

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)**

**Отчет по основной референтной группе 3 Общая физика**

Дата формирования отчета: **23.05.2017**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

#### **1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

#### **2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

Институт состоит из 6 Отделений:

1. Астрокосмический центр (АКЦ) - проводит фундаментальные и прикладные исследования в области астрофизики, включая космологию, структуру и эволюцию астрономических объектов, межзвездного и межпланетного пространства и других областях.

2. Отделение Квантовой Радиофизики им.Н.Г.Басова (ОКРФ) - проводит фундаментальные и прикладные исследования в следующих областях: взаимодействие лазерного излучения с веществом, лазерный термоядерный синтез, физика высоко температурой плазмы, новые типы квантовых генераторов, ультракоротковолновые лазеры, лазеры в науке, технике и медицине, нанофотоника и других областях.

3. Отделение Оптики (ОО) - проводит фундаментальные и прикладные исследования в следующих областях: взаимодействие света с веществом, люминесценция, спектроскопия, в том числе низкотемпературной плазмы, нелинейная оптика, оптические стандарты частоты и метрология, рентгеновская астрономия Солнца (исследования проводятся на космических аппаратах) и других областях.

4. Отделение Теоретической Физики им.И.Е.Тамма (ОТФ) - проводит исследования в области теоретической физики, включая: астрофизику, квантовую теорию поля, физику



фундаментальных взаимодействий, физику твердого тела, высокотемпературную сверхпроводимость, нелинейную динамику и теоретическую биофизику, физику высоких энергий.

5. Отделение Физики Твердого Тела (ОФТТ) – проводит фундаментальные и прикладные исследования в широком спектре вопросов физики конденсированного состояния, в том числе: исследования электронных состояний в полупроводниках и наноструктурах, оптические и транспортные свойства гетеросистем: квантовых ям, нитей и точек; квантовые фазовые переходы, лазеры на полупроводниковых гетероструктурах, исследования высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) и других областях.

6. Отделение Ядерной Физики и Астрофизики (ОЯФА) – проводит исследования по физике высоких энергий, ядерной физике, изучением космических лучей и их взаимодействием с атмосферой, ускорительная техника и других областях.

В Институте имеются следующие филиалы и обособленные подразделения:

1. Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (СФ ФИАН). Основное направление исследований - лазерные технологии.

2. Филиал «Пушчинская радиоастрономическая обсерватория имени В.В.Виткевича АКЦ ФИАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ПРАО АКЦ ФИАН). Основное направление исследований – астрофизика, радиоастрономия, космическая погода.

3. Филиал «Физико-технический центр» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФТЦ ФИАН). Основное направление исследований – ядерная медицина, протонная терапия.

4. Филиал «Тянь-Шаньская высокогорная научная станция» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ТШВНС ФИАН) находится в Республике Казахстан. Основные направления исследований – физика космических лучей и комплексные исследования грозовых разрядов.

5. Филиал «Памирская экспедиция» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ПЭ ФИАН). Основное направление исследований – физика космических лучей.

6. Троицкое обособленное подразделение, включающее «Троицкий технопарк ФИАН», Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ТОП ФИАН). Основные направления исследований – физика частиц и фундаментальная ядерная физика, ускорительная техника, прикладные исследования в области лазерных и нанотехнологий,



7. Лаборатория физики Солнца и космических лучей имени С.Н.Вернова (Долгопрудненская научная станция – ДНС ФИАН). Основное направление исследований – физика космических лучей, космическая погода.

### 3. Научно-исследовательская инфраструктура

Современная установка для спектральных и спектрально-кинетических исследований полупроводников и полупроводниковых наноструктур в пикосекундном диапазоне, в т.ч. в магнитных полях до 14,6 Тл, включающая непрерывный и пико/фемтосекундный (Mira 900 D) перестраиваемые титан-сапфировые лазеры фирмы Coherent (США) с накачкой, соответственно, аргоновым и твердотельным (Verdi-10) лазерами той же фирмы, стрик-камеру C5680 фирмы Хамамацу (Япония), сопряжённую со спектрографом SpectraPro2500i, криомагнитную систему со сверхпроводниковым соленоидом и другое оборудование.

Технологический кластер Лаборатории молекулярно-пучковой эпитаксии ОФТТ ФИАН: чистые помещения класса ИСО 6 (1 000) с локальными зонами класса ИСО 5 (100) общей площадью 134 м<sup>2</sup>; две установки МПЭ фирмы Riber типов Compact 21 T 3-5 и Siva 21 SiGe, предназначенные для выращивания гетероструктур на основе полупроводниковых соединений III-V и на основе Si и Ge, соответственно; системы питания жидким азотом с установкой для производства жидкого азота StirLIN-2, двумя сепараторами фаз «пар-жидкость», азотным танком ёмкостью 3,5 куб. м. и другое оборудование.

