



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Нейтринная астрофизика, нейтринная, гамма и гравитационно-волновая астрономия, физика космических лучей, физика и техника нейтринных телескопов в низкофоновых подземных и подводных лабораториях

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FFWS-2022-0006

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

Нет данных

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2022	2024

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

Байкальский нейтринный телескоп	нейтринная астрофизика	космические лучи сверхвысоких и ультравысоких энергий	гамма-астрономия	Баксанская нейтринная обсерватория	искусственный источник нейтрино	стерильные нейтрино	модели взаимодействия адронов	взрывы сверхновых
---------------------------------	------------------------	---	------------------	------------------------------------	---------------------------------	---------------------	-------------------------------	-------------------

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.05.00 : Физика элементарных частиц. Теория полей. Физика высоких энергий	29.15.00 : Ядерная физика	41.17.00 : Астрофизика	41.29.00 : Космология
---	---------------------------	------------------------	-----------------------

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обонование междисциплинарного подхода

1.3.3 : Физика элементарных частиц и квантовая теория поля	1.3.4 : Ядерная физика	1.3.8 : Астрономия (включая астрофизику, космическую науку)
--	------------------------	---

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Тема исследований находится на стыке нескольких областей фундаментальной физики: ядерной физики, физики элементарных частиц и астрофизики.

Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

- | |
|---|
| а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта; |
| б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии; |



Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Тема исследований соответствует двум приоритетным направлениям СНТР: переходу к цифровым, интеллектуальным технологиям и переходу к экологически чистой энергетике.

Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

Цель исследования - поиск нейтрино и сопутствующих гравитационных волн от взрывов сверхновых звезд, регистрация нейтрино и гамма-излучения от астрофизических источников, поиск короткобазовых нейтринных осцилляций, исследование происхождения космических лучей сверхвысоких и ультравысоких энергий и их взаимодействий. В том числе: - Создание и эксплуатация нейтринного телескопа кубокилометрового масштаба в озере Байкал для поиска и исследований потоков астрофизических нейтрино высоких энергий способом глубоководной регистрации вторичных мюонов и нейтрино (Baikal-GVD), и комплекса инфраструктуры, обеспечивающего поэтапное развитие проекта и долговременную эксплуатацию телескопа. Уникальная научная установка Baikal-GVD создается как комплексная лаборатория, включающая оптическую, гидрологическую и гидроакустическую аппаратуру, которая не только обеспечивает получение данных для решения задач нейтринной астрономии, но и позволяет вести исследования в смежных областях науки и техники: гидрологии, лимнологии, геофизике, экологии, долговременном непрерывном мониторинге состояния водной среды озера Байкал. - Поиск короткобазовых нейтринных осцилляций и новых свойств нейтрино в экспериментах с искусственными источниками нейтрино. - Создание прототипов Большого баксанского нейтринного телескопа (ББНТ). ББНТ - разрабатываемый подземный сцинтилляционный детектор большого объема, направленный на регистрацию солнечных нейтрино CNO цикла, геонейтрино и решения других задач на стыке физики частиц, астрофизики и геофизики. Проведение измерений на прототипах ББНТ. - Регистрация нейтринных вспышек от гравитационных коллапсов звезд в нашей Галактике. Работы по непрерывной регистрации и обработке информации по поиску всех типов нейтринного излучения от коллапсирующих звезд на детекторах БПСТ, АСД и LVD. Поиск совпадений кластеров событий в экспериментах БПСТ, АСД и LVD. - Подготовка детектора ОГПАН к режиму непрерывных наблюдений. Мониторинг грави-градиентного наземного фона в килогерцовом диапазоне частот с целью детектирования слабых всплесков гравитационного излучения, порождаемых коллапсирующими объектами в Галактике и её близкой окрестности в 50 кпс. Проведение корреляционного анализа данных с показаниями БПСТ БНО ИЯИ РАН - Поиск солнечных адронных аксионов. - Изучение спектра, массового состава и происхождения космических лучей в диапазоне энергий от 200 ТэВ до 100 ЭэВ по данным установок Ковер-3, TAIGA, LHAASO и Telescope Array. - Получение характеристик фрагментационной области генерации частиц во взаимодействиях адронов космических лучей в области энергий 10^{16} - 10^{18} эВ. Разработка новой модели FANSY 2.0 взаимодействий адронов с нуклонами и ядрами в широкой области энергий 10^{11} - 10^{18} эВ. - Поиск космических гамма-квантов высоких энергий на установках TAIGA, LHAASO. - Обнаружение и определение величины потока гео-антинейтрино и гео-нейтрино от долгоживущего изотопа калия 40K . - Разработка методов мониторинга электрического поля стратосферы и исследование высотных разрядов с помощью наземных и подземных измерений. Исследование роли космических лучей в динамике грозовой атмосферы.



Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

Для регистрации астрофизических нейтрино высоких энергий необходимы установки с гигантской экспозицией. Только таким способом можно получить информацию о наиболее энергичных процессах, идущих во Вселенной, в том числе в активных ядрах галактик, остатках сверхновых, крупномасштабных ударных волнах. На Южном полюсе научными организациями США, Европы и Японии создан самый крупный нейтринный телескоп IceCube, а европейская коллаборация KM3NeT приступила к развертыванию комплекса установок в Средиземном море. Эти установки вместе с Baikal-GVD входят в Глобальную нейтринную сеть. Эта международная кооперация многократно повысит эффективность совместных научных исследований. В результате создания крупномасштабных нейтринных телескопов открывается новое важнейшее направление в науке – нейтринная астрономия с ожиданием прорывных результатов в этом и смежных направлениях развития фундаментальных исследований. Поиск стерильных нейтрино одна из актуальных задач фундаментальной науки, стоящая в одном ряду с открытием нейтринных осцилляций, показавших существование массы нейтрино и новой физики за пределами Стандартной Модели (СМ). Существующая СМ с тремя активными нейтрино не согласуется с полученными в ряде предыдущих нейтринных экспериментов (ускорительных, галлиевых с интенсивными искусственными источниками, реакторных с расстояниями до 100 м) результатами, для объяснения которых требуется введение четвертого нестандартного стерильного нейтрино с масштабом массы порядка 1 эВ. В работе [Abazajian K.N. et al. arXiv:1204.5379, 2012.] представлен ряд экспериментов по поиску стерильных нейтрино, и в настоящее время идет подготовка к реализации нескольких из них с различными источниками нейтрино. Для понимания физики сверхновых очень важно выяснить механизм их взрыва, и в этом могут помочь наблюдения нейтринных сигналов, зарегистрированных подземными обсерваториями. Интерес к поиску нейтринных всплесков от сверхновых типа II обусловлен тем, что, событие, зарегистрированное детектором LSD 23 февраля 1987 года во время вспышки Сверхновой SN1987A, не нашло объяснения в рамках стандартной модели гравитационного коллапса. В настоящее время мире работают девять детекторов —LVD, SK, KamLAND, АСД, HALO, IceCube, DayaBay, Borexino и БПСТ, способных регистрировать нейтринные всплески от гравитационных коллапсов, по взаимодействию нейтрино с различными ядрами p, C, O, Fe, Na, Cl, Pb. Для уверенной регистрации гравитационного коллапса необходима длительная непрерывная работа всех установок. Особая роль в исследовании механизма коллапса принадлежит гравитационно-волновым сигналам. Взаимная временная структура гравитационных и нейтринных всплесков позволит тестировать различные модели ядерных процессов представляющих феномен сверхновых. Проблемы установления спектра, массового состава и источников являются основными в физике космических лучей сверхвысоких и ультравысоких энергий. В настоящее время они далеки от разрешения: выявленные особенности спектра не имеют однозначной интерпретации, нет согласованных между различными экспериментами измерений массового состава, есть только нечеткие указания на возможные источники космических лучей. В рамках КХД, нейтрон должен обладать электрическим дипольным моментом, в то время как в эксперименте его значение ограничено величиной, на 9 порядков ниже ожиданий. Для решения этой проблемы Роберто Печчеи (Roberto Peccei) и Хелен Квинн (Helen Quinn) предположили, что КХД-лагранжиан обладает дополнительной $U(1)$ симметрией. Для этого было введено дополнительное псевдоскалярное поле, в котором симметрия нарушалась на некотором масштабе. Позже Вайнберг (Weinberg) и Вильчек (Wilczek), независимо друг от друга, определили свойства Голдстоуновского бозона (аксиона), появляющегося в следствие нарушения симметрии $U(1)$. Адронные аксионы в Солнце могут возникать, в частности, при M1-переходах в ядрах с низколежащими первыми уровнями возбуждения (таких как ^{83}Kr и ^{57}Fe) в недрах Солнца. Энергия перехода для ^{57}Fe (излученных аксионов) равна 14.4 кэВ. Такие аксионы могут быть зарегистрированы на Земле с помощью детекторов, рабочим веществом которых является ^{57}Fe , на ядрах которого происходит резонансное поглощение аксионов. На настоящий момент, экспериментально существование аксионов еще не подтверждено. Определение величины потока анти-нейтринного излучения от распадов ^{40}K в Земле даст возможность определить точное содержание калия в Земле. Эта величина актуальна для решения проблемы внутреннего тепла Земли и его влияния на климат Земли.



Описание задач, предлагаемых к решению

В ходе выполнения работ по теме предполагается решить следующие основные задачи: - Развертывание нейтринного телескопа кубокилометрового масштаба Baikal-GVD в соответствии с результатами завершённых НИОКР. - Долговременный набор и обработка данных, включая обмен данными и результатами их обработки в рамках международного научного консорциума «Глобальная нейтринная обсерватория». - Моделирование физических процессов и работы установки Baikal-GVD; - Совершенствование и специализация систем анализа и обработки данных для решения различных задач нейтринной астрономии и астрофизики высоких энергий. - Поиск частиц темной материи и изучение астрофизических проявлений других расширений Стандартной модели элементарных частиц. - Разработка научной программы и поиск технического решения для следующего после BEST эксперимента по измерению скорости захвата нейтрино от высокоинтенсивных искусственных источников нейтрино на галлиевой мишени двухзонной установки УНУ ГГНТ с целью поиска осцилляций электронных нейтрино в стерильные состояния на очень коротких расстояниях, недоступных другим нейтринным экспериментам. - Создание прототипов Большого баксанского нейтринного телескопа (ББНТ) и проведение физических измерений на прототипах ББНТ. - Интерпретация результатов детектора Борексино с точки зрения поиска и определения величины потока антинейтрино от распадов 40K в Земле. - Запуск оптоакустической гравитационной антенны (ОГРАН) в режим непрерывного мониторинга гравитационно-волновых всплесков на уровне чувствительности $10\text{-}19$ Гц $^{1/2}$ к метрическим вариациям. Поиск и регистрация гравитационно-нейтринных корреляций - Непрерывный мониторинг вспышек сверхновых в нашей Галактике на детекторах нейтрино. - Разработка методики поиска коррелированных редких сигналов на данных детекторов АСД, БПСТ и LVD, связанных с событиями астрофизических источников. - Разработка детектора HALO+1t на основе свинцовой мишени с регистрацией нейтронов, с возможностью определения типов нейтрино для уточнения моделей взрыва Сверхновых. - Поиск точечных источников космического гамма-излучения с энергией выше 100 ТэВ по экспериментальным данным установок TAIGA и LHAASO. Измерение потока (или получение ограничений на поток) диффузного космического гамма-излучения с энергией выше 100 ТэВ. - Мониторинг известных и поиск еще неоткрытых галактических и внегалактических источников гамма-излучения с энергиями выше 1 ТэВ в экспериментах TAIGA и LHAASO. - Разработка нового детектора адронных аксионов на основе изотопа 57Fe . Предполагается использовать железосодержащий полупроводниковый материал - пирит. На основе этого материала (впервые) изготовить полупроводниковый детектор с массой активного материала $\sim 100\text{г}$. Ожидается, что новый детектор позволит как минимум на порядок улучшить результаты, полученные на 83Kr . - Развертывание и эксплуатация установки Ковер-3. - Изучение спектра, массового состава и анизотропии космических лучей в диапазоне энергий от 200 ТэВ до 100 ЭэВ по данным установок Ковер-3, TAIGA, LHAASO, и Telescope Array. - Разработка модели взаимодействий адронов FANSY 2.0, воспроизводящей сравнительно более широкий круг основных экспериментальных результатов в области энергий 10^{11} - 10^{18} эВ во взаимодействиях адронов с нуклонами и ядрами, имеющих важное значение для исследований фрагментационной области генерации частиц; и моделирующей компланарную генерацию наиболее энергичных частиц при сверхвысоких энергиях. - Исследование возможной связи между коллайдерным "ridge" эффектом и компланарной генерацией частиц в космических лучах на основе анализа экспериментальных и расчетных данных по азимутальным эффектам. - Организация прецизионных измерений вариаций магнитного и электрического полей в подземных условиях на глубине порядка 1 км от поверхности земли. Исследование корреляций возмущения потока мюонов космических лучей, электрического поля в стратосфере и высотных разрядов. - Проведение набора экспериментальных данных по программе регистрации мюонных нейтрино и антинейтрино с пороговой энергией 1 ГэВ из нижней полусферы. Поиск астрофизических источников мюонных нейтрино и антинейтрино.



Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)

- Данные нейтринного телескопа Baikal-GVD по регистрации сигналов от нейтрино высоких энергий за длительный период наблюдений. Значимость данных для нейтринной астрофизики определяется тем, что Baikal-GVD – крупнейший в северном полушарии нейтринный телескоп, эффективный объем которого сравним с эффективным объемом эксперимента IceCube в южном полушарии. - Результаты моделирования физических процессов и работы установки Baikal-GVD. - Предложения по научной программе и техническому решению для следующего после BEST эксперимента по измерению скорости захвата нейтрино от высокоинтенсивных искусственных источников нейтрино на галлиевой мишени двухзонной установки УНУ ГГНТ с целью поиска осцилляций электронных нейтрино в стерильные состояния на очень коротких расстояниях, недоступных другим нейтринным экспериментам. Результат может быть применен для поиска физических явлений за пределами Стандартной модели физики частиц, в том числе кандидатов на роль темной материи. - Результаты физических измерений на прототипах Большого баканского нейтринного телескопа (ББНТ). - Результат интерпретации наблюдений детектора Борексино с точки зрения поиска и определения величины потока антинейтрино от распадов 40K в Земле. Результат позволит определить влияние внутреннего тепла Земли на климат. - Результаты поиска и возможная регистрация гравитационно-нейтринных корреляций с помощью оптоакустической гравитационной антенны (ОГРАН). - Результаты непрерывного мониторинга вспышек сверхновых в нашей Галактике на детекторах нейтрино. - Методика поиска коррелированных редких сигналов на данных детекторов АСД, БПСТ и LVD, связанных с событиями астрофизических источников. - Результаты поиска точечных источников космического гамма-излучения с энергией выше 100 ТэВ по экспериментальным данным установок TAIGA и LHAASO. - Результаты исследования спектра, массового состава и анизотропии космических лучей в диапазоне энергий от 200 ТэВ до 100 ЭэВ по данным установок Ковер-3, TAIGA, LHAASO, и Telescope Array. - Новая модель взаимодействий адронов FANSY 2.0, воспроизводящая сравнительно более широкий круг основных экспериментальных результатов в области энергий $10^{11} - 10^{18}\text{ эВ}$ во взаимодействиях адронов с нуклонами и ядрами. - Результаты исследования корреляций возмущения потока мюонов космических лучей, электрического поля в стратосфере и высотных разрядов. - Экспериментальные данные по программе регистрации мюонных нейтрино и антинейтрино с пороговой энергией 1 ГэВ из нижней полусферы.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Работа включает сотрудничество в рамках коллабораций LVD (Италия), Telescope Array (США), LHAASO (Китай), Baikal-GVD (Россия), TAIGA (Россия).



Планируемые показатели на финансовый год

2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	45.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	10.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.200
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	45.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	10.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.200
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2024 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	45.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	10.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.200
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на веб-страницу
1	Рубцов	Григорий	Игорович	31.07.1981	Доктор физико-математических наук	Профессор	зам.директора	K-8475-2012	9942741700	Нет данных	Нет данных

Сведения об основных исполнителях



№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Безруков	Леонид	Борисович	15.04.1945	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	зав.лабораторией	M-5654-2013	7003749171	Нет данных	Нет данных
2	Гаврин	Владимир	Николаевич	15.04.1941	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	зав.лабораторией	J-3662-2013	7003429399	Нет данных	Нет данных
3	Троицкий	Сергей	Вадимович	27.11.1971	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	гнс	C-1377-2014	6602800544	Нет данных	Нет данных
4	Гангапшев	Альберт	Мусаевич	01.03.1978	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	зам. зав. филиалом	N-7465-2015	6506346988	Нет данных	Нет данных
5	Домогацкий	Григорий	Владимирович	15.01.1941	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	зав.лабораторией	Нет данных	6701542704	Нет данных	Нет данных
6	Кузьминов	Валерий	Васильевич	12.06.1950	Доктор физико-математических наук	Доцент	г.н.с.	Нет данных	6603413895	Нет данных	Нет данных
7	Лидванский	Александр	Сергеевич	26.01.1945	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	зав.лабораторией	Нет данных	6602596167	Нет данных	Нет данных
8	Мухамедшин	Рауф	Адгамович	03.12.1948	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	зав.лабораторией	J-6329-2013	7003278653	Нет данных	Нет данных
9	Петков	Валерий	Борисович	10.05.1957	Доктор физико-математических наук	Доцент	зав. филиалом Баксанская нейтринная обсерватория	Нет данных	7402843523	Нет данных	Нет данных
10	Ряжская	Ольга	Георгиевна	12.05.1941	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	зав.отделом	A-5851-2017	6603850542	Нет данных	Нет данных
11	Стенькин	Юрий	Васильевич	10.12.1948	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	M-5796-2014	Нет данных	Нет данных	Нет данных



12	Корочкин	Александр	Алексеевич	21.07.1994	Нет данных	Отсутствует	аспирант	Нет данных	572040 10708	Нет данных	Нет данных
13	Романенко	Виктор	Сергеевич	25.02.1994	Нет данных	Отсутствует	аспирант	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
14	Фазлиахметов	Алмаз	Наилович	27.06.1993	Нет данных	Отсутствует	аспирант	Нет данных	571907 67430	Нет данных	Нет данных

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	208.500
Исследователи (научные работники)	102.100
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0.000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	33.200
Техники	16.400
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	56.800

Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа



В ИЯИ РАН получен ряд пионерских результатов в области нейтринной астрофизики. М.А. Марковым и И.М. Железных предложен общепризнанный метод регистрации нейтрино высоких энергий в естественных резервуарах воды или льда, который был впервые реализован в эксперименте на озере Байкал. Сегодня в Байкальской нейтринной обсерватории под руководством Г.В. Домогацкого идет строительство эксперимента Baikal-GVD с проектным объемом рабочей области порядка гигатонны, являющегося на сегодня единственным в России и одним из трех крупнейших экспериментов в мире. Регистрация нейтрино более низких энергий проводится в экспериментах Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) - первой в мире подземной лаборатории глубокого заложения, построенной специально для проведения нейтринных экспериментов. В эксперименте SAGE (Советско-американский галлиевый эксперимент) на Галлий-германиевом нейтринном телескопе (ГГНТ) БНО международной группой под руководством В.Н. Гаврина впервые измерен интегральный поток всех приходящих на Землю солнечных нейтрино и показан дефицит солнечных нейтрино во всём диапазоне энергетического спектра. Полученный результат стал важным вкладом в открытие осцилляций нейтрино, а также подтвердил, что источником энергии Солнца являются термоядерные реакции. Члены коллектива имеют опыт регистрации нейтринного сигнала от сверхновой 1987А с помощью Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа (БПСТ) и детектора LSD (Liquid Scintillation Detector, лаборатория Монблан, Италия). В калибровочных экспериментах с искусственными источниками нейтрино на ГГНТ обнаружен дефицит нейтрино, известный как «галлиевая аномалия». Для поиска гипотетического стерильного нейтрино, которое может быть источником аномалии, предложен и проведен эксперимент по поиску осциллирующих нейтрино на рекордно коротких расстояниях BEST (Baksan Experiment on Sterile Transitions). А.Е. Чудаковым заложены основы наземной гамма-астрономии высоких энергий. Среди полученных коллективом результатов можно отметить следующие: - В течение 2018 - 2020 годов развернуты 5 кластеров телескопа и начаты накопление и обработка данных в целях поиска событий, связанных с астрофизическими нейтрино. При анализе данных 2019-2020 годов выявлены первые события с энергией свыше 100 ТэВ, которые можно рассматривать как кандидаты на события от нейтрино астрофизической природы. - Измерена величина скорости захвата нейтрино с энергией выше 0.233 МэВ на галлии с точностью 5%. Разработана методика изготовления высокоинтенсивного (3 МКи) искусственного источника нейтрино на основе радионуклида ^{51}Cr , а также методики и установки для прецизионного измерения его характеристик. - Участниками проекта измерен спектр, состав и сечение взаимодействия космических лучей сверхвысоких и ультравысоких энергий на высокогорных установках на Памире и Тянь-Шане, в экспериментах Тунка-133, TAIGA в Тункинской долине и в Обсерватории Telescope Array (США). Зарегистрировано высокоэнергетическое гамма-излучение ряда галактических и внегалактических источников в экспериментах LHAASO и TAIGA. - По результатам обработки данных эксперимента по поиску солнечных адронных аксионов получены пределы на константы связи аксионов с нуклонами, произведение констант связи аксионов с фотонами и нуклонами. И как следствие ограничение на массу в модели адронных аксионов на уровне $m_A \leq 12.6$ эВ. - Производится непрерывный поиск вспышек сверхновых на детекторах АСД (Артемовская научная станция) с 1977 года, на БПСТ с 1980 года, на LVD с 1992 года. - Детектор LVD включен в мировую систему раннего предупреждения о вспышках сверхновых SNEWS. - Объяснение характеристик нейтринного сигнала, зарегистрированного детектором LSD 23 февраля 1987 года во время вспышки Сверхновой SN1987А. - В подземной лаборатории БНО ИЯИ РАН установлена единственная в России оптоакустическая гравитационная антенна ОГРАН, вместе с комплексом приборов мониторинга гравитационно-сейсмического фона.

**Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования**

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	28.06.2019	V. Barinov et al. BEST potential in testing the eV-scale sterile neutrino explanation of reactor antineutrino anomalies, Phys.Rev.D 99 (2019) 11, 111702	DOI (10.1103/PhysRevD.99.111702);
статья	10.04.2018	В.Б. Петков и др. Поиск на БПСТ электронных нейтрино от гравитационно-волновых событий. Письма в ЖЭТФ, т. 107, вып. 7, с. 418 – 421 (2018).	DOI (10.7868/S0370274X18070020);
статья	10.06.2020	А.В. Аврорин и др. Эксперимент Baikal-GVD, Ядерная Физика, т. 83, вып. 6, с. 511-517, (2020).	DOI (10.31857/S0044002720060045);
статья	19.12.2018	A.D. Avrorin et al., Search for High-energy Neutrinos from GW170817 with the Baikal-GVD Neutrino Telescope, JETP Lett. 108 no.12, 787-790 (2018)	DOI (10.1134/S0021364018240025);
статья	25.07.2018	Y.M. Gavrilyuk et al. New Constraints on the Axion-Photon Coupling Constant for Solar Axions. JETP Lett. 107, 589-594 (2018).	DOI (10.1134/S0021364018100090);
статья	23.11.2018	Ю.Н. Ерошенко и др. Возможное объяснение сигнала детектора Geogran во время взрыва сверхновой SN 1987A в моделях с модифицированной гравитацией, ЖЭТФ, Том 155, Вып. 4, стр. 702-710 (2019)	DOI (10.1134/S0044451019040138);
статья	16.03.2021	R.U. Abbasi et al., The Cosmic-Ray Composition between 2 PeV and 2 EeV Observed with the TALE Detector in Monocular Mode, Astrophys.J. 909 (2021) 2, 178	DOI (10.3847/1538-4357/abdd30);
статья	13.10.2020	F. Aharonian et al. Observation of the Crab Nebula with LHAASO-KM2A - a performance study. Chinese Physics C. (2021). V. 45, No 2, Issue(2) : 025002	DOI (10.1088/1674-1137/abd01b);
статья	29.04.2020	F. Aharonian et al. Prospects for a multi-TeV gamma-ray sky survey with the LHAASO water Cherenkov detector array. 2020. Chinese Physics C 44(6), 065001	DOI (10.1088/1674-1137/44/6/065001);
статья	07.11.2019	Yu.F. Novoseltsev et al. Supernova neutrino burst monitor at the Baksan Underground Scintillation Telescope. Astroparticle Physics 117 (2020) 102404	DOI (10.1016/j.astropartphys.2019.102404);

**Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования**

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
31.12.2018	"Нейтринная астрофизика, нейтринная, гамма и гравитационно-волновая астрономия, физика космических лучей, физика и техника нейтринных телескопов в низкофоновых подземных и подводных лабораториях"	AAAA-A16-116022510109-4

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учета реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	225137622.800	237262691.850	245203125.630
Итого	707603440.280	0	0

М.П.

1-6 – заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Физика элементарных частиц, физика высоких энергий, теория калибровочных полей и фундаментальных взаимодействий, космология.

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FFWS-2022-0001

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

Нет данных

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2022	2024

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

МАССА НЕЙТРИНО	СТЕРИЛЬНЫЕ НЕЙТРИНО	БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР	ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ	ФИЗИКА КАОНОВ	С-, Р-, Т-СИММЕТРИИ И ИХ НАРУШЕНИЕ	ДВОЙНОЙ БЕЗНЕЙТРИННЫЙ БЕТА РАСПАД	РЕДКИЕ РАСПАДЫ В-МЕЗОНОВ	ФИЗИКА ЗА РАМКАМИ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ
----------------	---------------------	----------------------------	----------------	---------------	------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------	--------------------------------------

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.05.00 : Физика элементарных частиц. Теория полей. Физика высоких энергий

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обоснование междисциплинарного подхода

1.3.3 : Физика элементарных частиц и квантовая теория поля

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

в) связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики;



Обоснование междотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Тема исследований соответствует трем приоритетным направлениям СНТР: переходу к цифровым, интеллектуальным технологиям, переходу к экологически чистой энергетике и связанности территории РФ.

Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

Целью исследований является построение новых и анализ имеющихся моделей в космологии и физике частиц, в разработке новых методов и подходов в этих областях, в получение новых экспериментальных результатов, создании новых установок и приборной базы. В т. ч.: - Построение космологических моделей, альтернативных инфляции, исследование стабильности таких моделей и их наблюдаемых следствий. Построение или доказательство невозможности существования устойчивых решений типа кротовых нор в теориях с высшими производными. - Проверка гипотезы о первичных черных дырах в качестве частиц темной материи с помощью регистрации (или отсутствию) всплесков гравитационных волн при падении первичных черных дыр на сверхмассивную черную дыру в Центре Галактики. - Изучение свойств потока атмосферных мюонов разных направлений, нейтронов, генерированных ими, а также фона естественной радиоактивности в подземной Лаборатории Гран Сассо с использованием данных эксперимента LVD, накопленных за 20 лет работы детектора. - Проведение расчетов для выделения сигнал/шум в эксперименте NEWSdm по прямому обнаружению частиц темной материи с помощью мелкозернистых эмульсий. - Изучение осцилляций нейтрино и сечений взаимодействий нейтрино с ядрами в эксперименте NovA. Определение иерархии масс нейтрино и параметров осцилляций, измерение фазы CP-нарушения. - Поиск 2K-захвата Xe-124. Поиск безнейтринного квадрупольного e-захвата Xe-124. - Поиск безнейтринного двойного бета распада Mo-100 в составе международной коллаборации AMoRE. - Поиск двойного безнейтринного бета распада ^{76}Ge в составе международной коллаборации GERDA и LEGEND. Увеличение точности измерения угла смешивания θ_{13} осцилляций нейтрино в канале электронные нейтрино - таонные нейтрино в эксперименте Double Chooz. - Измерения иерархии масс нейтрино, прецизионные измерения потоков солнечных нейтрино от 8В, прецизионные измерения потоков реакторных нейтрино в эксперименте JUNO. - Поиск стерильных нейтрино в области масс 0,1-10кэВ в бета-распаде трития. Модернизация многоканального кремниевого детектора. Оценка новых верхних пределов на смешивание электронного и стерильного нейтрино (Троицк-ню-масс). Прямой поиск массы электронного нейтрино (KATRIN). - Вычисление предсказаний различных теорий и моделей, в том числе расширяющих стандартную Модель, для будущих и текущих эксп.: CMS, LHCb, NA64, SHiP и др.. Разработка математического аппарата, в том числе для расчетов высших многопетлевых поправок. - Разработка и создание нейтринных детекторов для экспериментов следующего поколения T2HK с дальним детектором ГиперКамиоканде и DUNE и др.

Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

Все планируемые исследования находятся на переднем крае фундаментальной науки и работы в этих направлениях активно ведутся во всем мире. Причина этого кроется в том, что имеется множество свидетельств неполноты наших знаний о фундаментальных законах микро- и макромира. Так, Стандартная модель (СМ) физики частиц неполна, о чем свидетельствуют ненулевая масса нейтрино и существование темной материи. О неполноте наших знаний о физике космоса свидетельствуют наличие темной энергии во Вселенной, отсутствие самосогласованной теории квантовой гравитации, множество нерешенных или частично решенных в рамках инфляционной парадигмы вопросов, связанных с самыми ранними этапами развития Вселенной. В этой связи особо актуальными становятся теоретические исследования моделей физики частиц, содержащих новые частицы, отвечающие за темную материю, построение моделей самой ранней Вселенной и предсказание их наблюдаемых проявлений, изучение гравитационных волн, физики черных дыр и т.п. Однако определяющим успех фактором будет, безусловно, экспериментальное обнаружение новой физики как в результате прямого открытия новых частиц, эффектов и явлений, так и ее проявления как значимого отклонения от имеющихся предсказаний. В последнем случае особую важность приобретают прецизионные вычисления в рамках имеющихся моделей (СМ, КХД и т.д.) величин, который могут быть измерены в текущих и планируемых экспериментах. Именно на поиск проявлений новой физики направлены, дополняя друг друга, как теоретические, так и экспериментальные исследования, планируемые по теме.



Описание задач, предлагаемых к решению

В ходе выполнения работ по теме предполагается решить следующие основные задачи: - Изучение образования возможности образования гравитационно-связанных структур из частиц тёмной материи, их свойств и возможных наблюдательных проявлений. Исследование аннигиляция тёмной материи и вычисление потоков гамма-квантов, нейтрино, позитронов и антипротонов от аннигиляции частиц тёмной материи в гало Галактики в различных моделях. Получение ограничений на параметры нейтринного сектора из современных данных по крупномасштабной структуре Вселенной. Изучение космологических и астрофизических проявлений аксиоподобной темной материи. Построение новых теорий и моделей, предсказывающих существование частиц — кандидатов на роль темной материи Вселенной. Разработка математического аппарата для описания таких теорий. Новизна результатов будет в новой постановке задач, разработке новых методов расчетов и получении оригинальных выводов. Значимость предсказанных эффектов в случае их обнаружения связана с их возможной ролью в формировании значительной части наблюдаемых потоков гамма-излучения и космических лучей. - Моделирование распределения первичных черных дыр вокруг сверхмассивной черной дыры SgrA* в центре нашей Галактики. Оценка характерной амплитуды и частоты повторяемости всплесков гравитационных волн от падения первичных черных дыр на сверхмассивную черную дыру в центре нашей Галактики. Такие всплески могут регистрироваться с помощью проектируемых космических лазерных интерферометров типа LISA (Laser Interferometer Space Antenna), их регистрация будет прямым доказательством существования первичных черных дыр. - Исследование перспективы проверки различных моделей с лёгкими гипотетическими частицами на установках NA64, FASER, DUNE и др., уточнены ранее полученные оценки из данных отработавших экспериментов CHARM, PS191 и др. - Изучение возмущений в различных калибровках в расширенной теории Хорндески над сферически-симметричным фоновым решением. В частности, в такой теории планируется построить устойчивое статическое решение в виде кротовой норы. Планируется изучить размерную редукцию в теории Хорндески и построить действие с дополнительными, в том числе векторными, полями. Кроме этого, будет продолжено изучение связи между различными подклассами DHOST теории, осуществляемой, в том числе, дисформным преобразованием. - Детальное моделирование рождения частиц легкой темной материи для эксперимента NA64mu с фиксированной мишенью на мюонном пучке, с учетом отклика детектора и его эффективности. Поиск гипотетической векторного бозона Z' , способного объяснить подтвержденную недавно аномалию магнитного момента мюона. - Детальное моделирование рождения скрытых псевдоскалярных частиц, распадающихся на электрон-позитронную пару в эффективном объеме детектора NA64e. - Получение ограничений из анализа экспериментальных данных NA64e за 2016-2019 гг. на пространство параметров модели с псевдоскалярным бозоном X17, который может объяснить недавно обнаруженную аномалию избытка $e+e-$ пар в спектрах изотопа $^8\text{Be}^*$ эксперимента ATOMKI. - Анализ данных детектора LVD, накопленных за 20 лет работы, по исследованию мюонной компоненты космических лучей и естественной радиоактивности, являющихся основными источниками фона в экспериментах по поиску редких событий, проводимых в подземной лаборатории Гран Сассо (LNGS). - Анализ экспериментальных данных первого этапа эксперимента NEWSdm с результатами расчетов для корректного выделения событий взаимодействия темной материи с учетом фоновых событий. - Измерение дифференциальных инклюзивных сечений взаимодействия нейтрино с ядрами в эксперименте NOvA. Поиск эффектов осцилляций в стерильные нейтрино. Определение параметров осцилляций и иерархии масс нейтрино (NOvA и T2K). Поиск стерильных нейтрино в широком диапазоне масс. - Обработка данных за 6 лет эксперимента по поиску 2K-захвата Xe-124. Получение ограничений на период полураспада Xe-124. Набор данных в эксперименте по поиску безнейтринного квадрупольного e-захвата Xe-124. Разработка методики дискриминации событий по форме импульса с целью отбора полезных событий. - Набор данных в эксперименте AMoRE по поиску безнейтринного двойного бета распада Mo-100. - Поиск двойного безнейтринного бета распада ^76Ge в составе международной коллаборации GERDA и LEGEND. - Анализ данных эксперимента Double Chooz с целью получения спектра антинейтрино ядерного реактора. Выделение из измеренного спектра сигнала от отдельных делящихся изотопов. - Разработка и создание методов и средств тестирования детекторных элементов эксперимента JUNO. Монтаж, сборка и отладка элементов эксперимента JUNO. Физический пуск эксперимента JUNO. Начало измерений иерархии масс нейтрино. - Получение более строгих ограничений на смешивание активных и стерильных нейтрино в области масс до 10кэВ на установке Троицк-ню-масс. Эти ограничения имеют фундаментальную значимость для выяснения природы возникновения массы нейтрино. Продолжение набора данных в эксперименте KATRIN.



Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)

В ходе выполнения работ по теме будут получены следующие результаты: - Найдены условия, при которых возможно образование гравитационно-связанных структур из частиц темной материи, исследованы их свойства, а также возможность их обнаружения. Будут вычислены потоки гамма-квантов, нейтрино, позитронов и антипротонов о аннигиляции темной материи в рамках моделей, в которых эта аннигиляция возможна. Будут получены ограничения на параметры таких моделей. Будут получены ограничения на параметры нейтринного сектора из современных данных по крупномасштабной структуре Вселенной. Планируется построить новые теории и модели, предсказывающие существование новых частиц, которые могли бы составлять темную материю Вселенной, а также разработать необходимый математический аппарат для описания таких теорий. - Будет проведено моделирование распределения первичных черных дыр вокруг сверхмассивной черной дыры SgrA* в центре нашей Галактики в рамках модели, в которой черные дыры составляют темную материю Вселенной. Будет вычислена характерная амплитуда и частота повторяемости всплесков гравитационных волн от падения первичных черных дыр на сверхмассивную черную дыру в центре нашей Галактики. Такие всплески могут регистрироваться с помощью проектируемых космических лазерных интерферометров типа LISA (Laser Interferometer Space Antenna), их регистрация будет прямым доказательством существования первичных черных дыр. - Будут выделены характерные сигнатуры моделей с легкими гипотетическими частицами, определены стратегии проверки этих моделей в экспериментах NA64, FASER, DUNE и др., уточнены ранее полученные оценки из данных отработавших экспериментов CHARM, PS191 и др. - Будет построено устойчивое статическое решение в виде кротовой норы в расширенной теории Хорндески. Изучена размерная редукция в теории Хорндески и построено действие с дополнительными, в том числе векторными, полями. Кроме этого, будет продолжено изучение связи между различными подклассами DHOST теории, осуществляемой, в том числе, дисформным преобразованием. - Планируется провести детальное моделирование рождения частиц легкой темной материи для эксперимента NA64mu с фиксированной мишенью на мюонном пучке, с учетом отклика детектора и его эффективности. - Будут получены ограничения на параметры модели, предсказывающей существование гипотетического векторного бозона Z' , способной объяснить подтвержденную недавно аномалию магнитного момента мюона. - Будет проведено детальное моделирование рождения скрытых псевдоскалярных частиц, распадающихся на электрон-позитронную пару в эффективном объеме детектора NA64e. - Будут получены ограничения из анализа экспериментальных данных NA64e за 2016-2019 гг. на пространство параметров модели с псевдоскалярным бозоном X_{17} , существование которого могло бы объяснить недавно обнаруженную аномалию избытка e^+e^- пар в спектрах изотопа $^8\text{Be}^*$ эксперимента ATOMKI. - Будет проведено исследование мюонной компоненты космических лучей и естественной радиоактивности по данным детектора LVD, накопленным за 20 лет работы, которые являются основными источниками фона в экспериментах по поиску редких событий, проводимых в подземной лаборатории Гран Сассо (LNGS). - Будут проведен анализ экспериментальных данных первого этапа эксперимента NEWSdm с результатами расчетов для корректного выделения событий взаимодействия темной материи с учетом фоновых событий. - Планируется измерить дифференциальные инклюзивные сечения взаимодействия нейтрино с ядрами в эксперименте NOvA. Также будет произведен поиск эффектов осцилляций в стерильные нейтрино, определены параметра осцилляций и иерархии масс нейтрино (NOvA и T2K). Будет произведен поиск стерильных нейтрино в широком диапазоне масс. - Будут получены ограничения на период полураспада Xe-124 . Будет произведен набор данных в эксперименте по поиску безнейтринного квадрупольного e^- -захвата Xe-124 . Планируется также разработать методики дискриминации событий по форме импульса с целью отбора полезных событий. - Будет выполнен набор данных в эксперименте AMoRE по поиску безнейтринного двойного бета распада Mo-100 . - Поиск двойного безнейтринного бета распада ^76Ge в составе международной коллаборации GERDA и LEGEND. - Будет получен спектра антинейтрино от ядерного реактора по данным эксперимента Double Chooz. Будут выделены из измеренного спектра сигналы от отдельных делящихся изотопов. - Планируется разработать методы и средства тестирования детекторных элементов эксперимента JUNO. Будет осуществлен монтаж, сборка и отладка элементов эксперимента JUNO. Будет осуществлен запуск эксперимента и начат процесс накопления данных измерений иерархии масс нейтрино. - Будут улучшены ограничения на параметры смешивания активных и стерильных нейтрино в области масс до 10кэВ по данным эксперимента Троицк-ню-масс. Продолжен набор данных в эксперименте KATRIN.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Нет данных



Планируемые показатели на финансовый год

2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	129.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	65.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.250
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	129.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	65.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.250
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2024 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	129.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	65.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.250
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Либанов	Максим	Валентинович	09.04.1971	Доктор физико-математических наук	Профессор	Директор	-	6602353603	Нет данных	Нет данных

Сведения об основных исполнителях



№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Горбунов	Дмитрий	Сергеевич	20.01.1975	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	гнс	F-5407-2017	6701699341	Нет данных	Нет данных
2	Докучаев	Вячеслав	Иванович	16.08.1948	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	внс	Нет данных	7006914337	Нет данных	Нет данных
3	Катаев	Андрей	Львович	21.04.1955	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	внс	Нет данных	7003774613	Нет данных	Нет данных
4	Красников	Николай	Валерьевич	03.05.1951	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	гнс	Нет данных	248279407005	Нет данных	Нет данных
5	Куденко	Юрий	Григорьевич	05.10.1951	Доктор физико-математических наук	Профессор	гнс	R-2484-2016	7004548087	Нет данных	Нет данных
6	Пантуев	Владислав	Сергеевич	21.05.1954	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	внс	E-6027-2012	35227761500	Нет данных	Нет данных
7	Рубаков	Валерий	Анатольевич	16.02.1955	Доктор физико-математических наук	Академик	гнс	Нет данных	7003584545	Нет данных	Нет данных
8	Ряжская	Ольга	Георгиевна	12.05.1941	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	зав. отделом	A-5851-2017	6603850542	Нет данных	Нет данных
9	Ткачев	Игорь	Иванович	12.01.1957	Доктор физико-математических наук	Академик	гнс	Нет данных	7003320970	Нет данных	Нет данных
10	Безруков	Леонид	Борисович	15.04.1945	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	гнс	M-5654-2013	Нет данных	Нет данных	Нет данных
11	Буткевич	Анатолий	Викторович	10.11.1954	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	внс	Нет данных	6603920007	Нет данных	Нет данных
12	Казалов	Владимир	Владимирович	28.04.1982	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	снс	I-3506-2014	15750926300	Нет данных	Нет данных
13	Копылов	Анатолий	Васильевич	16.06.1946	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	снс	Нет данных	7102153278	Нет данных	Нет данных
14	Краснов	Игорь	Вячеславович	03.03.1995	Нет данных	Отсутствует	аспирант	Нет данных	57204696707	Нет данных	Нет данных
15	Баринов	Владислав	Валерьевич	16.10.1994	Нет данных	Отсутствует	аспирант	Нет данных	57213848881	Нет данных	Нет данных



16	Петров	Павел	Константинович	26.07.1996	Нет данных	Отсутствует	аспирант	Нет данны х	57220665 086	Нет да нных	Нет данных
----	--------	-------	----------------	------------	------------	-------------	----------	----------------	-----------------	----------------	------------

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	190.500
Исследователи (научные работники)	93.300
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0.000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	29.300
Техники	15.200
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	52.700

Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа

Коллектив обладает высочайшей квалификацией в области физики высоких энергий, физики частиц и космологии. Им был получен целый ряд пионерских результатов высочайшего уровня в области космологии, многопетлевых вычислений в КХД и квантовой теории поля, конечноэнергетических правил сумм в КХД, по поиску физики вне рамок стандартной модели на LHC и других международных экспериментах, предложены эксперименты на фиксированной мишени по поиску легкой темной материи (NA64 (ЦЕРН), руководитель – сотрудник ИЯИ РАН). Ограничения, полученные в прямом поиске массы активного и параметров смешивания стерильного нейтрино (Троицк-ню-масс, Katrin), являются лучшими в мире. Сотрудники участвуют в работе таких крупных международных коллабораций, как CMS, LHCb, T2K, NOvA, GERDA, JUNO, Double Chooz, KATRIN, OPERA, AMoRE и др. Среди результатов, полученных в последние годы, можно отметить следующие: - В эксперименте NOvA впервые, на высоком доверительном уровне, получены доказательства осцилляций мюонных антинейтрино в электронные, а также указания на иерархию масс нейтрино. - Разработан метод отбора полезных событий в эксперименте по поиску 2K-захвата Хе-124 и поиску безнейтринного квадрупольного e-захвата Хе-124, позволяющий снизить фон до 2000 раз. Получена оценка на период двойного двухнейтринного К-захвата Хе-124 на уровне $T > 7.7 \cdot 10^{21}$ лет. - В эксперименте GERDA получено лучшее в мире ограничение $T > 8 \cdot 10^{25}$ лет на период двойного безнейтринного бета распада изотопа Ge-76. - В эксперименте Double Chooz измерен угол смешивания θ_{13} нейтрино в последнем осцилляционном переходе: электронные нейтрино в таонные. Впервые измерено остаточное нейтринное излучение от остановленного ядерного реактора. - В эксперименте NA64e в ЦЕРНе были получены рекордные ограничения на константы связи электрона со скрытой векторной частицей, которая может служить посредником между темной материей и видимым сектором Стандартной Модели. Установлены ограничения на константы связи гипотетических псевдоскалярных частиц с обычными фотонами Стандартной Модели. - Разработан и создан нейтринный детектор Baby-MIND для эксперименте T2K, создан и протестирован прототип 3D сегментированного нейтринного детектора СуперFGD для экспериментов T2K и DUNE. Полностью завершено создание элементов этого детектора. - Обнаружен первые события распада $K \rightarrow \pi \nu \nu$ в эксперименте NA62 (ЦЕРН). Получены ограничения на параметры смешивания активных и стерильных нейтрино с массами до 500 МэВ - Эксперименте T2K первым получил доказательства осцилляций мюонных нейтрино в электронные, впервые определил величину угла θ_{13} и получил первое указание на CP-нарушение в лептонном секторе и максимальную величину CP нечетной фазы.

**Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования**

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	28.01.2020	M. Libanov, S. Troitsky, "On the impact of magnetic-field models in galaxy clusters on constraints on axion-like particles from the lack of irregularities in high-energy spectra of astrophysical sources", Phys.Lett.B 802 (2020) 135252	DOI (10.1016/j.physletb.2020.135252);
статья	01.01.2016	M. Libanov, S. Mironov, V. Rubakov, "Generalized Galileons: instabilities of bouncing and Genesis cosmologies and modified Genesis", JCAP 1608 (2016) no.08, 037	DOI (10.1088/1475-7516/2016/08/037);
статья	19.09.2019	N. Agafonova et al. (LVD Collaboration) "Characterization of the varying flux of atmospheric muons measured with the Large Volume Detector for 24 years", Phys. Rev. D 100, 062002 (2019)	DOI (10.1103/PhysRevD.100.062002);
статья	11.10.2019	M. A. Acero et al., "First measurement of neutrino oscillation parameters using neutrino and antineutrino by NovA", (NOvA Collaboration), Phys.Rev.Lett, 123, 151803 (2019)	DOI (10.1103/PhysRevLett.123.151803);
статья	18.04.2018	A.V. Butkevich, S.V. Luchuk, "Quasi-elastic neutrino charged-current scattering off ^{12}C : effects of the meson exchange currents and large nucleon axial mass", A.V. Butkevich, S.V. Luchuk, Phys.Rev. C97 (2018), 045502	DOI (10.1103/PhysRevC.97.045502);
статья	24.09.2019	Alenkov, V., Bae, H.W., Beyer, J. et al., "First results from the AMoRE-Pilot neutrinoless double beta decay experiment.", Eur. Phys. J. C 79, 791 (2019)	DOI (10.1140/epjc/s10052-019-7279-1);
статья	18.09.2019	D. Banerjee et al. [NA64 Collaboration], Dark matter search in missing energy events with NA64, Phys. Rev. Lett.123 (2019) no.12, 121801	DOI (10.1103/PhysRevLett.123.121801);
статья	26.03.2018	GERDA Col." Improved Limit on Neutrinoless Double- β Decay of ^{76}Ge from GERDA Phase II "Phys. Rev. Lett. 120, 132503 (2018)	DOI (10.1103/PhysRevLett.120.132503);
статья	20.04.2020	Double Chooz Coll. "Double Chooz θ_{13} measurement via total neutron capture detection", Nature Physics,16, 558-564 (2020)	DOI (10.1038/s41567-020-0831-y);
статья	06.04.2021	S. Mironov, V. Rubakov, V. Volkova, "Superluminality in DHOST theory with extra scalar", JHEP 04 (2021) 035	DOI (10.1007/JHEP04(2021)035);

**Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования**

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
31.12.2018	Физика элементарных частиц, физика высоких энергий, теория калибровочных полей и фундаментальных взаимодействий, космология	AAAA-A16-116022510114-8

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учёта реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	238379674.390	232738819.730	247979852.040
Итого	719098346.160	0	0

М.П.

1-6 – заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Физика атомного ядра, релятивистская ядерная физика

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FFWS-2022-0002

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

Нет данных

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2022	2024

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

релятивистская ядерная физика	ядро-ядерные столкновения	ядерная фотоника	метод обратного комптоновского рассеяния	конверсия мюона на ядре	нейтрон-антинейтронные осцилляции	кварк-глюонная плазма
-------------------------------	---------------------------	------------------	--	-------------------------	-----------------------------------	-----------------------

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.15.00 : Ядерная физика

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обоснование междисциплинарного подхода

1.3.4 : Ядерная физика

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Тема исследований соответствует двум приоритетным направлениям СНТР: переходу к цифровым, интеллектуальным технологиям и переходу к экологически чистой энергетике.



Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

Изучение свойств плотной ядерной материи, образующейся в ядро-ядерных столкновениях, исследование уравнения состояния барионного вещества при плотностях сравнимых с плотностью нейтронных звезд, исследование свойств адронов в ядерной среде с целью поиска явлений, связанных с частичным восстановлением киральной симметрии, исследование фазовых переходов от адронной материи к кваркониевой при высокой барионной плотности, поиск начала деконфаймента, критической точки фазового перехода в состояние кварк-глюонной материи. Исследование свойств ядерной материи, образующейся в ядро-ядерных столкновениях в экспериментах на фиксированных мишенях на установках BM@N (ОИЯИ), NA61/SHINE (CERN), HADES и CBM (GSI/FAIR) и на встречных пучках на установке MPD на ускорительном комплексе NICA (ОИЯИ, Дубна) и ALICE на БАК (CERN, Швейцария). Благодаря высокому разрешению, увеличенной эффективности регистрации событий, возможности выделения редких сигналов, новый многофункциональный детектор ALICE FIT позволит с высокой точностью измерить фундаментальные характеристики кварк-глюонной плазмы и на новом уровне изучить образование адронов, содержащих *s*- и *b*-кварки, дилептонов малой массы и адронных струй как в pp-столкновениях, так и в столкновениях ядер. Измерение сечений образования пионов и каонов в адрон-ядерных взаимодействиях, необходимых для нейтринных экспериментов (J-PARC и FERMILAB) и для экспериментов в области физики космических лучей (Pierre-Auger, KASCADE). Исследование модификации свойств D мезонов в ядерной среде в протон-ядерных реакциях и ядро-ядерных столкновениях. Исследование мультипольности взаимодействия фотонов с ядрами в области пикмезонного резонанса на ускорителе ЛУЭ-8-5 ИЯИ РАН и на лазерно-плазменном ускорителе (МЛЦ МГУ) в рамках нового научного направления «Ядерная фотоника». Исследование фоторождения странности на нуклонах при аномально малых углах рассеяния, изучение механизмов взаимодействия нестабильных мезонов с ядрами в рамках совместных экспериментов GRAAL (Гренобль, Франция) и BGO-OD (Бонн, Германия). Определение низкоэнергетических параметров NN-взаимодействия и выяснения влияния 3N-сил на эти параметры; кластерной структуры легких ядер; исследование структур и механизмов взаимодействия слабосвязанных ядер с ядрами; взаимодействия нейтронов малых энергий с ядрами; получение новых точных данных о нейтронных сечениях. Исследование модификации свойств каскадных гиперонов в ядерной среде, внутренней структуры чармониум-подобных экзотических резонансов, а также возможности наблюдения пентакварковых резонансов по каналам их распадов с открытым флейвором в фотоядерных реакциях. Поиск редких процессов с нарушением сохранения лептонных чисел с уровнем чувствительности превышающем на пять порядков современные ограничения, в международном эксперименте Mu2e. Результатом может быть открытие новой физики на энергетическом масштабе ≈ 1000 ТэВ. Поиск нейтрон-антинейтронных осцилляций.



Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

Проведение измерений на установках ALICE, BM@N, NA61/SHINE, HADES, CBM и MPD/NICA с регистрацией продуктов столкновения ядер с ядрами, протонов с ядрами и протонов с протонами в широком интервале энергий позволит проверить многочисленные теоретические предсказания о фазовом переходе сильно сжатого и нагретого ядерного вещества в состояние кварк-глюонной плазмы и модификаций свойств адронов в ядерной среде. Изучение образования кварк-глюонной плазмы позволит детализировать эволюцию ранней Вселенной, исследовать уравнение состояния барионного вещества при плотностях нейтронных звезд. Изучение модификации свойств мезонов и гиперонов в ядерной среде в адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях является важным для понимания частичного восстановления киральной симметрии квантовой хромодинамики. Исследование свойств ядер и ядерных фрагментов с избытком нейтронов, а также нетривиальными флейворами в рамках топологических солитонных моделей позволит выяснить степень применимости данных моделей в ядерной физике, космологии и астрофизике в широком круге современных задач. Актуальность нового научного направления «Ядерная фотоника» связана не только с новыми направлениями фундаментальных исследований («закрученные» фотоны, нелинейные эффекты квантовой электродинамики и др.), но и с большим инновационным потенциалом (компактные источники релятивистских пучков электронов, протонов, нейтронов, метод фазового контраста в рентгенографии и др.). Актуальность исследований фоторождения мезонов в области нуклонных резонансов обусловлена уникальными характеристиками пучков фотонов для получения новой информации о спиновой структуре нуклонов, о сечениях взаимодействия нестабильных мезонов с ядрами. Актуальность получения новых данных о параметрах NN-взаимодействия связана с оценкой эффекта нарушения зарядовой симметрии ядерных сил, необходимой для дальнейшего развития теоретических моделей, описывающих этот эффект. Актуальность исследования взаимодействий нейтронов малых энергий с ядрами связана с потребностью получения новых точных данных о нейтронных сечениях необходимых при разработке ядерных реакторов нового поколения. Разработка методов и аппаратуры низкофоновых измерений гамма-излучений определяется необходимостью исследования фотоядерных реакций с использованием активационного анализа. Изучение модификации свойств каскадных гиперонов в ядерной среде будет способствовать более полному пониманию плохо изученного барион-барионного взаимодействия в секторе со странностью $S=-2$. Обнаружение экзотических адронных состояний (XYZ , P_c , P_b , P_{cs}) является одной из центральных задач экспериментов CLAS, GlueX, проводимых на ускорительном комплексе CEBAF (США), а также на сооружаемых в США и Китае электрон-ионных коллайдерах. Исследование процессов вне рамок Стандартной модели, таких как нейтрон-антинейтронные осцилляции и процессы с нарушением лептонных чисел, является одной из главных задач современной фундаментальной физики.

