



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 ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. Г.И. БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ 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

Тема № 1.3.3.1.2. Исследование свойств легких адронов и ядер

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

FWGM-2021-0003

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
2021	2023

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)

Электрон-позитронная аннигиляция, адроны, дейтрон, векторные мезоны, формфакторы, радиационные распады.

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

29.05.29 : Сильное взаимодействие	29.05.33 : Электромагнитное взаимодействие	29.05.81 : Методика и техника эксперимента в физике элементарных частиц	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

1.3.3 : 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

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)

Нет данных



Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

Проект посвящен исследованию свойств легких адронов и ядер на установках ИЯФ СО РАН, Новосибирск, а также в рамках международных коллабораций BABAR (СЛАК, США) и BESIII (Пекин, Китай). В ИЯФ СО РАН с 2011 года работает электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, позволяющий проводить эксперименты в диапазоне энергии в системе центра масс от 0.3 до 2 ГэВ. Светимость коллайдера достигает 5×10^{31} см⁻¹с⁻¹. На нем установлены два универсальных детектора СНД и КМД-3. В настоящее время на ВЭПП-2000 с этими детекторами накоплена статистика, позволяющая проводить измерения адронных сечений с наилучшей в мире точностью. Набор данных продолжается. Целью проекта является детальное изучение процессов электрон-позитронной аннигиляции в адроны при низких энергиях. Это – измерение эксклюзивных и полного сечений рождения адронов, исследование их динамики, поиск редких процессов на коллайдере ВЭПП-2000. Близкие по тематике измерения проводятся физиками ИЯФ в рамках международных коллабораций BESIII и BABAR. Детектор BESIII набирает данные на электрон-позитронном коллайдере BEPCII, энергия в системе центра масс которого меняется от 2 до 4.6 ГэВ. Детектор BABAR работал на В-фабрике PEP-II при энергии 10.6 ГэВ. Для измерения сечений $e+e-$ аннигиляции в адроны при низких энергиях в обоих экспериментах используется метод радиационного возврата. Также физики ИЯФ занимаются измерением переходных мезон-фотонных формфакторов в двухфотонных процессах. Еще одну часть предлагаемого проекта представляет эксперимент по изучению свойств дейтрона. В данном проекте предполагается на новом уровне точности провести измерения тензорных анализирующих способностей реакции фотодезинтеграции дейтрона. Такие измерения можно выполнять только с использованием метода сверхтонкой внутренней мишени в электронном накопителе. В настоящее время эта методика доступна только на накопителе ВЭПП-3 в ИЯФ СО РАН.