Центр по исследованию высокотемпературных сверхпроводников и других сильно-коррелированных электронных систем – ЦКП ФИАН:

- Криомагнитная система для исследований в магнитных полях до 21 Тесла;
- Криомагнитные системы с полем 7-8 Тл для экспресс-измерений;
- Криомагнитная система с рефрижератором растворения и магнитом на 13 Тл;
- Криомагнитная система для измерения критических токов в полях до 13 Тл;
- Многофункциональная измерительная криомагнитная система CFMS-16 (Cryogenic Ltd);
- Стенды для испытания сверхпроводящих материалов и криомагнитных систем;
- Универсальные измерительные стенды;
- Низкотемпературные немагнитные камеры гидростатического давления;
- Автоматизированный гидравлический пресс для нагружения камер давления с электрическими тензодатчиками;
- Установка для измерений при сверхнизких температурах BF-250LD (BlueFors);
- СКВИД-магнитометр для измерений в малых полях;
- Вибрационный магнитометр; вставка в криомагнитную систему с полем 21 Тл;
- Автоматизированный СКВИД-магнитометр MPMS-XL7 (Quantum Design);
- Автоматизированный комплекс PPMS-9 (Quantum Design);
- Сканирующий электронный микроскоп JSM-7001F (JEOL);
- Сканирующий туннельный микроскоп Solver-Pro NT-MDT;



- Инфракрасный Фурье-спектрометр сверхвысокого разрешения IFS 125HR (Bruker Optic GmbH) с микроскопом;
- Спектральный эллипсометр VASE (J. A. Woollam Co., Inc.) с высоковакуумным гелиевым криостатом Janis;
- Дифрактометр кристалльный PANalytical X'Pert PRO MRD Extended;
- Дифрактометр порошковый Rigaku Miniflex 600;
- Установка для фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением Scienta R4000 (VG Scienta).

Стенд для проведения исследований материалов в экстремальных условиях сверхнизких температур, высоких давлений, сильных электрических и магнитных полей – УНУ «ЭКСТРИМ»:

- Измерительная установка – автоматизированный СКВИД-магнитометр MPMS-XL7 с вставкой EasyLab Mcell -10 (Quantum Design, EasyLab Technologies Ltd);
- Измерительная установка СКВИД-магнитометр (ФИАН, Stanford Research, SHE, LakeShore, Keithley);
- Измерительный многофункциональный автоматизированный комплекс PPMS-9 для измерения физических свойств (Quantum Design);
- Измерительная установка «0.3К/16Тл» для измерения магнитотранспорта и его анизотропии в магнитном поле (ФИАН, Stanford Research Systems, Keithley);
- Измерительная установка «0.03К/13Тл» (ФИАН, Baltzers, Stanford Research Systems, Linde, Pfeiffer);
- Измерительная установка «0.3К/21Тл» для измерений проводимости, магнитосопротивления и магнитной восприимчивости в магнитном поле 21Тл при температурах 0,3-300 К (Cryogenic Ltd);
- Измерительная установка для измерений температурной зависимости химического потенциала в диапазоне температур 4,2-300 К (ФИАН, Keithley, Stanford Research);
- Комплекс аппаратуры для измерений транспортных свойств материалов в диапазоне давлений 0-3 ГПа, температур 0,3-300 К и полей до 21 Тл (ФИАН);
- Установка для измерений при сверхнизких температурах BF-250LD (BlueFors);
- Установка для измерений АС-магнитной восприимчивости материалов в диапазоне температур 4,2 – 300 К в нулевом магнитном поле индуктивным методом (ФИАН);
- Установка для подготовки образцов к измерениям методом ультразвуковой микро-сварки (Kulicke & Soffa Industries);
- Комплекс аппаратуры для изготовления полевых МДП структур (ФИАН).

Центр обработки научной информации (ЦОНИ) АКЦ ФИАН.

Задачами ЦОНИ АКЦ ФИАН является сбор, хранение и обработка данных наблюдений, а также организация информационного обмена между всеми участниками проекта «Радио-астрон». Осуществляется сбор и распространение различной служебной информации, необходимой для организации проведения наблюдений наземными и космическим радио-



телескопами, контроля работы бортовой аппаратуры, а также для обработки научных данных наблюдений.

### Состав ЦОНИ

1. FTP – сервер. Посредством FTP-сервера в ЦОНИ АКЦ ФИАН организован оперативный обмен данными между баллистическим центром (БЦ), центром управления полетом (ЦУП), научным центром планирования экспериментом (НЦПЭ), наземными станциями слежения (НСС) в Пущино и Green Bank (США), наземными радиотелескопами (РТ).

2. Вычислительный комплекс производительностью 1ТФлопс/сек.

Вычислительный комплекс (кластер) состоит из одного головного сервера и 10 узлов. При этом 5 серверов объединены в кластер, представляющий с точки зрения пользователя единый аппаратный ресурс. Остальные 5 серверов закреплены за операторами индивидуально, что позволяет выполнять параллельную обработку данных.

3. Хранилище данных.

Хранилище данных состоит из двух частей: оперативного и отсроченного доступа.

Для оптимизации работы ЦОНИ была разработана архитектура хранилища с оперативным доступом, которая позволила исключить многие проблемы в процессе перемещения данных внутри центра обработки. В такой конфигурации разделены процессы сбора, проверки информации, обработки и архивирования.