Описание задач, предлагаемых к решению



Получение и анализ новых экспериментальных данных с использованием новых подсистем ALICE: FT0, FV0 и FDD. Программная среда будет адаптирована к новым условиям, обеспечивая реконструкцию событий во время процесса сбора данных для их сжатия. Выполнение технических и сервисных задач по обслуживанию и поддержке детекторов FT0, FV0 и FDD эксперимента ALICE, техническое сопровождение набора данных во время 3-го и 4-го сеансов работы LHC. Участие в разработке концепции модернизации эксперимента ALICE после 3-го и 4-го сеансов БАК. Вычисление выходов вторичных ядер, вылетающих вперед нейтронов и протонов в столкновениях ядер на БАК. Будут выполнены работы по интеграции разработанных и изготовленных в ИЯИ РАН передних детекторов на действующих установках BM@N, HADES и NA61/SHINE, а также на создаваемых установках MPD мегапроекта NICA и CBM на ускорительном комплексе FAIR. Эти детекторы будут использоваться в данных экспериментах для определения центральности и ориентации плоскости реакции в ядро-ядерных столкновениях. Будут выполнены энергетические калибровки детекторов, разработаны методы определения центральности в ядро-ядерных столкновениях. Моделирование свойств и рабочих характеристик MPGD-детекторов, в частности, нового прототипа Multi-GEM-детектора и детектора ARICH (проект ALICE-3). Разработка TDR для Multi-GEM-детектора. Разработка новых подходов к построению светочувствительных матриц большой площади с интегрированной считывающей электроникой на основе цифровых SiPM. Проведение экспериментов по изучению мультипольности взаимодействия реальных и виртуальных фотонов с ядрами в области пикми резонанса (вблизи порога) на линейном ускорителе электронов ЛУЭ-8-5 ИЯИ РАН и на лазерно - плазменном ускорителе (совместно с МЛЦ МГУ) в рамках нового научного направления «Ядерная фотоника). Экспериментальное и теоретическое (совместно с МИФИ) исследование свойств силовых функций, энергий и ширин изоскалярных возбуждений среднетяжелых ядер. Исследование фоторождения странности на нуклонах при аномально малых углах рассеяния, а также изучение механизмов взаимодействия нестабильных мезонов с ядрами в рамках совместных экспериментов GRAAL (Гренобль, Франция) и BGO-OD (Бонн, Германия). Впервые будут получены предсказания о сечениях фоторождения ряда гиперонов и мезонов на ядрах вблизи порогов, их распределениях по импульсу в зависимости от их свойств в ядерной среде и от их внутренней структуры. А также предсказания о сечениях фоторождения на протонах и ядрах пентакварков P_c и P_b и их дальнейшего распада по каналам с открытым флейвором для будущих экспериментов на ускорительных комплексах CEBAF (США) и сооружаемых в США и Китае электрон-ионных коллайдерах. Будут разработаны и выполнены эксперименты по исследованию комптоновского рассеяния фотонов в различных поляризационных состояниях: запутанных гамма-квантов, рождаемых при аннигиляции электрон-позитронной пары, и декогерентных гамма-квантов в смешанном состоянии, возникающих при взаимодействии запутанных фотонов с окружающей средой. Развитие статистической модели антинуклон-ядерного взаимодействия для аннигиляции антинейтрона при $n - \bar{n}$ переходе внутри ядра. Применение модели для ядра кислорода при анализе результатов, полученных на глубоководном детекторе Super-Kamiokande. Участие в моделировании детекторов готовящихся экспериментов по поиску нейтрон-антинейтронных осцилляций ($N-\bar{N}$ на ESS, ПИЯФ, DUNE). Подготовка программ по моделированию и реконструкции данных эксперимента Mu2e. Развитие методов, позволяющих повысить точность измерения энергии электронов, что имеет большое значение для повышения уровня чувствительности эксперимента по поиску процесса $\mu \rightarrow e$ конверсии. Разработка нового предложения эксперимента по поиску редкого процесса распад мюона $\mu \rightarrow 3e$ на базе установки Mu2e. Параметры NN-взаимодействия будут определены в различных малонуклонных реакциях в широкой области энергии налетающих частиц. Исследование зависимости этих параметров от энергии налетающих частиц позволит оценить влияние 3N-взаимодействия. Впервые будет проведено прямое определение энергии NN-виртуального синглетного 1S_0 состояния в различных реакциях. Кластерная структура легких слабосвязанных ядер будет исследована на пучках нейтронов, дейтронов и альфа-частиц. Использование созданного активационно-измерительного комплекса на базе W-Be фотонейтронного источника и низкофонового гамма-спектрометра для изучения фотоядерных реакций и реакций фотоделения методами измерения естественной радиоактивности, гамма- и нейтронно-активационного анализа. На выведенном пучке W-Be источника будут получены данные о нейтронных сечениях для средних и тяжелых ядер.

Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)



Будут выполнены работы по интеграции разработанных и изготовленных в ИЯИ РАН передних детекторов на создаваемой установке MPD мегапроекта NICA. Эти детекторы будут использоваться в эксперименте для определения центральности и ориентации плоскости реакции в тяжело-ионных столкновениях. Будут выполнены энергетические калибровки детекторов, разработаны методы определения центральности в ядро-ядерных столкновениях. Разработанные методы могут быть применены в создании детекторов ионизирующего излучения в системах радиационного контроля. Будут получены новые экспериментальные данные в столкновениях тяжелых ионов на действующих установках BM@N, HADES и NA61/SHINE. Разработанные методы определения центральности в ядро-ядерных столкновениях будут использоваться при моделировании и анализе данных для исследования свойств плотной ядерной материи. С помощью подсистем FT0, FV0 и FDD в эксперименте ALICE будут получены новые экспериментальные данные о фундаментальных свойствах кварк-глюонной плазмы, образующейся в столкновениях релятивистских ядер. Для этого будет выполнено экспертное сопровождение детекторов FT0, FV0 и FDD во время набора данных во 3-ем и 4-ом сеансах работы HL-LHC. Будет подготовлена концепция модернизации ALICE после 3-го и 4-го сеансов LHC. Будут вычислены и измерены выходы вторичных ядер в результате столкновений ядер на LHC для оценки тепловой нагрузки на компоненты коллайдера. Будут получены распределения морских кварков и глюонов при больших параметрах Бьеркена, выполнен поиск кварк глюонной плазмы при энергиях в интервале от SPS до RHIC, исследованы спиновые эффекты с поляризованной газовой мишенью. Будут определены параметры, необходимых для анализа космических лучей и для нейтринной астрофизики. Будет проведено детальное изучение процессов рождения кваркониев. Будут получены значения параметров NN-взаимодействия в различных малонуклонных реакциях в широкой области энергии налетающих частиц. Такие данные (например, по энергии NN-виртуального синглетного 1S_0 состояния) необходимы для уточнений ядерных моделей. С помощью активационно-измерительного комплекса на базе W-Be фотонейтронного источника и низкофонового гамма-спектрометра будут продолжены исследования по определению содержания редких элементов в горных породах и по элементному составу атмосферных аэрозолей. Будут измерены нейтронные сечения для средних и тяжелых ядер на выведенном пучке W-Be источника. Данные необходимы для дополнения баз данных и для астрофизических расчетов. Будут получены: - Новые данные о мультипольности взаимодействия реальных и виртуальных фотонов с ядрами, указывающие на роль углового момента фотона в квантово - электродинамических процессах. Разработка на этой основе нового метода заселения спиновых ядерных изомеров для медицинских применений. - Новые методы создания и использования лазерно - плазменных ускорителей на основе фемтосекундных лазеров тераваттной мощности. Разработка на этой основе компактных гамма источников для досмотровых комплексов в рамках нового научного направления «Ядерная фотоника» с целью обеспечения ядерной безопасности и ядерного нераспространения. - Новые экспериментальные и теоретические данные о свойствах радиационных силовых функций и других характеристик изоскалярных гигантских резонансов в ядрах как основа для развития ядерных моделей. - Новые экспериментальные данные о сечениях фоторождения странных мезонов на нуклонах как основа для развития моделей мультипольного анализа. Разработка нового метода изучения механизмов взаимодействия нестабильных мезонов с ядрами, основанная на регистрации нуклонов отдачи как метки соответствующей парциальной реакции. Будут разработаны и выполнены эксперименты по исследованию комптоновского рассеяния фотонов в различных поляризаационных состояниях: запутанных гамма-квантов, рождаемых при аннигиляции электрон-позитронной пары, и декогерентных гамма-квантов в смешанном состоянии, возникающих при взаимодействии запутанных фотонов с окружающей средой. Впервые будут получены предсказания о сечениях фоторождения Кси-гиперонов и X-мезонов на ядрах вблизи порогов, их распределениях по импульсу в зависимости от их свойств ядерной среде и от их внутренней структуры. А также предсказания о сечениях фоторождения на протонах и ядрах пентакварков Pc и Pb и их дальнейшего распада по каналам с открытым флейвором для будущих экспериментов на ускорительных комплексах CEBAF (США), а также на сооружаемых в США и Китае электрон-ионных коллайдерах. Будут выполнены НИОКР детектора для эксперимента по поиску нейтрон-антинейтронных осцилляций на ESS. Будут получены новые экспериментальные результаты по измерению энергии электронов на основе радиочастотного метода регистрации циклотронного излучения электронов в магнитном поле. Это позволит повысить точности измерения энергии электронов в эксперименте Mu2e. Будут разработаны программы по моделированию и реконструкции событий распада мюона $\mu \rightarrow e \nu$ в эксперименте Mu2e.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Нет данных



Планируемые показатели на финансовый год

2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	62.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	18.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.100
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	62.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	18.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.100
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2024 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	62.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	18.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня A и A* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.100
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Ткачев	Игорь	Иванович	12.01.1957	Доктор физико-математических наук	Академик	зав.отделением	AAN-4813-2020	7003320970	Нет данных	Нет данных

Сведения об основных исполнителях



№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Губер	Федор	Фридрихович	13.08.1950	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с	I-4271-2013	7004240979	Нет данных	Нет данных
2	Ивашкин	Александр	Павлович	09.09.1966	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с	B-9725-2014	6603932698	Нет данных	Нет данных
3	Каспаров	Александр	Александрович	20.01.1991	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	н.с., и.о. зав.отделом	AAF-1287-2021	57197048580	Нет данных	Нет данных
4	Каравичева	Татьяна	Львовна	14.09.1951	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	J-2308-2018	35355483300	Нет данных	Нет данных
5	Пшеничных	Игорь	Анатолевич	07.02.1964	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	A-4063-2008	6603620818	1578-2017	https://publons.com/researcher/1260212/igor-a-pshenichnov/
6	Недорезов	Владимир	Георгиевич	13.09.1946	Доктор физико-математических наук	Профессор	г.н.с.	Нет данных	6603768441	Нет данных	Нет данных
7	Мордовской	Михаил	Вадимович	06.04.1956	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с	Нет данных	6506984974	Нет данных	Нет данных
8	Парьев	Эдуард	Яковлевич	20.01.1951	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
9	Голубева	Елена	Сергеевна	02.07.1952	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	Нет данных	24306379500	Нет данных	Нет данных
10	Курепин	Алексей	Борисович	01.05.1936	Доктор физико-математических наук	Профессор	г.н.с.	Нет данных	7003541727	Нет данных	Нет данных
11	Джилкибаев	Рашид	Максудович	01.07.1952	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	6503923887	Нет данных	Нет данных



Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	186.900
Исследователи (научные работники)	91.500
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0.000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	28.700
Техники	15.000
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	51.700

Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа

Коллектив ИЯИ РАН ведёт исследования мирового уровня по физике ядро-ядерных столкновений, физике атомного ядра, участвуя в ведущих международных коллаборациях: ALICE, работающей на Большом адронном коллайдере (CERN, Швейцария), и RD-51 и NA61/SHINE на ускорителе SPS (CERN, Швейцария), HADES и CBM (GSI, Германия) и BM@N, MPD/NICA (ОИЯИ, Дубна). На установке ALICE получены уникальные научные результаты при рекордных энергиях ядро-ядерных столкновений. В частности, изучено образование различных адронов, чармония и ботомония с использованием триггерного детектора T0, ранее разработанного и изготовленного в ИЯИ. В настоящее время при решающем вкладе ИЯИ РАН для ALICE изготавливается и готовится к установке в экспериментальную зону многофункциональный детектор FIT состоящий из трех подсистем: FT0, FV0, FDD. Сотрудники ИЯИ РАН внесли определяющий вклад в изучение ультрапериферических взаимодействий ядер в эксперименте ALICE. Было выполнено моделирование электромагнитной диссоциации средних и тяжелых ядер в их ультрапериферических взаимодействиях. В ИЯИ РАН разработаны и изготовлены передние адронные калориметры для экспериментов BM@N, MPD, CBM и NA61/SHINE, а также передний годоскоп и электромагнитный калориметр для установки HADES. Эти детекторы уже использовались и будут использоваться в действующих экспериментах BM@N, NA61/SHINE и HADES, а также на строящихся установках MPD и CBM для определения центральности и угла плоскости реакции. Получены уникальные экспериментальные данные о свойствах плотной ядерной материи, образующейся в ядро-ядерных столкновениях в действующих экспериментах BM@N, NA61/SHINE и HADES. На нейтронном канале РАДЭКС ИЯИ РАН и циклотроне У-120 НИИЯФ МГУ проводятся исследования малонуклонных реакций, вызванных нейтронами с энергией 10-100 МэВ и заряженными частицами. Получены новые данные о нейтронных сечениях и параметрах NN-взаимодействия. На линейном ускорителе электронов ЛУЭ-8 ИЯИ РАН создан W-Ве источник нейтронов, проводятся фотоядерные и нейтронные исследования. Разработано новое направление исследования фотоядерных реакций, основанное на использовании фемтосекундных лазеров тераваттной мощности. Исследования проводятся в рамках нового направления «ядерная фотоника». Получены пучки релятивистских электронов с малой угловой расходимостью. Обнаружен эффект изменения мультипольности фотопоглощения вблизи порога. Исследовано фоторождение странных мезонов на ядрах в рамках коллаборации «BGO-OD» (Бонн, Германия). Измерена спиновая асимметрия в фоторождении мезонных пар на различных ядрах в рамках коллаборации A2 (Майнц, Германия). Разработана новая модель инклюзивных фотон-, пион- и антикаон-ядерных реакций. Разработаны концепции экспериментов по поиску нейтрон-антинейтронных осцилляций и процессов с нарушением лептонных чисел. Коллектив участвует в подготовке этих экспериментов в составе международных коллабораций N-Nbar ESS (Лунд, Швеция) и Mu2e (Фермилаб, США).



Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	09.12.2020	S. Acharya et al., (ALICE Collaboration), Nature 588 (2020) 232	DOI (https://doi.org/10.1038/s41586-020-3001-6);
статья	29.07.2019	HADES Collaboration, Nature Phys. 15 (2019) 1040	DOI (10.1038/s41567-019-0583-8);
статья	01.09.2020	D. Finogeev T. Karavicheva, D. Serebryakov ¹ , A. Tikhonov, W.H. Trzaska and N. Vozniuk, JINST 15 (2020) C09005	DOI (https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/15/09/C09005);
статья	08.09.2020	S. Morozov, M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, N. Karpushkin, et al., JINST 15 (2020) C09028	DOI (10.1088/1748-0221/15/09/C09028);
статья	01.04.2020	A.Ivashkin, D. Finogeev, M. Golubeva, F. Guber, A. Izvestnyy, Nucl.Instrum.Meth.A 958 (2020) 162240	DOI (0.1016/j.nima.2019.05.081);
статья	13.10.2020	V.G. Nedorezov, A.A. Turinge, Phys. Atom. Nuclei 83, 742-745 (2020).	DOI (https://doi.org/10.1134/S1063778820050178);
статья	01.01.2020	Konobeevski E.S., Afonin A.A., Zuyev S.V., Kasparov A.A., Mitcuk V.V., Mordovskoy M.V., Potashev S.I., Physics of Atomic Nuclei, 83 (2020) 288	DOI (10.1134/S1063778820040146);
статья	05.02.2019	E. S. Golubeva, J. L. Barrow and C. G. Ladd, Phys.Rev.D 99, 035002 (2019)	DOI (10.1103/PhysRevD.99.035002);

Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
31.12.2018	"Физика атомного ядра, релятивистская ядерная физика."	AAAA-A16-116022510108-7

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------



Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учета реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	236805245.410	250397718.280	246271247.360
Итого	733474211.050	0	0

М.П.

1-6 – заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Физика конденсированных сред, материаловедение, в том числе радиационное материаловедение, нейтронная физика, физика и техника источников нейтронов

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FFWS-2022-0003

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

Нет данных

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2022	2024

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

наноструктура	нейтронные сечения	замедление нейтронов	нейтронные взаимодействия	быстрые нейтроны	трансмутация ядерных материалов	твердотельный детектор нейтронов	нейтронный диффрактометр	взаимодействие излучения с веществом	Монте-Карло моделирование
---------------	--------------------	----------------------	---------------------------	------------------	---------------------------------	----------------------------------	--------------------------	--------------------------------------	---------------------------

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.19.00 : Физика твердых тел

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обоснование междисциплинарного подхода

1.3.2 : Физика конденсированного состояния (включая физику твердого тела, сверхпроводимость)

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Тема исследований соответствует двум приоритетным направлениям СНТР: переходу к цифровым, интеллектуальным технологиям и переходу к экологически чистой энергетике.



Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

Получение новых данных о возможностях нейтронных исследований конденсированных сред, развитие методов исследования вещества при экстремальных условиях и регистрации вторичного излучения, моделирование ядерно-физических процессов прохождения частиц в веществе, оптимизация нейтронных источников с протонным драйвером, исследование свойств и синтез новых веществ и материалов в экстремальных условиях методами рассеяния нейтронного, синхротронного излучения в широком диапазоне энергий и длин волн, и с применением широкого спектра экспериментальных методик. в том числе: Расчетно-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. Проведение расчетов в целях решения актуальных задач, возникающих по запросам научных подразделений ИЯИ РАН, а также при сотрудничестве со сторонними организациями. Исследования по физике деления и нейтрон – ядерных взаимодействий. Оптимизация и модернизация нейтронографических установок на импульсных источниках нейтронов «ИН-06» и «РАДЭКС» на базе линейного ускорителя протонов, оснащение современной детектирующей аппаратурой, проведение измерений, а также разработка методических рекомендаций по выбору оптимальных условий экспериментов. Разработка устройств и отработка методик нейтронографических исследований при высоких и низких температурах, при высоких давлениях, в магнитных полях. Модернизация детекторных систем. Развитие технологии создания детекторов на основе сцинтиллятора и кремниевого фотоумножителя. Исследования и разработки устройств детектирования излучений для ядерно-физических комплексов и перспективных технологий. Математическое моделирование ядерных реакций и процессов взаимодействия частиц с веществом. Использование результатов в высокотехнологичных приложениях и фундаментальных исследованиях. Разработка камер высокого давления с алмазными наковальнями для проведения исследований в экстремальных условиях высоких давлений, высоких и низких температур, сильных магнитных полей на синхротронных и нейтронных источниках коллективного пользования и на ядерно-физических и рентгеновских лабораторных установках. Экспериментальные исследования свойств веществ и синтез новых материалов в экстремальных условиях при высоких и сверхвысоких давлениях. Исследование кинетики протяженных радиационных дефектов в металлах при температурах вакансионного распухания. Модернизация W-Be-фотонейтронного источника ИЯИ РАН позволит решить задачу создания мощного источника нейтронов с возможностью формирования заданного спектра нейтронов как внутри источника, так и в выведенном пучке из источника, для решения широкого круга современных задач. Для исследования взаимодействия нейтронов низких энергий с ядрами будут разработаны и внедрены позиционно-чувствительные и времяпролетные спектрометрические устройства детектирования нейтронов. Развитие новых методов исследования фундаментальных взаимодействий при низких энергиях нейтронов.