Актуальность проблемы, предлагаемой к решению



В последнее время значительно возрос интерес к изучению физики легких адронов в электрон-позитронной аннигиляции. Это связано с прецизионными экспериментами по поиску явлений, не описываемых Стандартной моделью. Теоретические предсказания для таких экспериментов особенно в области сильных взаимодействий, в значительной степени основываются на экспериментальных данных. При низких энергиях точные теоретические расчеты из первых принципов, в рамках квантовой хромодинамики, не могут быть сделаны в настоящее время с необходимой точностью. Ярким примером является измерение полного сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны, которое необходимо для прецизионного расчета бегущей константы электромагнитного взаимодействия и аномального магнитного момента мюона. Для аномального магнитного момента мюона имеется, пожалуй, самое значительное в настоящее время отклонение измерения от предсказания Стандартной модели, около 3.5 стандартных отклонений. Эксперимент по новому измерению аномального магнитного момента мюона ведется в настоящее время в Фермилаб (США). Чтобы получить точность расчета сравнимую с точностью нового измерения, требуется субпроцентная точность измерения полного адронного сечения. В ИЯФ СО РАН серия измерений адронных сечений при энергии ниже 1.4 ГэВ с точностью 1-5% была проведена на $e+e-$ коллайдере ВЭПП-2М в 1995-2000 годах. Позднее значительный прогресс в этих измерениях был достигнут на ϕ - и B -фабриках в экспериментах KLOE (Италия) и BABAR. В этих экспериментах данные набирались при фиксированной энергии коллайдера, и измерения сечений $e+e-$ аннигиляции в адроны проводились методом радиационного возврата. К сожалению, несмотря на заявленную систематическую погрешность лучше процента результаты этих измерений для наиболее важного процесса $e+e- \rightarrow \pi^+\pi^-$ расходятся с друг другом и изменениями, сделанными на ВЭПП-2М. В 2011 году в ИЯФ СО РАН начались эксперименты на коллайдере ВЭПП-2000 с детекторами СНД и КМД-3. Коллайдер имеет светимость превосходящую ВЭПП-2М более, чем на порядок. Его максимальная энергия в системе центра масс составляет 2 ГэВ. На данный момент в экспериментах с детекторами КМД-3 и СНД набран самый большой в мире интеграл светимости в этой области энергий, который уже позволяет провести измерения сечений $e+e-$ аннигиляции в адроны с точностью не хуже, чем в экспериментах KLOE и BABAR. Важной задачей экспериментов на ВЭПП-2000, требующей большой статистики, является тщательное изучение динамики рождения адронов в $e+e-$ аннигиляции. Оно необходимо для построения реалистичной модели адронизации кварков при низкой энергии, создания программ моделирования $e+e-$ аннигиляции в адроны, нужных, в частности, для прецизионных измерений при больших энергиях. В последнее время в экспериментах с тяжелыми кварками было обнаружено значительное число новых состояний с необычными свойствами. Это могут быть так называемые «молекулярные» состояния, четырех-, шестикварковые состояния, гибриды, и т. д. В системах из легких кварков экзотические состояния могут смешиваться с обычными двухкварковыми состояниями. Для их идентификации требуется тщательное измерение параметров уже открытых резонансов. В экспериментах