринного детектора BABY-MIND.

Измеритель формы сгустка для ЦЕРН.

Результаты исследования возможности создания искусственных источников нейтрино на основе Zn65. Проекты BEST, BEST-2.

Результаты эксплуатации на оз. Байкал кластера нейтринного телескопа NT-1000.

Первые результаты эксперимента на модернизированной установке «Троицк ню-масс».

Результаты эксплуатации детектора OGRAN в подземной лаборатории БНО ИЯИ РАН.

Результаты второй стадии эксперимента GERDA в Италии, участие в эксплуатации и обработке данных эксперимента Double Shooz во Франции.

Результаты обработки данных установки «Telescope array» в США. Получение и анализ спектра космических лучей в гибридном наборе данных. Разработка статистических методов анализа химического состава широких атмосферных ливней на основе данных наземной решётки.

Результаты создания высокогорной установки PRISMA-LHAASO в Китае.

Результаты измерений вероятности  $\nu_e \rightarrow \nu_e$  осцилляций и вероятности выживания мюонных нейтрино, оценка значения угла смешивания  $\theta_{13}$ , а также, значение разности квадратов масс нейтрино  $m^2_{23}$ .

Измеренные параметры осцилляций мюонных антинейтрино в электронные антинейтрино.

В 2017 году планируется получить следующие результаты:

В задаче Неускорительная физика частиц: двойной

безнейтринный бета распад ядер, осцилляции реакторных нейтрино.

Участие в эксплуатации установки фазы 2 эксперимента по поиску безнейтринного двойного бета распада Ge-76 GERDA в Италии. Будут произведены наладочные работы на установке по очистке отходов производства детекторов из обогащённого германия.

В 2017 г. Коллаборация Double Chooz будет продолжать набор статистики двумя детекторами до октября месяца. Мы будем принимать участие в удаленных дежурствах на детекторах (всего не менее 9 недель). Будет подготовлено предложение на анализ углового распределения позитронов как дополнительного к распределению нейтронов. Совместно с Курчатовским институтом мы планируем принимать участие в калибровке детекторов источником  $^{252}\text{Cf}$ , разрабатываемым совместно КИ-МГУ-ИЯИ.

В проекте JUNO будут проведены расчёты сигналов детектора, связанных с геонейтрино и ядерных реакторов. Моделирование поглощения света в сцинтиляторе большого детектора.

Исследование сцинтилятора на основе китайского ЛАБа на содержание  $^{14}\text{C}$ . Расчет спектра  $^{14}\text{C}$  в детекторе JUNO с учётом наложения импульсов в зависимости от концентрации  $^{14}\text{C}$ .

Участие в эксплуатации второй стадии эксперимента GERDA в Италии, участие в эксплуатации и обработке данных эксперимента Double Chooz во Франции. Исследование фонов сцинтилятора эксперимента JUNO.

В задаче Поиск всплесков гравитационного излучения на подземном детекторе ОГРАН.

Вывод детектора ОГРАН на проектную

чувствительность за счёт замены ординарных зеркал, используемых в основном Фабри-Перо интерферометре, на высокотехнологичные. Выполнение калибровочных тестов и контрольное измерение остаточных шумов. Пуск в эксплуатацию прецизионной системы поддержания стабильного температурного режима. Проведение наблюдений совместно с БПСТ БНО с анализом данных в режиме мультисканальной регистрации совпадающих возмущений. Выполнение калибровочных тестов и начало эксплуатации детектора OGRAN в подземной лаборатории БНО ИЯИ РАН.

В задаче Проверка экспериментально наблюдаемого эффекта годовых и суточных вариаций константы распада ядра  $^{214}\text{Po}$  на короткоживущем ядре  $^{213}\text{Po}$ .

Доведение времени набора статистики с изотопом  $^{213}\text{Po}$  ( $T_{1/2}=3.7$  мкс.) до ~900 суток. Обработка результатов и получение данных о величине амплитуды солнечной, лунной и звёздной суточных и годовых компонент вариации периода полураспада изотопа  $^{213}\text{Po}$ . Завершение работ по созданию экспериментальной установки для исследования эффекта временных вариаций периода полураспада на альфа-активном изотопе  $^{212}\text{Po}$  с минимальным среди известных периодом полураспада  $T_{1/2}=0.3$  мкс. Начало непрерывных измерений.

В задаче Эксперимент Тунка/TAIGA. Обработка данных калибровочных измерений широкоугольных оптических станций эксперимента Тунка (TAIGA-HiSCORE), проведённых в 2016 году и публикация статьи. Проведение калибровочных измерений с

				<p>оптическими станциями эксперимента Тунка (TAIGA-HiSCORE), установленными 2016 году. Изготовление калибровочной системы первого узкоугольного атмосферного черенковского телескопа TAIGA-IACT. Будут создан второй из двух измерительных стендов для исследования параметров фотоумножителей для оптических станций и камер изображения эксперимента Тунка/TAIGA. Будут измерены параметры этих фотоумножителей. Будет эксплуатироваться совместно с университетом г.Тюбинген макетный образец камеры изображения на базе кремниевого фотоумножителя узкоугольного гамма-телескопа с 16-ю пикселями (4x4). Рубаков Валерий Анатольевич</p>
	Итого	521 929.70	483 762.40	481 656.19

Директор

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института ядерных исследований Российской академии наук



*[Handwritten signature]* / Л.В.Кравчук /