Актуальность проблемы, предлагаемой к решению



Нейтроны представляют собой мощное средство изучения вещества и фундаментальных взаимодействий. Исторически первые применения нейтронов для исследований были связаны с ядерной физикой и ядерными реакциями. В наши дни наиболее широкое использование нейтронов связано с исследованием вещества в конденсированном состоянии (твердые тела, жидкости, полимеры, биологические объекты) и функциональных материалов, в том числе для ядерной энергетики. Современные научные задачи требуют интенсивных источников нейтронов. С точки зрения производства нейтронов и отвода тепла с мишени, ядерная реакция испарения является более выгодной, чем реакция деления. В настоящее время в мире получают развитие многоцелевые исследования на пучках нейтронных источников испарительного типа, созданных (США, Япония) или создаваемых (Швеция, Китай) на базе сильноточных протонных ускорителей. В Бельгии развивается многоцелевой проект MYRRHA, представляющий собой ADS-систему на базе линейного ускорителя протонов с энергией 600 МэВ. Одно из наиболее амбициозных назначений MYRRHA - работы в области трансмутации младших актинидов и долгоживущих осколков деления. В ИЯИ РАН созданы источники тепловых и эпитепловых нейтронов (spallation типа) на основе сильноточного линейного ускорителя протонов. Развитие Нейтронного комплекса ИЯИ РАН, приборного парка нейтронных исследований и средств математического моделирования для исследований по физике деления, нейтрон-ядерных взаимодействий и конденсированных сред отвечает современной мировой тенденции освоения и развития нейтронных и комбинированных ядерно-физических методов изучения свойств материалов, в том числе для структурных исследований перспективных функциональных материалов. Созданный в ИЯИ РАН на базе линейного ускорителя электронов ЛУЭ-8-5 W-Be-фотонейтронный источник нейтронов ИН-ЛУЭ обеспечивает поток тепловых нейтронов порядка $10^7 - 10^8$ нейтрон/см²•с, сравнимый с потоком реакторных источников нейтронов, нейтронных генераторов и микротронов, при достаточно низком гамма-фоне и удовлетворительных размерах поля облучения. В целом ускоритель электронов ЛУЭ-8-5, W-Be-фотонейтронный источник нейтронов ИН-ЛУЭ и низкофоновая камера с детектором из сверхчистого германия (HPGe) образуют активационно-измерительный ускорительный комплекс для решения фундаментальных и прикладных задач. Разработаны и созданы газовые позиционно-чувствительные детекторы и сцинтилляционные детекторы для исследования поля тепловых нейтронов. Компьютерное моделирование процесса взаимодействия адронов и ядер со сложными макроскопическими мишенями является необходимым этапом широкого круга исследований в фундаментальной и прикладной ядерной физике. Ряд важных научно-технических проблем включает, как необходимый этап их решения, расчетно-теоретические исследования физики ядерно-каскадного процесса в среде. Расчеты генерации нейтронов, тепловыделения и образования нуклидов в протяженных тяжелых мишенях под действием интенсивного пучка протонов ("spallation"-процесс) необходимы в контексте проблем электроядерного бридинга, трансмутации отходов ядерной энергетики и ядерных материалов, при проектировании и разработке интенсивных импульсных источников нейтронов. Структурные материалы перспективных термоядерных реакторов будут находиться в условиях беспрецедентных потоков излучения и тепла, которые пока недостижимы экспериментально. Компьютерное моделирование способно обеспечить качественную и количественную оценку деградации свойств материалов в данных экстремальных условиях и тем самым дополнить имеющиеся экспериментальные результаты. Однако, даже наиболее эффективные коды Монте-Карло не способны описать аккумуляцию радиационных повреждений в металлах с дозами облучения, превышающими 0.1 дпа. Для моделирования эволюции радиационных повреждений металлов при высоких дозах необходимо развитие кинетической теории эволюции структуры. Изучение природы электронных и фазовых переходов при высоком давлении имеет фундаментальную ценность как метод плавного изменения межионных расстояний и углов химических связей в кристалле, что даёт возможность тонкой подстройки структуры к оптимальным или рекордным значениям параметров. Применение же техники высоких давлений для изучения геофизики и особенностей внутреннего строения и динамики Земли и других планет, представляется просто очевидным и единственно возможным экспериментальным методом. Развитие детекторных систем требуется для создания высокоэффективных и оптимальных детекторов для различных применений. В частности, для улучшения параметров нейтронных установок расположенных на ИЯИ РАН. Эти работы включают в себя как моделирование различных форм и параметров детекторов с использованием различных материалов так и создание тестовых детекторов и проведение их испытаний и оптимизацию рабочих параметров существующих детекторов.

Описание задач, предлагаемых к решению

Планируется проведение следующих работ: 4.1. Развитие и применение транспортного кода SHIELD (<http://www.inr.ru/shield/>, <http://www.shieldhit.org>) как инструмента математического моделирования взаимодействия частиц с веществом, включая развитие моделей ядерных реакций. 4.2. Исследования по физике деления и нейтрон-ядерных взаимодействий. Исследование сечений захвата нейтронов методом пропускания нейтронного потока на импульсных нейтронных источниках. 4.3. Развитие экспериментальной базы импульсного нейтронного источника ИН-06 ИЯИ РАН для исследования конденсированных сред. 4.4. Исследования структур перспективных материалов, в том числе при экстремальных нагрузках (высоких давлениях, низких температурах, сильных магнитных полях). 4.5. Моделирование процессов, инициированных пучком протонов линейного ускорителя в установках Нейтронного комплекса ИЯИ, с целью уточнения и оптимизации параметров установок, планирования новых экспериментов и приложений. Совершенствование нейтронных источников. 4.6. Моделирование воздействия облучения на тканеподобные (tissue-like) среды в контексте радиационной защиты пилотируемых космических аппаратов и адронной терапии в онкологии. 4.7. Развитие новых методов исследований на нейтронных источниках. Объектом исследования являются времяпролетные спектры нейтронов на различных пролетных базах и фоновые условия на них. В настоящее



время выполнены измерения времяпролетных спектров на 30-ти метровой пролетной базе 1-го канала реактора ИБР-2 детектором работающим в счетном и токовом (интегральном) режиме. Цель работы - изучение характеристик ГЭК-1 реактора ИБР-2 и создания прототипа установки для измерения времени жизни нейтрона времяпролетным методом. Предполагается - разработка прототипа системы сбора и обработки информации для токового метода регистрации времяпролетных спектров. 4.8. Развитие экспериментальной базы импульсного нейтронного источника РАДЭКС ИЯИ РАН для измерения нейтронных сечений на установке ИНЕС. 4.9. Оптимизация параметров выходного нейтронного канала W-Be фотонейтронного источника и совершенствование методов времяпролетной и позиционно-чувствительной регистрации нейтронов низких энергий, позволяет проводить прецизионные исследования состава биологических объектов, перспективных материалов, веществ, минералов и горных пород с использованием методов гамма- и нейтронно-активационного анализа. Перечисленные работы отвечают как традиционным направлениям экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с целью расширения базы данных и новых знаний для развития на этой основе фундаментальных, прикладных и поисковых работ в смежных областях науки и технологий, включая ядерную энергетику и перспективные материалы, так и развитию нейтронных и комплементарных ядерно-физических методов анализа структуры и свойств веществ. Особое внимание уделяется время-пролётным методам нейтронных исследований. Расчетно-теоретические работы направлены на обоснование новых подходов к созданию интенсивных нейтронных источников испарительного типа, нейтронографических установок, описанию ядерно-физических процессов в конденсированных средах, включая биологические объекты. В том числе планируется на 2022-2024 годы: Монте-Карло моделирование потоков нуклонов и активации в экспериментальных установках ИЯИ РАН с целью их оптимизации. Оценка радиационных условий в космических миссиях под действием космического излучения. Развитие динамических и статистических моделей образования и распада нуклонной и гиперъядерной материи, а также развитие новых теоретических подходов для описания экзотических ядер и ядерной материи со странностью и чармом. Развитие и совершенствование моделей ядерных реакций представляет самостоятельный интерес. Кроме того, качество транспортного кода зависит от включенной в него модели ядерных реакций. Планируются следующие исследования: Развитие динамических и статистических моделей образования и распада нуклонной и гиперъядерной материи. Разработка новых теоретических подходов для описания экзотических ядер и ядерной материи со странностью и чармом. Будут проводиться исследования и работы по развитию экспериментальной базы нейтронных исследований, в том числе: Разработка проектов и оптимизация (с использованием Монте-Карло моделирования) малоуглового дифрактометра на II канале источника ИН-06, дифрактометра на источнике тепловых нейтронов «РАДЭКС». Создание установок, оснащение установок двухкоординатным детектором нейтронов и сцинтилляционными детекторами нейтронов нового типа. Разработка проекта модернизации (с использованием Монте-Карло моделирования) нейтронного рефлектометра «Горизонт» на III канале источника ИН-06. Совершенствование методики нейтронной рефлектометрии на данной установке, в том числе под высокими давлениями. Создание системы измерения давления в камерах, предназначенных для исследований нейтронными методами под высокими давлениями, основанную на фотолюминисценции рубина. Разработка и моделирование камер высокого давления для нейтронной рефлектометрии. Развитие технологии изготовления создания сцинтилляционных детекторов, включая в себя создание ПЧД детектора на основе сцинтиллятора и кремниевого фотоумножителя. Исследования в области сцинтилляционных детекторов, включая в себя исследования материалов, возможных для использования при создании детекторов, тестирования различных вариантов сцинтилляционных детекторов и оптимизации их параметров. Разработка двумерного счетчика тепловых нейтронов и электроники для него. Разработка и изготовление прототипа многоканального сферического дифрактометра с высоким разрешением. Исследования кристаллической структуры, электронных и магнитных свойств веществ в экстремальных условиях, исследование фазовых переходов и построение фазовых диаграмм совместно с ИК РАН (г. Москва), HPSTAR (г. Шанхай, Китай), DESY (синхротрон PETRA-III, г. Гамбург, Германия). Синтез и изучение свойств новых высокотемпературных сверхпроводников в экстремальных условиях высоких давлений совместно с ИК РАН (г. Москва), HPSTAR (г. Шанхай, Китай), DESY (синхротрон PETRA-III, г. Гамбург, Германия), синхротрон ESRF (Гренобль, Франция). Исследование важных минералов для физики Земли, сильно-коррелированных электронных систем и мультиферроиков в экстремальных условиях высоких давлений и криогенных температур совместно с ИК РАН (г. Москва), HPSTAR (г. Шанхай, Китай), DESY (синхротрон PETRA-III, г. Гамбург, Германия). Анализ структурных свойств высокотвёрдых сплавов, методами нейтронной дифракции и малоуглового рассеяния. Оптимизация работы системы нейтронных детекторов. Продолжение работ по комплексным исследованиям перспективных функциональных материалов с помощью рассеяния нейтронов, рентгеновским и мессбауэровским методами. Разработка нового метода измерения времени жизни нейтрона на импульсных источниках нейтронов ЛНИ ИЯИ РАН и ЛНФ ОИЯИ. Проработка возможностей токового метода регистрации времяпролетных спектров. Исследование флуктуаций потоков одномерно движущихся междоузельных атомов, непрерывно генерируемых облучением в каскадах межатомных столкновений, на кинетику ансамбля вакансионных пор в облучаемых металлах. Определение максимальной концентрации вакансионных пор в металлах при каскадном облучении на больших дозах, прогнозируемых в термоядерных реакторах. Исследование изменений характеристик ансамбля вакансионных пор при смене температурных режимов облучения. Разработка спектрометра рассеяния тепловых нейтронов на импульсном источнике «РАДЭКС» Разработка и физическое обоснование перспективных источников нейтронов с плотностью потока тепловых нейтронов на поверхности замедлителей, сопоставимых с Европейским проектом (ESS) (совместно с ОИЯИ). На установке ИНЕС планируется измерение сечений радиационного захвата в области ядерной астрофизики, измерение сечений радиационного захвата и деления, относящихся к ядерной трансмутации, разработка методики неразрушающего способа определения изотопного состава в смесях и изделях по пропусканию резонансных нейтронов. Для идентификации делящихся материалов с использованием регистрации выхода запаздывающих фотонов в реакции фотоделения на нейтронном канале W-Be фотонейтронного источника



будут разработаны новые методики и проведена модернизация установки с целью понижения порога регистрации и уменьшения времени выдержки. Будут внедрены детекторы, позволяющие регистрировать пространственное и энергетическое распределение нейтронов на выходе из канала нейтронного источника.

Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)

Будет продолжено развитие транспортного кода SHIELD (<http://www.inr.ru/shield/>) как инструмента математического моделирования взаимодействия частиц с веществом. Продолжится работа по моделированию процессов, инициированных пучком протонов линейного ускорителя ИЯИ в установках нейтронного комплекса в целях уточнения и оптимизации параметров установок, планирования новых экспериментов и приложений. Исследование и математическое моделирование воздействия облучения на тканеподобные среды остаётся актуальным в контексте радиационной защиты космических миссий, а также для адронной терапии в онкологии, и будет продолжено. Значительный интерес представляет, и будет продолжено, развитие новых теоретических подходов для описания экзотических ядер и ядерной материи со странностью и чармом. а также развитие динамических и статистических моделей образования и распада нуклонной и гиперъядерной материи. Будут разработаны проекты и осуществлена оптимизация (с использованием Монте-Карло моделирования) малоуглового дифрактометра на II канале источника ИН-06, дифрактометра на источнике эпитепловых нейтронов «РАДЭКС». Создание установок, оснащение установок двухкоординатным детектором нейтронов и сцинтилляционными детекторами нейтронов нового типа. Будет разработан проект модернизации (с использованием Монте-Карло моделирования) нейтронного рефлектометра «Горизонт» на III канале источника ИН-06, проведено совершенствование методики нейтронной рефлектометрии на данной установке, в том числе под высокими давлениями. Создание системы измерения давления в камерах, предназначенных для исследований нейтронами методами под высокими давлениями, основанную на фотолюминисценции рубина. Планируемые результаты в работе по разработке и моделированию камер высокого давления для нейтронной рефлектометрии: публикации в журналах «Приборы и техника эксперимента», «Поверхность. Рентгеновские, синхронные и нейтронные исследования.», проект камеры для рефлектометрии. Будет продолжено развитие технологии изготовления создания сцинтилляционных детекторов, включая в себя создание ПЧД детектора на основе сцинтиллятора и кремниевого фотоумножителя. Будут проведены исследования в области сцинтилляционных детекторов, включая в исследования материалов, возможных для использования при создании детекторов, тестирования различных вариантов сцинтилляционных детекторов и оптимизации их параметров. Будет реализована разработка двумерного счетчика тепловых нейтронов и электроники для него, разработка и изготовление прототипа многоканального сферического дифрактометра с высоким разрешением. Осуществим исследование кристаллической структуры, электронных и магнитных свойств веществ в экстремальных условиях, исследование фазовых переходов и построение фазовых диаграмм совместно с ИК РАН (г. Москва), HPSTAR (г. Шанхай, Китай), DESY (синхротрон PETRA-III, г. Гамбург, Германия). Продолжим работы по синтезу и изучению свойств новых высокотемпературных сверхпроводников в экстремальных условиях высоких давлений совместно с ИК РАН (г. Москва), HPSTAR (г. Шанхай, Китай), DESY (синхротрон PETRA-III, г. Гамбург, Германия), синхротрон ESRF (Гренобль, Франция). Проведём исследование важных минералов для физики Земли, сильно-коррелированных электронных систем и мультиферроиков в экстремальных условиях высоких давлений и криогенных температур совместно с ИК РАН (г. Москва), HPSTAR (г. Шанхай, Китай), DESY (синхротрон PETRA-III, г. Гамбург, Германия). Продолжим анализ структурных свойств высокотвёрдых сплавов, методами нейтронной дифракции и малоуглового рассеяния. Проведём оптимизацию работы системы нейтронных детекторов. Продолжим работы по комплексным исследованиям перспективных функциональных материалов с помощью рассеяния нейтронов, рентгеновским и мессбауэровскими методами. Разработка нового метода измерения времени жизни нейтрона на импульсных источниках нейтронов ЛНИ ИЯИ РАН и ЛНФ ОИЯИ. Цель работы - закрыть проблему экспериментальной нейтронной аномалии, заключающейся в принципиальном различии во временах жизни нейтрона, полученных экспериментально пучковым методом и методом хранения ультрахолодных нейтронов. Разрабатывается интегрально-компенсационный метод регистрации времяпролетных спектров нейтронных потоков с высокой импульсной плотностью. Реализуем определение максимальной концентрации вакансионных пор в металлах при каскадном облучении на больших дозах, прогнозируемых в термоядерных реакторах, а также получим зависимости максимальной концентрации вакансионных пор от температуры облучения. Проведём работы по разработке спектрометра рассеяния эпитепловых нейтронов на импульсном источнике «РАДЭКС» Разработка и физическое обоснование перспективных источников нейтронов направлены на разработку предложений по реализации компоновки источников с плотностью потока тепловых нейтронов на поверхности замедлителей, сопоставимых с Европейским проектом (ESS) (совместно с ОИЯИ). Будет проведено измерение сечений радиационного захвата в области ядерной астрофизики, разработка методики неразрушающего способа определения изотопного состава в смесях и изделиях по пропусканию резонансных нейтронов. Предполагается оптимизация параметров выходного нейтронного канала W-Be фотонейтронного источника и совершенствование методов времяпролетной и позиционно-чувствительной регистрации нейтронов низких энергий. Это позволит проводить прецизионные исследования состава биологических объектов, перспективных материалов, веществ, минералов и горных пород с использованием методов гамма- и нейтронно-активационного анализа. Предполагается модернизация установки активационно-измерительного комплекса на базе W-Be фотонейтронного источника и низкофонового гамма-спектрометра с целью понижения порога регистрации и уменьшения времени выдержки. Это необходимо для идентификации делящихся материалов с использованием регистрации выхода запаздывающих фотонов реакции фотоделения. Будут внедрены новые позиционно-чувствительные детекторы, позволяющих регистрировать пространственное и энергетическое распределение нейтронов на выходе из канала нейтронного источника. Это позволит исследовать образцы кристаллов, поликристаллов и биомолекул методами малоуглового и дифракционного рассеяния нейтронов.

**Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное**

Нет данных

Планируемые показатели на финансовый год

2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	8.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	2.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.125
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	8.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	2.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.125
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2024 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	8.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	2.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.125
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Коптелов	Эдуард	Алексеевич	20.03.1946	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	заведующий ЛНИ	-	6507873944	Нет данных	Нет данных

Сведения об основных исполнителях



№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на веб-страницу
1	Сидоркин	Станислав	Фёдорович	12.01.1952	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с. ЛНИ, и.о. зав сектором	Нет данных	6507146510	Нет данных	Нет данных
2	Садыков	Равиль	Асхатович	18.12.1949	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с. ЛНИ, и.о. зав сектором	Нет данных	35330833700	Нет данных	Нет данных
3	Соболевский	Николай	Михайлович	06.04.1944	Доктор физико-математических наук	Профессор	г.н.с. ЛНИ	Нет данных	6603062884	Нет данных	Нет данных
4	Алексеев	Андрей	Алексеевич	09.10.1965	Отсутствует	Отсутствует	н.с.	Нет данных	7004320687	39727	Нет данных
5	Аксенов	Сергей	Николаевич	28.03.1986	Отсутствует	Отсутствует	м.н.с.	Нет данных	41261138400	Нет данных	Нет данных
6	Ботвина	Александр	Степанович	02.11.1957	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
7	Гаврилюк	Александр	Григорьевич	10.12.1960	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	G-1317-2011	7006727618	Нет данных	Нет данных
8	Кузнецов	Валерий	Леонидович	10.10.1948	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
9	Кузнецова	Евгения	Васильевна	10.09.1950	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
10	Семенов	Алексей	Алексеевич	31.07.1960	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	Нет данных	7402496664	Нет данных	Нет данных
11	Трунов	Дмитрий	Николаевич	20.04.1989	Отсутствует	Отсутствует	м.н.с.	A-9079-2014	56049357900	751722	Нет данных
12	Джилкибаев	Рашид	Максудович	07.01.1952	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	6503923887	Нет данных	Нет данных
13	Каспаров	Александр	Александрович	20.01.1991	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	и.о. заведующего ЛАЯ	AAF-1287-2021	57197048580	Нет данных	Нет данных
14	Мордовской	Михаил	Вадимович	06.04.1956	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	6506984974	Нет данных	Нет данных
15	Поташев	Станислав	Ильич	26.02.1956	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	AAP-6962-2020	Нет данных	Нет данных	Нет данных



16	Литвин	Василий	Сергеевич	26.10.1983	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	н.с	Нет данных	26423206300	Нет данных	Нет данных
----	--------	---------	-----------	------------	-------------------------------------	-------------	-----	------------	-------------	------------	------------

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	110.700
Исследователи (научные работники)	54.200
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0.000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	17.000
Техники	8.900
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	30.600

Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа

В ИЯИ РАН создан комплекс нейтронографических установок 1-ой очереди на базе импульсного источника нейтронов ИН-06: дифрактометр монокристаллов «Кристалл», дифрактометр для исследований под высокими давлениями «Геркулес», многофункциональный нейтронный спектрометр МНС, и нейтронный рефлектометр-малоугловой спектрометр «Горизонт». Имеются нейтроноводы и устройства коллимации пучка, нейтронов и система сбора и обработки спектров, а также установка ИНЕС для измерения нейтронных сечений по методу времени пролета. Были разработаны и успешно апробированы детекторы нейтронов нового типа на основе твердотельных фотоумножителей. Проводится оснащение установок этими детекторами. Также установка «Горизонт» была дооборудована двухкоординатным детектором с системой позиционирования. Также имеется опыт оптимизации нейтронографических установок с помощью Монте-Карло моделирования. Создан комплекс экспериментальных установок для проведения исследований в экстремальных условиях высоких давлений и низких температур. В Институте ядерных исследований РАН имеется большой научный задел в области расчетно-теоретических исследования процессов взаимодействий частиц и ядер средних и высоких энергий со сложными средами, включая процессы генерации и переноса нейтронов и других частиц, энерговыделения в мишенях, образования и трансмутации нуклидов, воздействия облучения на материалы, включая биологическую ткань. Активно ведутся разработки в области альтернативных материалов для создания детекторов, в частности на основе сцинтиллятора и кремниевых фотоумножителей (SiPM) В ИЯИ РАН на линейном ускорителе электронов ЛУЭ-8 создан фотонейтронный источник нейтронов и активационно-измерительный комплекс на базе низкофонового гамма-спектрометра, сцинтилляционных и позиционно-чувствительных детекторов нейтронов, а также система регистрации времяпролетных спектров. Разработана методика регистрации тепловых нейтронов с использованием активационных, газовых и сцинтилляционных детекторов.

Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
--	-----------------	--------------------------	---------------



статья	01.01.2020	Semenov A.A., Koptelov E.A. Absence of random voids in the spatially ordered void ensemble, Journal of Nucl. Mater, 537 (2020), 152212	DOI (https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2020.152212);
статья	01.01.2019	Афонин А. А., Зуев С. В., Конобеевский Е. С. Исследование спектра тепловых нейтронов фотонейтронного W-Be-источника ИЯИ РАН // Физика элементарных частиц и атомного ядра, т. 50, вып. 5, с. 691-696	DOI (10.1134/S1063779619050022);
статья	01.01.2019	Rybakov A., Demikhov E., Kostrov E., Litvin V., Sobolevsky N., Latysheva L., Borisenko N. Cryogenic setup for MJ class laser targets // Laser and Particle Beams, Vol. 37(1), p. 25-29	DOI (doi:10.1017/S0263034619000077);
статья	01.01.2020	Vasilyev I.A., Djilkibaev R.M., Hlustin D.V. Investigation of the Pulse Shape in a ³ He Counter under Neutron Irradiation // Instruments and Experimental Techniques, 63(2), 2020, p. 146-153	DOI (10.1134/S0020441220010236);
статья	01.01.2018	Марин В.Н., Садыков Р.А., Трунов Д.Н., Литвин В.С., Аксенов С.Н. Кольцевой детектор нейтронов для времяпролетного дифрактометра, состоящий из линейных сцинтилляционных детекторов на основе кремниевых фотоумножителей /Приборы и техника эксперимента, № 1, 2018, С. 5-12	DOI (10.7868/S003281621801007X);
статья	01.01.2018	Gavrilov S.A., Latysheva L.N., Lebedev S.G., Sobolevsky N.M., Feschenko A.V. Stand for Studying the Effect of Proton Irradiation on Integrated Circuits: Estimation of Particle Fluxes, Activation, and Dose Rate, // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, Vol. 12, Issue 5, 2018, pp 1041-1046	DOI (https://doi.org/10.1134/S1027451018050257);
статья	01.01.2019	Norbury J.W., Slaba T.C., Aghara S., Badavi F.F., Blattnig S.R., Cloudsley M.S., Heilbronn L.H., Lee K., Maung K.M., Mertens C.J., Miller J., Norman R.B., Sandridge C.A., Singleterry R., Sobolevsky N., Spangler J.L., Townsend L.W., Werneth C.M., Whitman K., Wilson J.W., Xu S.X., Zeitlin C. Advances in Space Radiation Physics and Transport at NASA // Life Sciences in Space Research, 2019, № 22, 98-124	DOI (https://doi.org/10.1016/j.lssr.2019.07.003);
статья	01.01.2019	Norbury J.W., Latysheva L., Sobolevsky N. Light ion double-differential cross section parameterization and results from the SHIELD transport code // Nucl. Instr. Meth., A947, 2019, 162576	DOI (https://doi.org/10.1016/j.nima.2019.162576);
статья	01.01.2019	Buyukcizmeci N., Botvina A.S., Ogul R., Ergun A., Bleicher M. Production of Lambda-hypernuclei and evaluation of their binding energies via the double yield ratio // Eur. Phys. J., A 55, 2019.	DOI (DOI 10.1140/epja/i2019-12672-y);
статья	01.01.2020	Baznat M., Botvina A., Musulmanbekov G., Toneev V., Zhezher V. Monte-Carlo Generator of Heavy Ion Collisions DCM-SMM, Physics of Particles and Nuclei Letters, v.17 (no.3), p.303-324	DOI (10.1134/S1547477120030024);

**Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования**

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
31.12.2018	"Физика конденсированных сред, материаловедение, в том числе радиационное материаловедение, нейтронная физика, физика и техника источников нейтронов"	AAAA-A16-116022510111-7

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учёта реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	103465631.050	109508843.750	116644662.780
Итого	329619137.580	0	0

М.П.

1-6 – заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Физика и техника ускорителей; физика пучков заряженных частиц

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FFWS-2022-0004

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

Нет данных

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2022	2024

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

сильноточный ускоритель	источник протонов	инжектор протонов	инжектор протонов	автоматизация ускорителя	поляризованный ион	адронный коллайдер	диагностика пучков	форма сгустка	светимость пучка
-------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------	------------------

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.15.19 : Ядерные реакции

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обоснование междисциплинарного подхода

1.3.4 : Ядерная физика

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Тема исследований соответствует двум приоритетным направлениям СНТР: переходу к цифровым, интеллектуальным технологиям и переходу к экологически чистой энергетике.



Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

Целью исследований является поддержание работоспособности сильноточного линейного ускорителя протонов и каналов транспортировки пучков экспериментального комплекса ИЯИ РАН, повышение надежности и устойчивости его работы, модернизация систем ускорителя и экспериментального комплекса, повышение параметров ускорителя, расширение возможностей ускорителя, разработка новых ускорителей и элементов таких ускорителей. Длительность сеансов работы ускорителя определяется экономическими возможностями и должна быть не менее полутора тысяч часов в год. Планируется постепенное повышение энергии пучка с имеющихся в настоящее время 267 МэВ до 423 МэВ в 2024 году. Поскольку имеются задачи, требующие ускоренного пучка отрицательных ионов водорода, необходимо провести модернизацию инжектора и инжекционного тракта пучка отрицательных ионов водорода и обеспечить устойчивое ускорение такого пучка до энергии сотен мегаэлектронвольт. Будут начаты исследования по формированию пучков атомарного водорода. Будут проводиться работы по разработке новых ускорителей, предназначенных как для прикладных, так и фундаментальных исследований, а также узлов и элементов ускорителей, прежде всего ускоряющих структур, источников ионов, устройств диагностики в сотрудничестве с российскими и зарубежными ускорительными центрами.

Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

В ИЯИ РАН работает сильноточный линейный ускоритель ионов водорода с проектной энергией 600 МэВ и проектной интенсивностью до 500 мкА среднего тока. В настоящее время обеспечивается ускорение только протонов, а реальные рабочие параметры составляют: энергия 267 МэВ, интенсивность 150 мкА. Несмотря на то, что проектные параметры не были достигнуты, и с существующими параметрами ускоритель является крупнейшим линейным ускорителем протонов в Европе и одним из крупнейших в мире. Продолжительность сеансов работы ускорителя определяется, прежде всего, экономическими возможностями и составляет около двух тысяч часов в году. Пучок ускорителя используется для исследований по целому ряду направлений, как фундаментального, так и прикладного характера. Основными потребителями пучка являются нейтронный комплекс, радиоизотопный комплекс, комплекс протонной терапии, а также недавно созданный экспериментальный стенд для исследования влияния ускоренного пучка протонов различных энергий на узлы радиоэлектронной аппаратуры. Хотя ускоритель и обеспечивает потребности широкого круга пользователей, в то же время текущие параметры ускорителя и его возможности не отвечают современным требованиям и уступают параметрам установок, созданным в последние годы и создаваемым в настоящее время в ряде развитых стран. По этой причине необходима постоянная модернизация всего комплекса с целью увеличения мощности в пучке и приближения к проектным параметрам. Также в последние годы в связи с износом и старением оборудования остро встал требующий немедленного решения вопрос надежности и устойчивости работы ускорителя. При разработке, создании и эксплуатации существующего ускорительного комплекса и иных физических установок в ИЯИ РАН накоплен богатый опыт, который востребован при разработке новых ускорителей для прикладных и фундаментальных применений, а также узлов и элементов ускорителей в сотрудничестве с иными российскими и зарубежными ускорительными центрами.

Описание задач, предлагаемых к решению

Учитывая возраст оборудования, для обеспечения работоспособности ускорителя необходимо проведение профилактических работ практически по всем системам, включая даже общеинженерные системы, такие, как системы электропитания, системы охлаждения. Необходима постоянная модернизация основных технологических систем (инжекторы протонов и отрицательных ионов водорода, системы ВЧ питания, ускоряющая система, вакуумная система, система питания электромагнитного оборудования, система диагностики, система управления). Необходимо решение проблемы снижения надежности и устойчивости работы ускорителя, обострившейся в последние годы в связи с износом и старением оборудования. Необходимо обеспечить устойчивое ускорение пучка отрицательных ионов водорода до энергии сотни мегаэлектронвольт и начать исследования по получению пучков атомов водорода. Также необходима модернизация каналов транспортировки пучка экспериментального комплекса. Накопленный опыт будет использован при разработке новых ускорителей, а также узлов и элементов ускорителей, прежде всего ускоряющих структур, устройств диагностики и источников ионов, в сотрудничестве с российскими и зарубежными ускорительными центрами



Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)

Обеспечение регулярной работы сильноточного линейного ускорителя протонов и ионов водорода в сеансах. Модернизация основных систем ускорителя. Повышение энергии ускоренного пучка. Обеспечение ускорения пучка отрицательных ионов водорода до энергий сотни мегаэлектронвольт и проведение исследований по формированию пучков атомарного водорода. Разработка и создание источников отрицательных ионов водорода, источников поляризованных частиц, эффективных ускоряющих структур, устройств диагностики для проектируемых и создаваемых ускорителей в сотрудничестве с российскими и зарубежными ускорительными центрами. Разработка линейных ускорителей ионов для прикладных, прежде всего медицинских, целей. Изучение спин-орбитального движения поляризованных пучков протонов и дейтронов и развитие методов управления поляризациями.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Нет данных



Планируемые показатели на финансовый год

2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	3.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.200
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	3.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.200
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2024 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	3.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня A и A* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.200
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Фещенко	Александр	Владимирович	06.03.1955	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	зам. директора	-	6602691678	Нет данных	Нет данных



Сведения об основных исполнителях

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Серов	Валерий	Львович	06.11.1942	Нет данных	Отсутствует	главный инженер	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
2	Парамонов	Валентин	Витальевич	06.11.1951	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	S-7646-2016	7006181081	3817-4143	Нет данных
3	Сеничев	Юрий	Валерьевич	31.07.1952	Доктор физико-математических наук	Профессор	в.н.с.	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
4	Белов	Александр	Степанович	27.02.1948	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	зав. лаб.	J-8359-2018	Нет данных	Нет данных	https://orcid.org/0000-0002-5725-7419
5	Гаврилов	Сергей	Александрович	16.12.1986	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	зав. лаб.	D-3484-2014	Нет данных	Нет данных	Нет данных

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	34.400
Исследователи (научные работники)	16.800
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0.000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	5.300
Техники	2.800
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	9.500

Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа

Сильноточный линейный ускоритель протонов работает в ИЯИ РАН около 30 лет. Регулярные сеансы на физические и прикладные задачи проводятся с 1993 года. За прошедшие годы проведено 142 сеанса общей продолжительностью свыше 50 тысяч часов. Накоплен богатый опыт ускорения сильноточных пучков и работы с соответствующим оборудованием. Имеется коллектив, обеспечивающий работу и модернизацию ускорителя, и имеющий достаточный опыт и квалификацию для проведения дальнейшей модернизации комплекса. За работы по разработке, сооружению и вводу в научную эксплуатацию сильноточного линейного ускорителя ИЯИ РАН премией Правительства РФ в области науки и техники были отмечены шесть сотрудников Института. В коллективе трудятся шесть лауреатов премии РАН имени В.И.Векслера. Разработки, выполненные учеными и инженерами, работающими на линейном ускорителе ИЯИ РАН, используются во многих ускорительных центрах России и всего мира (ОИЯИ, ИФВЭ, ЦЕРН (Швейцария), DESY (Германия), GSI (Германия), FZJ (Германия), STFC (Англия), KEK (Япония), JPARC (Япония), ORNL (США), LANL (США) и др.). За последние пять лет участниками темы опубликовано более 100 научных работ.



Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	01.01.2020	PRstAB, v 23, p. 014401 (2020)	DOI (10.1103/PhysRevAccelBeams.23.014401);
статья	01.01.2020	Nature Photonics. V. 14, p. 650 (2020)	Web of science (10.1134/S1547477120040366);
статья	01.01.2020	Physics of Particles and Nuclei Letters, v. 17, n. 4, pp. 624-628, 2020	DOI (10.1134/S1547477120040366);
статья	01.01.2020	JINST 15 P09005	DOI (10.1088/1748-0221/15/09/P09005);
статья	01.01.2020	Y. Senichev and A. Aksentyev 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1686 012068	DOI (10.1088/1742-6596/1686/1/012068);
статья	01.01.2019	S. Bragin, A. Feschenko, S. Gavrilov et al. 1238 (2019) 012066.	DOI (10.1088/1742-6596/1238/1/012066);
статья	01.01.2019	A.A.Zavadtsev, N.I.Brusova, V.V.Paramonov1 et. al. Journal of Physics: Conference Series, 1238 (2019) 012062	DOI (10.1134/S1547477120040366);
статья	01.01.2021	C. Amsler, M. Antonello, A.Belov et. al., Communications Physics 4, 19 (2021)	DOI (https://doi.org/10.1038/s42005-020-00494-z);
статья	01.01.2020	M. Antonello, A. Belov et. al., PHYSICAL REVIEW A, 102, 013101 (2020)	DOI (https://doi.org/10.1103/PhysRevA.102.013101);
статья	01.01.2019	A. S. Belov, D. A. Chermoshentsev, S. A. Gavrilov et. al., Instruments and Experimental Techniques, 2019, Vol. 62, No. 5, pp. 609-614. Published in Pribory i Tekhnika Eksperimenta, 2019, No. 5, pp. 19-25.	DOI (https://doi.org/10.1134/S002044121905004X);
статья	01.01.2019	C. Amsler, M. Antonello, A. Belov et. al., NIM B, B 457 (2019) 44-48	DOI (https://doi.org/10.1016/j.nimb.2019.07.015);



статья	01.01.2020	F. Mueller, Y.Senichev, et al., EPJ A v. 56:211	DOI (https://doi.org/10.1140/epja/s10050-020-00215-8);
--------	------------	---	---

Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
31.12.2018	"Физика и техника ускорителей; физика пучков заряженных частиц"	AAAA-A16-116022510112-4

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учета реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	48977791.720	51789086.310	55094620.290
Итого	155861498.320	0	0

М.П.

1-6 - заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Междисциплинарные исследования, прикладная ядерная физика, радиоизотопные исследования, ядерная медицина, проблемы экологической безопасности, информационные технологии в экспериментальной и теоретической физике

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FFWS-2022-0005

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

Нет данных

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2022	2024

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

лучевая терапия; формирование пучков; сочетанное облучение; радиобиологическая эффективность; фантом; источник излучения; производство изотопов; генератор позитронов; радионуклид; радиационная защита; информационное обеспечение,	лучевая терапия	формирование пучков	сочетанное облучение	радиобиологическая эффективность	источник излучения	производство изотопов	генератор позитронов	радионуклид	радиационная защита
--	-----------------	---------------------	----------------------	----------------------------------	--------------------	-----------------------	----------------------	-------------	---------------------

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.15.19 : Ядерные реакции

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обонование междисциплинарного подхода

1.3.2 : Физика конденсированного состояния (включая физику твердого тела, сверхпроводимость)	1.3.3 : Физика элементарных частиц и квантовая теория поля	1.3.4 : Ядерная физика
--	--	------------------------

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Тема исследований находится на стыке нескольких областей фундаментальной физики: ядерной физики, физики элементарных частиц, физики конденсированного состояния.



Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

в) переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных);

Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Тема исследований соответствует трем приоритетным направлениям СНТР: переходу к цифровым, интеллектуальным технологиям, переходу к экологически чистой энергетике, переходу к персонализированной медицине.

Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования



Теоретические оценки и тестовые облучения экспериментальных ториевых мишеней показывают, что потенциал способа получения актиния-225 в результате взаимодействия тория с протонами средних энергий в десятки раз превышает другие существующие методы. За один 10-дневный сеанс облучения ускоритель ИЯИ РАН способен наработать больше актиния-225, чем его нынешнее годовое производство. Целью исследований является реализация потенциала данного метода. Для этого будет исследовано взаимодействие металлического тория с различными материалами с целью изготовления ториевых мишеней в герметичной оболочке, выдерживающих высокие радиационные и тепловые нагрузки, возникающие при взаимодействии с интенсивным пучком протонов средних энергий, а также испытания таких мишеней на высокоинтенсивном пучке протонов ускорителя ИЯИ РАН. При разработке эффективной технологии выделения актиния-225 медицинского качества из облученных ториевых мишеней будут испытаны эффективные способы радиохимического разделения, включая использование новых экстрагентов, хелаторов, экстракционно-хроматографических смол. Предполагается получение результатов по изучению радиационной и радиолитической стойкости используемых материалов, необходимых для оптимизации выделения актиния-225 и масштабирования технологии для переработки высокооблученных мишеней в условиях горячих камер. Будут проведены исследования хроматографического, экстракционного и газохимического поведения радионуклидов Ac-225 и дочернего Bi-213 в различных средах, направленные на получение продукта Bi-213 высокой степени очистки не только от Ac-225, но и от примесного Ac-227 и продуктов его распада, образующегося при облучении тория. По результатам исследований будут оптимизированы лабораторные Ac-225/Bi-213 генераторные системы с целью создания на их основе радиофармацевтических модулей для проведения лабораторных, биологических и медицинских испытаний. Цель исследования по направлению генератора Sr-82/Rb-82 – разработка метода и технологии изготовления генераторов рубидия-82 повышенной (по сравнению с известными в настоящее время генераторами) производительностью и эксплуатационной надежностью, что приведет к минимизации вероятности попадания в пациентов изотопов стронция даже при очень длительной эксплуатации генератора. Проведение радиобиологических исследований с использованием живых опухолевых и нормальных клеток с целью разработки новых методов повышения эффективности различных видов лучевой терапии (дистанционная терапия с протонами, фотонами и рентгеновским излучением, контактная лучевая терапия) и сочетанной терапии, выработка рекомендаций и требований к технологии брахитерапии с использованием иттербиевых источников с керамическими сердечниками; получение новых данных по относительной биологической эффективности протонной лучевой терапии с высокой конформностью и сочетанной лучевой терапии с использованием протонных и фотонных пучков, исследование направлений и перспектив сочетания фотодинамической терапии и лучевой терапии с фотонным и излучением фотонов при лечении ряда распространенных злокачественных новообразований. Научные результаты исследований будут состоять в физических основах методов конформного облучения опухолей с минимизацией лучевых повреждений нормальных тканей и здоровых органов. Эти результаты будут востребованы в медицинской радиологии при разработке практических методик лучевой терапии опухолей. Вариации концентрации радона в воздухе, как один из ряда факторов, предшествующих землетрясениям или сопровождающих их, изучаются более двадцати лет. Обычно для измерения концентрации радона в воздухе используют детекторы, регистрирующие α -частицы от распада ^{222}Rn и его дочерних ядер, β -частицы и γ -кванты от распадов дочерних продуктов радона. Земная кора является возможным источником нейтронов образующихся в (α, n) -реакциях при распаде радиоактивных газов радона и торона. В работе «Связь вариации потока тепловых нейтронов из земной коры с лунными периодами и сейсмической активностью» (Алексеев В.В., Гаврилюк Ю.М., Громушкин Д.М. и др. // Физика земли, №8, с. 91-100, 200.) в качестве ещё одного метода измерения вариаций концентрации радона в поверхностном слое грунта предложено регистрировать тепловые нейтроны, рождающиеся в (α, n) -реакциях на ядрах элементов, входящих в состав грунта, и частично выходящих в приземный слой воздуха. Также в этой работе показана корреляция между потоком тепловых нейтронов из грунта и приливными эффектами в земной коре. Там же показано повышение потока тепловых нейтронов из грунта преддверие сейсмической активности вблизи места расположения детектора. Кроме того, поток нейтронов в подземных лабораториях является критическим фактором при оценке фона в низкофоновых экспериментах, таких как эксперименты по поиску двойного бета распада, поиск темной материи и т. д. Цель работы — выявление и исследование процессов выделения (экскаляция) изотопов ^{222}Rn и ^{220}Rn из объектов окружающей среды в воздух подземных низкофоновых лабораторий и установок, разработка методов снижения и стабилизации уровня радиоактивного фона, создаваемого распадами изотопов радона и их дочерних продуктов в детекторах низкофоновых установок. Целью исследования является разработка новых перспективных материалов и приборов. Исследование аномального электромагнетизма в углеродных конденсатах, исследование наноконструктивных резонаторов, разработка перспективных методов детектирования нейтронов. Для дальнейшего совершенствования производства защитных средств, организации регламентных проверок средств индивидуальной защиты (СИЗ), находящихся в эксплуатации, и экспертных оценок импортных изделий будут проведены испытания радиационно-защитных свойств материалов. Характеристики радиационно-защитных свойств материалов, применяемых при изготовлении спецоборудования, будут исследованы различными методами: по поглощению гамма и бета-излучения, по характеристическому рентгеновскому излучению. Элементный состав материалов будет исследован с помощью нейтронно-активационного анализа. Многокамерный детектор электронов позволит исследовать коэффициент ослабления бета-излучения, а также проводить анализ дозового распределения внутри биологической ткани. Определить возможное место ADS в атомной энергетике в сравнении с быстрыми реакторами и гибридными термоядерными реакторами.



Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

В настоящее время одним из наиболее эффективных способов лечения онкологических заболеваний является таргетная альфа-терапия – направление ядерной медицины, связанное с использованием альфа-излучающих радионуклидов. α -Частицы обладают коротким пробегом в живой ткани, выделяя при этом значительное количество энергии. Будучи доставленными в опухоль, α -эмиттеры эффективно уничтожают раковые клетки при минимальном поражении окружающих здоровых органов. Благодаря радиофизическим и химическим свойствам, актиний-225 и продукт его распада висмут-213 являются одними из наиболее перспективных. Проводятся клинические испытания радиофармпрепаратов на основе данных радионуклидов для терапии различных онкологических заболеваний, включая лейкемию, меланому, опухоли мозга, рак поджелудочной железы и простаты. Препятствием для перехода к рутинной медицинской практике являются ограниченные возможности производства Ac-225. Сейчас Ac-225 для ядерной медицины получают из долгоживущего Th-229, накопленного в U-233, наработанном в середине прошлого века для оружейных целей, общее годовое производство не превышает 2 Кюри. Другие разрабатываемые методы основываются на облучении высокоактивного Ra-226, эти методы опасны и еще далеки от эффективного крупномасштабного использования. В ИЯИ РАН разрабатывается перспективный способ получения Ac-225 облучением тория протонами средних энергий. Крупномасштабные программы по развитию данного метода получения Ac-225 реализуются сейчас в таких ведущих научных центрах, как Los Alamos National Laboratory, Brookhaven National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory (USA), TRIUMF (Canada). Этот новый метод обеспечивает получение на действующем линейном ускорителе ИЯИ РАН больших количеств Ac-225 (за 7-10 дней облучения примерно столько же, сколько производится в мире за год). Однако полученный продукт содержит некоторую примесь долгоживущего Ac-227 (около 0,2%). Прямое применение такого продукта в медицине возможно, но проблематично. Поэтому чрезвычайно важна разработка генератора Ac-225/Bi-213, который обеспечивает получение короткоживущего ($T_{1/2}=46$ мин.) висмут-213, не загрязненный ни радиоизотопами актиния, ни продуктами распада Ac-227, и его широкое применение в будущем. Чрезвычайно актуальны также работы по повышению эффективности использования генераторов Sr-82/Rb-82. При его широком применении в ПЭТ-диагностике, которое ожидается в ближайшие годы, на первое место выходят надежность и производительность. Резкое повышение этих параметров обеспечат проводимые исследования. Протонная терапия, благодаря преимуществам дозового распределения протонов, позволяет уничтожить опухоль любой локализации, в том числе вблизи критических органов, без лучевого повреждения соседних нормальных тканей и здоровых органов. Развитие протонной терапии происходит в последние десятилетия в наиболее развитых странах и опирается на достижения ядерной физики и физики ускорителей. В последние годы в мире активно исследуется протонная терапия с высокой мощностью дозы, поскольку она может позволить еще больше повысить качество лучевой терапии. Контактная лучевая терапия, и ее разновидность – брахитерапия, также интенсивно развивается во всем мире. Использование иттербиевых источников и других разработок российских ученых в этой области позволит сделать этот вид лечения тяжелых заболеваний более доступным и высокоэффективным. В настоящее время эксперименты, направленные на поиск частиц Темной Материи, безнейтринного двойного бета-распада, регистрации нейтрино различной природы, являются лидирующими направлениями исследований в области подземной физики. Одним из источников фона для подобного рода эксперимента является фон от потока нейтронов, имеющих различную природу происхождения, и распределенных в широком энергетическом диапазоне (от тепловых энергий до нескольких МэВ). Особенно существенным эта компонента фона может быть для экспериментов по поиску частиц Темной Материи (n-p WIMP), основанных на регистрации ядер отдачи, которые могут быть образованы при упругом столкновении WIMP с ядрами мишени. В связи с этим, измерение потока нейтронов в подземных лабораториях и изучение всевозможных вариаций данного потока является актуальной задачей. Кроме задач, указанных выше, изучение вариаций потока нейтронов, связанных с лунными и солнечными приливными эффектами, сейсмической активностью в регионе – является актуальной геофизической задачей. Особенно, принимая во внимание то, что БНО находится в окрестностях вулкана Эльбрус. В практике проведения низкофоновых экспериментов заметное место занимает проблема выявления и устранения летучей компоненты радиоактивного фона, создаваемого распадами ^{222}Rn и его дочерних продуктов в воздушной среде. Центральным элементом системы контроля фоновых характеристик воздушной среды является детектор активности радона. Данные непрерывных измерений от такого детектора могут быть использованы как для идентификации радоновой компоненты фона низкофоновой установки, так и для выявления процессов возникновения напряжений в земной коре, которые могут привести к землетрясениям. Обе эти задачи являются актуальными. Исследование аномальных электромагнитных свойств графитоподобных гранулярных систем особенно важно в области высокотемпературной сверхпроводимости и наноэлектроники. Исследование фоновых резонаторов наноразмеров важно для повышения температуры и улучшения других характеристик сверхпроводников. Газовый радиохимический метод (ГРМ) детектирования нейтронов позволит регистрировать нейтроны в реальном времени. В связи с запуском реактора ПИК в Гатчине с плотностью нейтронных потоков до 10^{16} см $^{-2}$ сек $^{-1}$ возникает необходимость создания радиационно-стойких нейтронных детекторов «точечных» размеров, на роль которых идеально подходят ГРМ – детекторы. Подразделения МЧС, охраняющие АЭС, оснащены средствами индивидуальной защиты (СИЗ) – аварийной специальной радиационно-защитной одеждой, в разработке которой ИЯИ занимает лидирующее положение. В настоящее время на предприятии АО «ПТС» выпускается СИЗ третьего поколения – конструктивно-унифицированный ряд специальной защитной одежды типа РЗК. Технологией производства РЗК включает контроль радиационно-защитных свойств материалов и изделий, осуществляемый по ГОСТ Р 53264-2009, который и осуществляется в ИЯИ РАН в рамках данной темы. ADS рассматривается как одно из возможных направлений на пути к безопасной ядерной энергетике способное попутно утилизировать долгоживущие минорные актиноиды.



Описание задач, предлагаемых к решению

Достижению поставленных целей будет способствовать решение следующих задач: Расчетно-теоретическое и экспериментальное обоснование широкомасштабной наработки актиния-225 путем облучения тория интенсивным пучком протонов средних энергий. Будет осуществлена разработка и испытание способа изготовления ториевых мишеней, выдерживающих высокие радиационные и тепловые нагрузки, а также разработка и масштабирование эффективной технологии радиохимического выделения актиния-225 медицинского качества из облученных ториевых мишеней; адаптация технологии для соответствия международным стандартам GMP с целью ее лицензированного распространения; подготовка и организация пробных и регулярных поставок актиния-225 для проведения лабораторных биологических, доклинических, клинических исследований с последующей коммерциализации продукта. Другая задача - создание лабораторных Ac-225/Bi-213 генераторных систем и оптимизация их параметров с целью получения продукта Bi-213 высокой чистоты, удовлетворяющего требованиям медицинского применения; разработка методик регулярного эффективного извлечения Bi-213 для обеспечения стабильной работы радионуклидного генератора в течение срока эксплуатации; разработка прототипов генератора Bi-213 для использования в условиях, соответствующих международным стандартам GMP. При выполнении указанных задач в период с 2022 по 2024 годы будут получены и опубликованы важные научные результаты как прикладного, так и фундаментального характера, касающиеся физико-химических свойств радионуклидов, образующихся при взаимодействии ядер тория с протонами средних энергий, и разработки эффективных радиохимических методик их разделения с использованием современных хроматографических, экстракционных и газохимических методов. Будут теоретически обоснованы и испытаны экспериментально новые оригинальные схемы радионуклидного Ac-225/Bi-213 генератора. Оптимизация предлагаемого генератора позволит существенно снизить неизбежные потери Bi-213 вследствие распада и получить продукт медицинского качества, превосходящий по радионуклидной чистоте известные Ac-225/Bi-213 генераторы. Для создания медицинского генератора рубидия-82 повышенной производительностью необходимо изучить не только связь параметров генератора и применяемого сырья с потребительскими свойствами генератора (никем достаточно не проанализированного до настоящего времени), но и изучить механизм формирования самого раствора радиодиагностического средства, поскольку механизм взаимодействия существенно влияет на производительность генератора, а значит и на его эксплуатационную надежность. При наработке актиния-225 и стронция-82 на установках с высокой интенсивностью протонного облучения при охлаждении деионизованной водой необходимо изучить радиационные процессы, происходящие при облучении, в том числе, с радиолитическим образованием молекулярного водорода в охладителе. Это гарантирует безопасность процесса при наработке медицинских изотопов. Разработка и испытание новых методов повышения конформности и качества лучевой терапии за счет изготовления, испытания и внедрения новых формирующих устройств. К ним относится в первую очередь комбинированный модулятор энергии протонов (гребенчатый фильтр), впервые предложенный в ИЯИ РАН. Это устройство позволит уменьшить облучение тканей вне объема мишени при проведении протонной терапии. Разработка новой технологии точной дозиметрии для диагностики терапевтических пучков протонов высокой мощности дозы. В этой технологии будут использованы следующие методы: измерение распределения дозы с помощью радиохромных плеток и их обработка с использованием специализированного сканера и оригинального компьютерного обеспечения, измерение флюенса протонов с помощью детектора на вторичных дельта электронах и с использованием черенковского излучения этих электронов. Решение этой задачи позволит обеспечить точность подведения дозы к мишени. Модернизация системы формирования протонной лучевой установки для работы с пучками протонов с экстремально высокой мощностью дозы, в том числе - модернизация системы затворов и биологической защиты. Решение этой задачи позволит использовать новые экстремальные режимы облучения протонами живых клеток и других биологических объектов. Исследование и испытание методов облучения клеток и других биологических объектов с использованием сочетания фотодинамической и лучевой терапии на генерирующих установках ИЯИ РАН. Это позволит реализовать высокоэффективную технологию сочетанного облучения опухолей. Для исследования вариаций потока тепловых нейтронов в подземной лаборатории Баксанской нейтринной обсерватории НЛГЗ-4900, в одном из боксов лаборатории собрана установка, состоящая из четырех детекторов тепловых нейтронов. Каждый детектор представляет собой бак в форме параллелипипеда (70*70*30см) просматриваемого через окно фотоумножителем ФЭУ-49Б. На дне бака уложен тонкий сцинтиллятор толщиной 0.7мм и площадью 0.36м². Сцинтиллятор представляет собой сплав двух компонент ZnS(Ag) и ⁶LiF в соотношении 1/3, при этом, ZnS(Ag) служит сцинтиллятором, а ⁶Li — является изотопом, на котором происходит захват нейтрона: ${}^6\text{Li} + n \rightarrow {}^3\text{H} + \alpha$. ($Q = 4.79 \text{ MeV}$, $E_{\alpha} = 2051 \text{ keV}$, $E_n = 2735 \text{ keV}$, $\sigma = 945 \text{ b at } 300 \text{ K}$). Также, для отслеживания изменений условий окружающей среды, внутри помещения, регистрирующая аппаратура для записи температуры, влажности и давления атмосферного воздуха. План работ: 1) В последующие три года работы планируется продолжить набор данных, с целью улучшения их статистической обеспеченности. Довести полный набор данных до 10 лет чистого времени. 2) Создание Монте-Карло модели детектирующей системы в пакете Geant4. Модель будет включать в себя: а) холл низкофоновой камеры НЛГЗ-4900, с толщиной грунта в несколько метров; б) бокс, в котором расположены детекторы; в) система из 4-х детекторов тепловых нейтронов. 3) Планируется производство объединённой обработки данных за 10 лет - детекторы тепловых нейтронов совместно с метеодатчиками. Будет произведено сравнение данных детекторов тепловых нейтронов, с данными полученными с помощью детекторов радона (ЦВИК). В период 2022-2024 годы будут проведены комплексные долговременные параллельные измерения содержания радона в воздухе подземного пункта КАПРИЗ и в наземные пункты, расположенных на разной высоте в диапазоне 1700 – 3500 м над уровнем моря. Одновременно будут измеряться



метеорологические параметры. В результате исследования будут установлены зависимости содержания ^{222}Rn в воздухе подземных помещений от метеорологических параметров, времени года, характеристик атмосферы и поверхности земли. Публикация результатов. Для проверки наличия сверхпроводимости в нанографитовых углеродных пленках предлагается провести измерения на сверхмалых токах в сканирующем туннельном микроскопе с целью поиска джозефсоновских вольт-амперных характеристик. Повышение «критических токов» за счет создания центров пиннинга при облучении тяжелыми ионами. Теоретические и экспериментальные исследования связи фононных резонаторов с концепцией сверхпроводимости. Внедрение и практическое применение проточного газового радиохимического метода детектирования нейтронов. В связи с запуском реактора ПИК в Гатчине с плотностью нейтронных потоков до 10^{16} см⁻²сек⁻¹ возникает необходимость создания радиационно-стойких нейтронных детекторов «точечных» размеров, на роль которых идеально подходят ГРМ – детекторы. Модернизация испытательного стенда в процессе измерений различных образцов радиационно-защитных материалов. Исследование характеристик радиационно-защитных свойств материалов, применяемых при изготовлении спецодежды, различными методами: по поглощению гамма и бета-излучения, по характеристическому рентгеновскому излучению. Элементный состав материалов будет исследован с помощью нейтронно-активационного анализа. Многокамерный детектор электронов позволит исследовать коэффициент ослабления бета-излучения, а также проводить анализ дозового распределения внутри биологической ткани. Расчетно – аналитический анализ вариантов ADS – систем на основе линейных протонных ускорителей. Проработка теплонапряженных долгоживущих мишенных устройств для ADS – систем с ториевым циклом.

Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)



Будет осуществлена разработка и испытание способа изготовления ториевых мишеней, выдерживающих высокие радиационные и тепловые нагрузки, а также разработка и масштабирование эффективной технологии радиохимического выделения актиния-225 медицинского качества из облученных ториевых мишеней; адаптация технологии для соответствия международным стандартам GMP с целью ее лицензированного распространения; проведена подготовка и организация пробных и регулярных поставок актиния-225 для проведения лабораторных биологических, доклинических, клинических исследований с последующей коммерциализации продукта. Будут созданы лабораторные прототипы Ac-225/Bi-213 генераторных систем и оптимизированы их параметры с целью получения продукта Bi-213 высокой чистоты, удовлетворяющего требованиям медицинского применения; разработаны методики регулярного эффективного извлечения Bi-213 для обеспечения стабильной работы радионуклидного генератора в течение срока эксплуатации в частности, в условиях, соответствующих международным стандартам GMP. Будет изучен механизм формирования раствора радиодиагностического средства для медицинского генератора рубидия-82, который существенно влияет на производительность генератора, а значит и на его эксплуатационную надежность. Будут изучены радиационные процессы, происходящие при облучении, в том числе, с радиолитическим образованием молекулярного водорода в охладителе при наработке актиния-225 и стронция-82 на установках с высокой интенсивностью протонного облучения при охлаждении деионизованной водой. Это гарантирует безопасность процесса при наработке медицинских изотопов. Разработка основ новой технологии лучевой терапии- конформной протонной лучевой терапии. Применима в онкологии и медицинской радиологии при лечении новообразований сложной локализации.1) В последующие три года работы планируется продолжить набор данных, с целью улучшения их статистической обеспеченности. Довести полный набор данных до 10 лет чистого времени. 2) Создание Монте-Карло модели детектирующей системы в пакете Geant4. Модель будет включать в себя: а) холл низкофоновой камеры НЛГЗ-4900, с толщиной грунта в несколько метров; б) бокс, в котором расположены детекторы; в) система из 4-х детекторов тепловых нейтронов. 3) Планируется производство объединённой обработки данных за 10 лет - детекторы тепловых нейтронов совместно с метеодатчиками. Будет произведено сравнение данных детекторов тепловых нейтронов, с данными полученными с помощью детекторов радона (ЦВИК). В период 2022-2024 годы будут проведены комплексные долговременные параллельные измерения содержания радона в воздухе подземного пункта КАПРИЗ и в наземные пункты, расположенных на разной высоте в диапазоне 1700 – 3500 м над уровнем моря. Одновременно будут измеряться метеорологические параметры. В результате исследования будут установлены зависимости содержания 222Rn в воздухе подземных помещений от метеорологических параметров, времени года, характеристик атмосферы и поверхности земли. Публикация результатов. Продолжение исследований обнаруженных ранее сверхпроводящих корреляций в нанографитовых углеродных пленках. Предполагается продолжать поиск джозефсоновских вольтамперных характеристик в измерениях при сверхмалых токах, а также при измерениях в сканирующем электронном микроскопе. Проведение измерений намагниченности нанографитовых углеродных пленок непосредственно в момент скачка электросопротивления при переключении. Увеличение намагниченности при скачке сопротивления может свидетельствовать о том, что сопротивление обусловлено движением магнитных вихрей в пленке под действием силы Лоренца, обусловленной протекающим в пленке током. Дальнейшее изучение возможностей повышения токов переключения в нанографитовых пленках с целью их использования в качестве мощных токоограничителей в интеллектуальных электросетях. Продолжение исследования фоновых резонаторов и их возможной связи со сверхпроводимостью. Дальнейшие исследования по внедрению в практику проточного газового радиохимического метода детектирования ионизирующих излучений Публикация результатов. Предполагается модернизация испытательного стенда в процессе измерений различных образцов радиационно-защитных материалов различными методами (по поглощению гамма и бета-излучения, по характеристическому рентгеновскому излучению). Это позволит исследовать характеристики композитных радиационно-защитных материалов, применяемых при изготовлении спецодежды, а также будет исследован их элементный состав с помощью нейтронно-активационного анализа. Многокамерный детектор электронов позволит исследовать коэффициент ослабления бета-излучения, а также проводить анализ дозового распределения внутри биологической ткани. Дальнейшая расчетно-аналитическая разработка ADS, как одного из возможных альтернативных вариантов по трансмутации минорных актиноидов и безопасной ядерной энергетике, а также как возможная альтернатива гибридным термоядерным реакторам. Проработка теплонапряженных долгоживущих мишеных устройств для ADS.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Нет данных



Планируемые показатели на финансовый год

2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	3.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.125
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	3.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.125
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2024 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	3.000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1.000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	0.125
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Кравчук	Леонид	Владимирович	24.09.1950	Доктор технических наук	Член-корреспондент РАН	г.н.с.	L -4317-2017	57189178701	Нет данных	Нет данных

Сведения об основных исполнителях



№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Жуйков	Борис	Леонидович	01.01.1952	Доктор химических наук	Отсутствует	г.н.с, зав лаб.	AAR-71492020	6506463625	Нет данных	Нет данных
2	Ермолаев	Станислав	Викторович	03.09.1967	Кандидат технических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	9236670600	Нет данных	Нет данных
3	Васильев	Александр	Николаевич	05.10.1986	Кандидат химических наук	Отсутствует	н.с.	AAB-7685-2019	57209672120	Нет данных	Нет данных
4	Кобцев	Александр	Александрович	20.09.1989	Отсутствует	Отсутствует	м.н.с.	Нет данных	56613323800	Нет данных	Нет данных
5	Акулиничев	Сергей	Всеволодович	28.08.1951	Доктор физико-математических наук	Отсутствует	зав. лаб.	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
6	Гангапшев	Альберт	Мусаевич	01.03.1978	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	зам. зав. БНО ИЯИ РАН	N-7465-2015	6506346988	Нет данных	Нет данных
7	Кузьминов	Валерий	Васильевич	12.07.1950	Доктор физико-математических наук	Доцент	г.н.с.	Нет данных	6603413895	Нет данных	Нет данных
8	Гежаев	Али	Мугазимович	02.06.1981	Отсутствует	Отсутствует	старший инженер-экспериментатор	Нет данных	18436707000	Нет данных	Нет данных
9	Этезов	Расул	Аликович	08.07.1980	Отсутствует	Отсутствует	вед. инженер	Нет данных	56116904100	Нет данных	Нет данных
10	Лебедев	Сергей	Григорьевич	04.12.1956	Кандидат физико-математических наук	Старший научный сотрудник	с.н.с.	B-2301-2014	Нет данных	27670	http://www.serleb.narod.ru
11	Янц	Виктор	Эдуардович	12.11.1953	Отсутствует	Отсутствует	н.с.	Нет данных	Нет данных	33218	Нет данных
12	Соболевский	Николай	Михайлович	06.04.1944	Доктор физико-математических наук	Профессор	г.н.с.	Нет данных	Нет данных	112613	Нет данных
13	Лифанов	Михаил	Николаевич	21.11.1945	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	н.с.	Нет данных	6508145610	Нет данных	Нет данных
14	Скоркин	Владимир	Михайлович	03.08.1953	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	с.н.с.	Нет данных	6603657835	Нет данных	Нет данных
15	Мордовской	Михаил	Вадимович	06.04.1956	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	6506984974	Нет данных	Нет данных



16	Сидоркин	Станислав	Федорович	12.01.1952	Кандидат физико-математических наук	Отсутствует	в.н.с.	Нет данных	6507146510	Нет данных	Нет данных
----	----------	-----------	-----------	------------	-------------------------------------	-------------	--------	------------	------------	------------	------------

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	53.500
Исследователи (научные работники)	26.200
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0.000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	8.200
Техники	4.300
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	14.800

Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа

Усовершенствована установка и технология облучения различных мишеней на линейном ускорителе ИЯИ РАН с целью получения различных радионуклидов медицинского назначения, важнейшими из которых являются актиний-225 и стронций-82. - экспериментально определены сечения образования основного радионуклида актиний-225, других перспективных альфа-излучающих радионуклидов, а также примесных продуктов ядерных реакций скалывания и деления тория в зависимости от энергии протонов. Обоснованы диапазон энергий протонов и конфигурации толстых ториевых мишеней для достижения максимальной производительности наработки актиния-225. - разработаны методики выделения актиния-225 и других перспективных альфа-излучающих радионуклидов из облученной ториевой мишени с использованием методов экстракционного и хроматографического разделения. Разработан и утвержден лабораторный технологический регламент получения препарата «Актиний-225 нитрат» активностью до 500 МБк. Способ успешно опробован в условиях горячих камер НИФХИ им. Л.Я. Карпова (Обнинск) и получены образцы активностью 300-400 МБк. - на основе проведенных исследований по разделению Ac-225 и дочернего Bi-213 с использованием экстракционно-хроматографических и неорганических сорбентов разработаны оригинальные лабораторные Ac-225/Bi-213 генераторные системы, позволяющие быстро и эффективно получать терапевтический Bi-213 высокой чистоты. Развивались также работы с генератором Sr-82/Rb-82, который уже успешно используют для диагностики кардиологических и нейро-околологических заболеваний с помощью ПЭТ в РНЦРХТ им. А.М. Гранова. Изучена зависимость производительности генератора рубидия-82 (определяется объемом радиодиагностического средства из генератора) от состава материалов, используемых при изготовлении генераторов рубидия-82. К настоящему времени разработаны и созданы следующие установки для исследований в области медицинской физики, лучевой терапии и ядерной медицины: лучевая установка для протонной лучевой терапии с рекордно высокой мощностью дозы; установка для сочетанной лучевой и фотодинамической терапии, включающая рентгенотерапевтический аппарат, медицинский ускоритель электронов и набор лазерных излучателей на разную длину волны; лаборатория для радиобиологических исследований с клеточным материалом, включающая необходимое лабораторное оборудование для работы с живыми клетками. На этих установках впервые проведены исследования реакции опухолевых и нормальных клеток на облучение на пучках протонов с рекордной мощностью дозы, а также сочетанное облучение пучками фотонов под фотодинамическим воздействием. Получен целый ряд новых радиобиологических эффектов: показано усиление на установках ИЯИ РАН лучевого поражения опухолевых клеток по сравнению с нормальными клетками; обнаружено существенное усиление фотодинамического воздействия на опухолевые клетки при сочетании фотодинамической и лучевой терапии. Кроме того, разработана новая практичная технология производства керамических иттербиевых источников для высокодозовой брахитерапии, отличающаяся низкой себестоимостью производства и терапевтической эффективностью. По теме «Изучение вариаций потока тепловых нейтронов природного происхождения в подземной лаборатории с помощью детекторов на основе тонкого сцинтиллятора из ZnS(Ag) с добавками 6LiF» получены следующие результаты: На данный момент набрана статистика за более чем 7 лет измерений (2013 - 2020 гг). Анализ данных показывает наличие сезонной вариации темпа счета детекторов на уровне ~ 5%, совпадающая с вариацией влажности воздуха в лаборатории. Заметно, что отклик детекторов на рост влажности воздуха в помещении подземной лаборатории имеет длительность более чем 48 часов. Выдвинуты предположения, что данная корреляция может быть связана с увлажнением породы (стен подземной лаборатории), которая может выступать как модератор быстрых нейтронов, выходящих из породы (стен лаборатории) и замедлять их. Также на величину потока нейтронов может влиять уровень радона в воздухе лаборатории, концентрация которого в влажном воздухе обычно больше, чем в сухом. По подтеме



«Создание воздушной ионной камеры высокого давления (ИКВД) для измерения содержания ^{222}Rn в подземных условиях» получены следующие результаты: В конце 2019 года был отлажен один монитор. К началу 2020 года по программе создания постоянного поста наблюдения за скоростью выхода ^{222}Rn из скальной породы в лаборатории дальнего геофизического комплекса БНО (4000 м от входа в штольню «Вспомогательная») загерметизирована горизонтальная скважина диаметром 10 см и длиной 450 см [объем ~ 35.3 л] соединена прямой и обратной трубами диаметром 15 мм и длиной 150 м с монитором в лаборатории НЛГЗ-4900, начаты измерения содержания радона в воздухе контрольной скважины. По результатам измерений за две недели впервые получено значение величины удельной скорости [s] выхода ^{222}Rn из ненарушенного скального грунта подземной лаборатории БНО ИЯИ РАН: $s=(15,2\pm 0.3)$ (ат. ^{222}Rn) $\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$. Для проверки наличия сверхпроводимости в нанографитовых углеродных пленках были проведены измерения на сверхмалых токах в сканирующем туннельном микроскопе и были получены подобные сверхпроводящим вольтамперные характеристики. Этот результат все же не является полным подтверждением наличия сверхпроводящей фазы в нанографитовых пленках, поскольку при измерении в сканирующем туннельном микроскопе нет прямого контакта с поверхностью образца, т.е. в цепь включен участок вакуума. Поэтому необходимо провести дальнейшие измерения при контакте с образцом на малых (наноамперных) токах. Задача повышения «критических токов» за счет создания центров пиннинга требует доступа к ускорителям тяжелых ионов, что на данном этапе проблематично в первую очередь по финансовым соображениям. В 2020 году удалось достичь нового рубежа в понимании электромагнетизма нанографитовых пленок исходя из сверхпроводящих корреляций. Была опубликована обзорная статья «Traces of Superconducting Correlations in Nanographite Films» в журнале *Journal of Material Science: Materials for Electronics*. Это явилось определенным признанием на мировом уровне справедливости сверхпроводящей трактовки процессов в нанографитовых пленках. Задача внедрения в практическое применение проточного газового радиохимического метода (ГРМ) детектирования нейтронов находится в разработке в течение нескольких лет и имеет весьма важные практические применения, которые проявились в последние годы – детекторы и мониторы нейтронных потоков и их пространственных распределений, детекторы радиоактивных веществ, термометры термоядерной плазмы. По тематике задачи получено 3 патента РФ и имеется возможность получения еще нескольких патентов. В связи с запуском реактора ПИК в Гатчине с плотностью нейтронных потоков до 10^{16} см $^{-2}$ сек $^{-1}$ возникает необходимость создания радиационно-стойких нейтронных детекторов «точечных» размеров, на роль которых идеально подходят ГРМ – детекторы. В ИЯИ РАН в сотрудничестве с ОАО «ПТС» проводятся исследования радиационно-защитных свойств композиционных материалов, создан испытательный стенд для проверки радиационно-защитных свойств (РЗС) материалов при облучении внешним гамма-излучением. Разработан метод спектрометрического исследования РЗС материалов на испытательном стенде на основе гамма-спектрометрического комплекса СКС-07П-Г41 и гамма источника $\text{Co}57$. Разработан метод определения содержания компонент тяжелых элементов в композитных радиационно-защитных материалах по измерению и анализу спектров вторичного характеристического рентгеновского излучения. Разработан, изготовлен и опробован в работе многокамерный детектор электронов для контроля эффективности бета-защиты. В предыдущие годы были выполнены расчетно-аналитические проработки нескольких вариантов демонстрационной ADS применительно к протонному пучку сильноточного линейного ускорителя ИЯИ РАН. Подготовлено техническое задание для эскизного проекта.



Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	01.01.2019	v. 9, pp. 316-330	DOI (10.1002/brb3.1212);
статья	01.05.2020	Volume 977, 164296	DOI (10.1016/j.nima.2020.164296);
статья	01.10.2020	T. 84. № 11. с. 1542-1546	DOI (10.31857/S0367676520110034);
статья	01.01.2020	v. 14, p. 650	DOI (10.1038/s41566-020-0607-z);
статья	01.01.2020	T. 31. – №. 23. – С. 20883-20898	DOI (10.1007/s10854-020-04603-0);
статья	01.01.2019	T. 916. – С. 83-86	DOI (10.1016/j.nima.2018.10.199);
статья	01.01.2018	Vol. 81, No. 10, pp. 1506-1508	DOI (10.1134/S1063778818100034);
статья	01.01.2019	A. V. Vinogradova, Yu. N. Pepelysheva, A. D. Rogova, and S. F. Sidorkinb, Proton-Accelerator Driven High-Flux Pulsed Neutron Source for Beam Research , Physics of Particles and Nuclei Letters, 2019, Vol. 16, No. 6, pp. 952-966.	ISSN (ISSN 1547-4771);
статья	01.01.2019	“Theoretical Optimization of Neutron and Physical Characteristics of a Multiplying Pulsed Neutron Source Based on a Proton Accelerator”. Yu. N. Pepelyshev, A. D. Rogov, S. F. Sidorkin., Physics of Particles and Nuclei Letters, 2019, Vol. 16, No. 6, pp. 933-951.	ISSN (ISSN 1547-4771);
статья	01.01.2021	Conceptual Design of a Fast Periodically Pulsed Reactor. Yu. N. Pepelishev, A. V. Vinogradov, A. D. Rogov, *, S. F. Sidorkin, Physics of Particles and Nuclei Letters, 2021, Vol. 18, No. 1, pp. 82-92.	ISSN (ISSN 1547-4771);

**Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования**

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
31.12.2018	"Междисциплинарные исследования, прикладная ядерная физика, радиоизотопные исследования, ядерная медицина, проблемы экологической безопасности, информационные технологии в экспериментальной и теоретической физике"	AAAA-A16-116022510110-0

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учета реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	56194954.450	59440450.750	63260125.650
Итого	178895530.850	0	0

М.П.

1-6 – заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.