на ВЭПП-2000 предполагается детально изучить свойства возбужденных векторных резонансов, находящихся в области энергий 1-2 ГэВ. В частности, предполагается провести поиск и измерение радиационных распадов, наиболее чувствительных к кварковой структуре изучаемых векторных состояний. В области энергии ВЭПП-2000 находится порог рождения нуклон-антинуклонных пар. Поскольку на пороге пары нуклонов рождаются в S -волне, реакции $e+e- \rightarrow$ нуклон антинуклон чувствительны к взаимодействию в конечном состоянии и являются прекрасным инструментом для изучения нуклон-антинуклонных взаимодействий. В экспериментах КМД-3 и СНД уже сделаны первые измерения рождения протон-антипротонных и нейтрон-антинейтронных пар вблизи порога. Обнаружено необычное поведение сечений этих процессов: они имеют вид ступеньки. Такое поведение может объясняться сильным взаимодействием нуклона и антинуклона в конечном состоянии. Необычные структуры (провалы) вблизи порога рождения нуклонов были обнаружены также в некоторых адронных сечениях. В рамках данного проекта предполагается провести детальное изучение этих явлений. Отдельной интересной задачей является поиск редких процессов, в которых возможно проявление новых физических явлений. Это редкие распады обильно рождающихся на ВЭПП-2000 векторных мезонов ρ , ω и ϕ , а также процессы рождения в $e+e-$ аннигиляции S -четных резонансов. Первое указание на рождение S -четного резонанса $f_1(1285)$ было получено недавно на детекторе СНД. Для решения вышеперечисленных задач потребуются в течение нескольких лет в разы увеличить статистику и набрать на каждом из детекторов в области энергий от порога рождения адронов до 2 ГэВ интегральную светимость около 1 обратного фемтобарна. Еще одну часть предлагаемого проекта представляет эксперимент по изучению свойств дейтрона. Дейтрон – самое простое из составных ядер, потому он играет в ядерной физике ту же базовую роль, что и атом водорода в атомной физике. Процессы фотодезинтеграции дейтрона выступают в качестве наиболее надежного теста для проверки моделей нуклон-нуклонного взаимодействия, а также субъядерных степеней свободы в электромагнитных процессах. Наиболее эффективным инструментом исследования в области фотоядерных реакций являются поляризационные наблюдаемые, обладающие высокой чувствительностью к малым вкладам в амплитуду реакции. В течение последних 25 лет в ряде фотоядерных лабораторий проведены эксперименты по прецизионному измерению дифференциального сечения реакции двух-частичной фотодезинтеграции дейтрона $\gamma d \rightarrow p n$ в широком диапазоне энергии фотона до 5.5 ГэВ. При энергии фотона 2.5 ГэВ были измерены некоторые поляризационные наблюдаемые, связанные с линейной и циркулярной поляризацией фотона или с поляризацией протона отдачи. Существенным дополнением к этим данным являются измерения тензорных анализирующих способностей реакции фотодезинтеграции дейтрона, проведенные в ИЯФ СО РАН с использованием метода сверхтонкой внутренней мишени на электронном накопителе ВЭПП-3. В проведенных измерениях максимальная энергия фотонов не превышала 500 МэВ. С введением в строй системы мечения квазиреальных фотонов и нового детектора частиц появилась возможность существенного продвижения по энергии фотонов, до 1.5 ГэВ.



Описание задач, предлагаемых к решению

Эксперименты на ВЭПП-2000 предполагается проводить с помощью детекторов СНД и КМД-3. Детектор КМД-3 – это универсальный детектор элементарных частиц, состоящий из трековой системы (дрейфовая камера с координатным разрешением около 100 мкм), цилиндрического калориметра на основе жидкого ксенона и кристаллов CsI, торцевого калориметра на основе кристаллов BGO, времяпролетной системы на основе сцинтилляционных счетчиков с разрешением лучше 1 нс, мюонных сцинтилляционных счетчиков. Благодаря наличию магнитного поля 1.3 Т, создаваемого тонким сверхпроводящим соленоидом, детектор позволяет измерять импульсы заряженных частиц. Уникальная особенность детектора – наличие цилиндрического калориметра на основе жидкого ксенона, который, помимо измерения энерговыделения, позволяет измерять координаты конверсии фотонов с точностью 1-2 мм, а также и продольные профили энерговыделения частиц. Планируется добавить в детектор КМД-3 новую измерительную систему – торцевые координатные диски. Это позволит значительно улучшить эффективность регистрации и точность измерения параметров заряженных частиц, влетающих в детектор под малым углом к оси пучков. Детектор СНД – это универсальный немагнитный детектор элементарных частиц. Основной его частью является трехслойный сферический калориметр на основе кристаллов NaI(Tl). Калориметр покрывает телесный угол около 95% от 4π. Электроника калориметра позволяет измерять время прихода сигнала в каждом счетчике с точностью около 1 нс. Внутри калориметра вокруг вакуумной камеры коллайдера расположена трековая система. Она состоит из девятислойной цилиндрической дрейфовой камеры и пропорциональной камеры со считыванием сигнала с помощью катодных полосок. Трековая система предназначена для измерения координат точки рождения и углов вылета заряженных частиц и покрывает телесный угол 94% от 4π. Для идентификации заряженных частиц используется система аэрогелевых черенковских счетчиков расположенная вокруг трековой системы. Вокруг калориметра расположена мюонная система. Для улучшения качества данных и повышения быстродействия детектора в ближайше два года планируется обновить электронику трековой системы детектора и модернизировать систему сбора данных. В течение 2021-2023 годов будет закончено изготовление и тестирование торцевых координатных дисков для детектора КМД-3. Координатные диски будут установлены на детектор. Детектор в новой конфигурации будет подготовлен к набору данных. Планируется разработать и произвести новую электронику дрейфовой камеры детектора СНД, основанную на 200 МГц FADC. Электроника будет установлена на детектор. Будут разработаны новые блоки DA-NET. Для включения новой электроники в систему сбора данных и повышения быстродействия детектора СНД будет проведена существенная модернизация программного обеспечения системы сбора данных. В течение 2021-2023 годов предполагается провести несколько сеансов набора данных с детекторами СНД и КМД-3 на коллайдере ВЭПП-2000. Наибольшее внимание планируется уделить области рождения нуклон-антинуклонных пар. Для каждого сеанса требуется подготовка детектора, которая включает в себя ремонт вышедших из строя каналов детектора и замену устаревшего оборудования и электроники. По записанным данным будут изучены параметры и проведена калибровка подсистем детекторов КМД-3 и СНД. Затем будет выполнены реконструкция экспериментальных событий и подготовка данных к анализу. Будет проводиться анализ данных, накопленных с детектором СНД и КМД-3 по процессам $e+e-$ аннигиляции в адроны. В частности, будут анализироваться процессы $e+e- \rightarrow \bar{p}+p$, $p+\bar{p}$, $p+\bar{p}$, нуклон-антинуклон, аннигиляция в многоадронные конечные состояния, радиационные процессы. Будет также проводиться анализ данных в экспериментах BABAR и BES. Новый детектор Дейтрон, который проводит эксперименты на электронном накопителе ВЭПП-3, ориентирован на регистрацию двух процессов: двухчастичной фотодезинтеграции дейтрона $\gamma d \rightarrow p n$ с регистрацией конечных протона и нейтрона и упругого ed -рассеяния при небольшом переданном импульсе с регистрацией конечных электрона и дейтрона. Вторая хорошо изученная реакция используется для мониторинга свечимости и для поляриметрии мишени. Для регистрации событий используются два одинаковых детектирующих плеча, включающих трековую систему из пропорциональных и дрейфовых камер, сцинтилляционный dE/E -счетчик и сегментированный адронный калориметр-сэндвич. Энергия фотона будет определяться с помощью системы мечения квазиреальных фотонов, состоящей из тройки дипольных магнитов, установленных в экспериментальном промежутке ВЭПП-3, и трековой системы на базе газовых электронных умножителей. Энергия меченного фотона может быть измерена с точностью лучше 1% в диапазоне 50-80% от энергии электронного пучка. В рамках подготовки эксперимента был проведен тестовый сеанс с использованием неполного (одноплечевого) детектора частиц. Следующие эксперименты предполагается проводить с двухплечевым детектором и новой электроникой. Предполагается также создать подсистему прецизионного измерения времени пролета протона на основе многозарядных плоских искровых счетчиков с временным разрешением лучше 70 пс. Эта информация требуется для отделения событий измеряемой реакции от фоновых процессов при энергии фотона более 1000 МэВ. Важным элементом установки Дейтрон является газовая внутренняя дейтериевая мишень, включающая криогенный источник поляризованных атомов дейтерия и охлаждаемую до температуры жидкого азота накопительную ячейку. Будут проведены работы по модернизации мишени, включающие улучшение вакуумной откачки, создание новой системы охлаждения ячейки и внедрение нового диссоциатора атомов с усовершенствованным генератором ВЧ поля. Модернизация должна привести к увеличению интенсивности атомной струи, степени поляризации атомов и повышению общей надежности и стабильности работы мишени. В течение 2021-2022 годов предполагается завершить сборку второго плеча детектора протонов и нейтронов, разработать и изготовить новую оцифровывающую и триггерную электронику. В 2021-2023 годах планируется разработать для установки Дейтрон времяпролетные детекторы на основе многозарядных плоских искровых счетчиков с временным разрешением лучше 70 пс и электронику для них, изготовить тестовую партию искровых счетчиков. Планируется провести следующие работы по модернизации внутренней газовой тензорполяризованной мишени. Изготовить новую накопительную ячейку, усовершенствовать систему ее охлаждения, изготовить и установить



систему дополнительной откачки в источнике поляризованных атомов. Модернизировать диссоциатор источника поляризованных атомов, подключить и запустить новый ВЧ генератора. Разработать и изготовить систему измерения поляризации атомов, истекающих из накопительной ячейки, для проведения измерений поляризации на стенде. Предполагается провести сеанс набора данных на накопителе ВЭПП-3 с энергией пучка электронов 800 МэВ, соответствующей диапазону энергии меченных фотонов 400-640 МэВ, и сеансы набора данных при энергии электронного пучка 1250 МэВ, соответствующей диапазону энергии фотона 600-1000 МэВ. Каждый сеанс включает в себя сборку и запуск детектора и внутренней мишени на ВЭПП-3, набор данных и демонтаж детектора и мишени. Анализ экспериментальных данных по тензорной анализирующей способности T20 реакции фотодезинтеграции дейтрона, накопленных с установкой Дейтрон на ВЭПП-3.

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

Предполагаемые результаты: В экспериментах СНД и КМД-3 будет проведено несколько сеансов набора данных на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000. Для накопленных данных будут проведены калибровки подсистем детектора и сделана реконструкция событий. Таким образом, данные станут доступными для физического анализа. Будет проведена модернизация детекторов КМД-3 и СНД. Для КМД-3 будет разработана торцевая координатная система, которая позволит существенно улучшить качество реконструкции треков заряженных частиц. В СНД будет проведена модернизация электроники дрейфовой камеры и системы сбора данных, что значительно увеличит быстродействие детектора и улучшит качество записываемых данных. По данным, накопленным в экспериментах СНД, КМД-3, BABAR, BESIII будут с высокой точностью измерены сечения для ряда процессов $e+e-$ аннигиляции в адроны. Предполагается получить новые данные по рождению нуклонных пар, радиационным процессам, двухфотонным процессам и рождению в $e+e-$ аннигиляции С-четных резонансов. Будет выполнена модернизация установки Дейтрон. К существующему плечу регистрации будет добавлено второе плечо, включающее трековую подсистему, слой сцинтилляционных dE/E-счетчиков и адронный калориметр-сэндвич. Будет завершена разработка и изготовление новой триггерной и оцифровывающей электроники, увеличивающей быстродействие системы сбора данных. Будет выполнена модернизация внутренней газовой тензорно-поляризованной дейтериевой мишени с целью увеличения интенсивности атомной струи и степени поляризации атомов и повышения общей надежности и стабильности работы мишени. С модернизированным детектором Дейтрон будут проведены несколько сеансов набора экспериментальных данных, по которым впервые можно будет измерить тензорную анализирующую способность T20 реакции двухчастичной фотодезинтеграции дейтрона в диапазоне энергии фотона 400-1000 МэВ, а также улучшить точность существующих измерений при более низких энергиях фотона. По части записанных данных предполагается получить и опубликовать результаты. Будет выполнена разработка, изготовление и изучение прототипа и тестовой партии многозачерных плоских искровых счетчиков для прецизионного времяпролетного анализа в эксперименте Дейтрон. Такая подсистема необходима для будущих измерений в области энергий фотона более 1000 МэВ. Возможная практическая значимость: Проект - чисто фундаментальный. Практическая значимость результатов - не очевидна.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Часть исследований по данной теме выполняется в рамках международных коллабораций BABAR и BESIII.



Планируемые показатели на финансовый год

2021 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	19,000
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	5,000
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	5,000
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	%	
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	



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	19,000
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	5,000
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	5,000
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	%	
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	19,000
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	5,000
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	5,000
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	%	
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	Дружинин	Владимир	Прокопьевич	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	Главный научный сотрудник	Нет данных	35227150800	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	Ачасов	Михаил	Николаевмч	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	Главный научный сотрудник	Нет данных	7003450501	Нет данных	Нет данных
2	Король	Александр	Аркадьевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	Ведущий научный сотрудник	A-6244-2014	34571116900	4204-5030	Нет данных
3	Рачек	Игорь	Анатольевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	заместитель заведующего лабораторией	U-2138-2018	6602451378	Нет данных	Нет данных
4	Николенко	Дмитрий	Митрофанович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Старший научный сотрудник	ведущий научный сотрудник	Нет данных	6601979733	Нет данных	Нет данных
5	Топорков	Дмитрий	Константинович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Старший научный сотрудник	главный научный сотрудник	Нет данных	16198888000	Нет данных	Нет данных
6	Шестаков	Юрий	Владимирович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	старший научный сотрудник	Нет данных	6601927065	Нет данных	Нет данных
7	Богданчиков	Александр	Георгиевич	Нет данных	Кандидат технических наук	Нет данных	старший научный сотрудник	Нет данных	6505789525	Нет данных	Нет данных
8	Кардапольцев	Леонид	Васильевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	старший научный сотрудник	Нет данных	57204866286	Нет данных	Нет данных
9	Логашенко	Иван	Борисович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	зав.лаб.	A-3872-2014	35370674500	Нет данных	Нет данных
10	Солодов	Евгений	Петрович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	г.н.с.	Нет данных	34573322700	Нет данных	Нет данных
11	Федотович	Геннадий	Васильевич	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	г.н.с.	Нет данных	6701605943	Нет данных	Нет данных
12	Игнатов	Федор	Владимирович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	A-6926-2014	6603266980	Нет данных	Нет данных
13	Попов	Александр	Сергеевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	Нет данных	56443282200	Нет данных	Нет данных
14	Козырев	Евгений	Анатольевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	м.н.с.	Нет данных	55926106900	Нет данных	Нет данных



Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	106,000
Исследователи (научные работники)	52,000
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)	11,000
Техники	8,000
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	35,000

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

ИЯФ СО РАН традиционно занимается измерением сечений электрон-позитронной аннигиляции при низких энергиях. Предыдущие поколение экспериментов проводилось на коллайдере ВЭПП-2М с детекторами СНД и КМД-2. Значительная часть физиков, участвующих в этом проекте, имеет опыт работы на ВЭПП-2М. После окончания экспериментов на ВЭПП-2М в 2000 году команды физиков занимались созданием детекторов для коллайдера ВЭПП-2000. Эксперименты ВЭПП-2000 с модернизированным детектором СНД и практически новым детектором КМД-3 начались в 2011 году. К настоящему времени на двух детекторах в области энергии в системе центра масс от 0.3 до 2 ГэВ накоплены данные с интегральной светимостью около 600 пб-1. Накопленной статистики уже достаточно для измерения адронных сечений с наилучшей в мире точностью. По накопленным данным опубликовано около 30 статей. Это наиболее точные измерения сечений процессов $e+e^- \rightarrow \omega \pi^0$, $K+K^-$, $\eta \pi^+ \pi^-$, $\omega \eta$, $\pi^+ \pi^- \pi^0 \eta$, n anti- n , p anti p и др., обнаружение радиационных распадов возбужденных векторных мезонов в $\pi^0 \gamma$, $\eta \gamma$, $\eta \pi^0 \gamma$, обнаружение тонкой структуры в адронных сечениях вблизи порога рождения пары нуклон антинуклон. В 2020 году послана в журнал статью по измерения с точностью лучше 1% на детекторе СНД сечения процесса $e+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$. В эксперименте BABAR физиками ИЯФ была разработана методика измерения сечений методом радиационного возврата. К настоящему времени с помощью этой методики в области энергии ниже 2 ГэВ измерены все двучастичные, трехчастичные и четырехчастичные эксклюзивные процессы $e+e^-$ аннигиляции в адроны. В настоящее время заканчивается анализ пяти- и шестичастичных процессов. Разработанные методики используются для измерения сечений в эксперименте BESIII. Другим направлением исследований физиков ИЯФ является измерение переходных фотон-мезонных формфакторов в двухфотонных процессах. Были измерены формфакторы π^0 , η , η' , η_c мезонов. Для η' был измерен формфактор для случая, когда оба фотона являются виртуальными. Эти измерения также продолжаются. Фото-ядерные эксперименты на ВЭПП-3 используют метод сверхтонкой внутренней мишени в накопителе заряженных частиц, предложенный и впервые примененный в ИЯФ СО РАН (см. обзор: С.Г. Попов, Ядерная Физика 62 (1999) 256). Коллектив имеет большой опыт проведения экспериментов с внутренними мишенями. С тензорно поляризованной дейтериевой мишенью проведен ряд уникальных экспериментов: разделение квадрупольного и зарядового формфакторов дейтрона в упругом рассеянии (D.M. Nikolenko et al, Phys. Rev. Lett. 90 (2003) 072501); измерение тензорных асимметрий в фотодезинтеграции дейтрона для энергии фотона 25-500 МэВ (I.A. Rachek et al, Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 182303); измерение тензорных анализирующих способностей реакции когерентного рождения нейтрального пиона на дейтроне (I.A. Rachek et al, Few Body Syst. 58 (2017) 29). С внутренней газовой водородной мишенью и с пучками позитронов и электронов в ВЭПП-3 проведено первое прецизионное измерение вклада двух-фотонного обмена в упругое электрон-протонное рассеяние (I.A. Rachek et al, Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 062005). .

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

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	12.06.2019	Achasov M,N. (SND collaboration) Measurement of the $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ cross section below $\sqrt{s}=2\text{GeV}$ // Phys. Rev. D. 2019. Vol. 99. P. 112004	
статья	01.06.2020	Achasov M.N. et al. Upgrade of the SND electromagnetic calorimeter // Journal of Instrumentation. 2020. Vol. 15, P. C06011	
статья	21.01.2020	Lees J.P. et al. (BaBar Collaboration) Resonances in e^+e^- annihilation near 2.2 GeV // Phys. Rev. D. 2020. Vol. 101. P 012011	
статья	28.01.2020	Ablikim M. et al. (BESIII Collaboration) Measurement of Proton Electromagnetic Form Factors in $e^+e^- \rightarrow p$ anti- p in the Energy Region 2.00-3.08 GeV // Phys. Rev. Lett. 2020. Vol. 124. P. 042001	
статья	01.06.2020	Gauzshtein, V.V. et al. Measurement of the tensor analyzing power T20 for the reaction $\gamma d \rightarrow d \pi^0$ // European Physical Journal A. 2020. Vol. 56 (6). P. 169	
статья	01.06.2019	Lukonin, S.E. et al. Measurement of tensor analyzing power components for the incoherent π^0 -meson photoproduction on a deuteron // Nuclear Physics A. 2019. Vol. 986, P. 75	
статья	20.01.2020	Gribanov S.S. et al. (CMD-3 Collaboration) Measurement of the $e^+e^- \rightarrow \eta \pi^+\pi^-$ cross section with the CMD-3 detector at the VEPP-2000 collider // Journal of High Energy Physics. 2020. Vol. 01. P. 112	
статья	21.08.2019	A.Amirkhanov et al. Upgrade of the Time of Flight system of the CMD-3 detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A. 2019. Vol. 936. P. 598	
статья	10.07.2019	Akhmetshin R.R. et al. (CMD-3 Collaboration) Observation of a fine structure in $e^+e^- \rightarrow$ hadrons production at the nucleon-antinucleon threshold // Physics Letters B. 2019. Vol. 794. P. 64	

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

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
28.12.2018	Изучение процессов $e+e-$ в К анти-К пи с детектором СНД на коллайдере ВЭПП-2000.	AAAA-A16-116022510229-9
31.12.2019	Изучение многоадронных процессов с каонами в конечном состоянии на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 с детектором КМД-3.	AAAA-A17-117030910102-5
31.12.2019	Прецизионное измерение сечения рождения пары пионов в $e+e-$ аннигиляции в области энергий выше 1 ГэВ с детектором КМД-3 на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000.	AAAA-A17-117030910105-6
31.12.2020	Изучение процессов аннигиляции $e+e-$ в конечные состояния с шестью пи-мезонами.	AAAA-A17-117122890053-9
31.12.2018	Изучение рождения пар каонов в $e+e-$ аннигиляции и распаде τ -лептона.	AAAA-A16-116021010198-6
29.12.2017	Изучение процесса электрон-позитронной аннигиляции в пару заряженных пионов в области рождения резонанса $\rho(770)$	AAAA-A16-116021010206-8
31.12.2020	Изучение процессов рождения и распадов адронов на встречных электрон-позитронных пучках с детектором КМД-3.	AAAA-A17-117061510097-2
31.12.2020	Экспериментальное изучение $e+e-$ аннигиляции в пары нуклон-антинуклон вблизи порога.	AAAA-A17-117122890054-6
31.12.2020	Исследования электромагнитной структуры легких адронов и ядер.	AAAA-A17-117061510083-5

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
	Нет данных	Measurements of hadronic cross sections at low-energy $e+e-$ colliders		Ignatov F.V.
	Нет данных	Test of Lamb Shift polarimeter for molecular source		Toporkov D.K.
	Нет данных	Study of resonant-states production in $e+e-$ annihilation in the energy region around 2.2 GeV		Solodov E.P.
	Нет данных	Recent results on $e+e-$ annihilation to hadrons from the SND experiment.		Berdyugin A.V.
	Нет данных	Measurement of hadronic cross sections at CMD-3		Logashenko I.B.

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
Кандидатская	15.06.2017	Изучение двухфотонного обмена и анализ радиационных поправок в эксперименте по упругому рассеянию электронов и позитронов на протонах	AAAA-B17-417062950050-5
Докторская	05.10.2018	Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ и аномального магнитного момента мюона	AAAA-B18-518101290002-3
Кандидатская	15.06.2017	Изучение процессов $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ и $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ на детекторе СНД	AAAA-B17-417063050014-3
Кандидатская	03.12.2019	Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ eta в области энергии от 1,34 до 2 ГэВ	AAAA-B19-419120990008-9

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	116972,940	119761,630	0
Итого	116972,940	119761,630	0

М.П.

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