Хранилище состоит из

- системы хранения данных для сбора и проверки информации на 450 ТБ
- системы хранения данных для обработки на 120 ТБ
- системы хранения для результатов на 230 ТБ

Хранилище данных с отсроченным доступом представляет собой архив на жестких дисках и магнитных лентах. Для надежного хранения данных создается две копии всей информации. Полный объем хранилища составляет более 7ПБ (7000ТБ).

Полный объем информации проекта на сегодняшний день составляет около 2500ТБ

4. Средства оперативного отображения телеметрических данных о состоянии бортовой научной аппаратуры и ее функционирования во время проведения эксперимента.

5. Внешние и внутренние каналы связи.

Для доставки телеметрии со станции слежения в ПРАО ФИАН и из центра управления полетом в ЦОНИ были организованы специализированные линии оптической связи, соединившие ЦУП, станцию слежения в ПРАО ФИАН и ЦОНИ. Между этой станцией слежения и ЦОНИ для экспресс-доставки научных данных организован выделенный канал с пропускной способностью 1 Гб/с.

Для эффективной передачи данных используется два Интернет канала 100 Мбит/с и 600 Мбит/с. 100Мбит/с используется только для передачи служебной информации и для доступа к результатам корреляционной обработки в ЦОНИ. 600 Мбит/с используется только для передачи данных наблюдений.

Буферная система хранения данных в ПРАО ФИАН.



Для обеспечения целостности данных наблюдений, на случай ошибок при передаче в «гигабитном» канале, в ПРАО ФИАН организован буферный центр, в который научные данные загружаются после наблюдений для временного хранения и возможности повторной передачи. Он размещен в специально выделенном помещении, в котором смонтирована серверная комната с системой охлаждения и резервного питания. Управление оборудованием буферного центра (файловый сервер и сетевое оборудование) осуществляется с помощью служб удаленного доступа по сети. Для связи буферного центра со станцией слежения в ПРАО ФИАН и ЦОНИ АКЦ ФИАН была организована независимая от Интернет сеть передачи данных, включающая в себя «гигабитный» канал и выделенную оптическую линию между станцией слежения и буферным центром. Круглосуточно ведется мониторинг работоспособности и загрузки канала и основных узлов связи, а также накапливается история по этим данным. В этих целях используется Zabbix сервер с базой данных postgres. С целью выполнения задач по резервному хранению данных в буферном центре организована система хранения данных. Аппаратные RAID-контроллеры позволяют объединить все диски в один зеркальный RAID уровня 1, что обеспечивает целостность данных даже в случае выхода из строя половины из всех дисков.

#### Корреляционный центр АКЦ ФИАН.

Назначением корреляционного центра АКЦ ФИАН является обработка данных астрофизических наблюдений проекта «Радиоастрон», которые включают в себя данные, как от наземных радиотелескопов, так и от космического радиотелескопа «Спектр-Р». Корреляционный центр основан на программном обеспечении (коррелятор АКЦ ФИАН), которое целиком и полностью разработано в Астрокосмическом Центре.

Коррелятор АКЦ реализован в качестве многопоточного приложения, использующего для синхронизации потоков программный интерфейс Message Passing Interface (MPI). Для обработки данных проекта «Радиоастрон» при помощи коррелятора АКЦ используется компьютерный кластер с производительностью 1 Тфлопс.

Процедура поиска интерференционного лепестка реализована в корреляционном центре таким образом, что позволяет выполнять поиск корреляции независимо на каждом узле вычислительного кластера и работает с теми данными, которые содержатся на диске данного узла. Такой подход позволяет уменьшить нагрузку на внутреннюю сеть кластера.

На данный момент коррелятор АКЦ ФИАН поддерживает все известные в мире современные форматы записи данных РСДБ наблюдений (RDF, Mark5A, Mark5B, VDIF, VLBA, K5 и др.), позволяет выполнять одновременную обработку данных более 10 телескопов (более 45 баз) в режиме реального времени. Также он включает в себя специальные режимы для обработки астрофизических источников разных классов: источники непрерывного спектра, спектральные линии, пульсары. Это единственный в мире коррелятор, поддерживающий работу в режиме «Когерент» проекта «Радиоастрон». Данный режим позволяет использовать наземный стандарт частоты вместо бортового для синхронизации работы космического радиотелескопа.



ДНС ФИАН проводит зондовые измерения космических лучей в атмосфере на 3-х наземных станциях (Апатиты - Мурманской обл., Долгопрудный - Московской обл. и станция Мирный в Антарктиде). Лаборатория располагает необходимой приемной аппаратурой, вычислительной техникой и другим оборудованием (усилители, осциллографы, генераторы и др.) для проведения измерений на этих станциях. Радиозонды для измерений изготавливаются силами сотрудников лаборатории ежегодно. В 2013-2015 гг. на этих станциях было произведено около 1500 выпусков радиозондов. Измерения на станции Мирный проводились в составе 58-й, 59-й и 60-й Российских антарктических экспедиций. Основная задача измерений – регистрация (мониторинг) галактических и солнечных космических лучей, их временных вариаций, исследование влияния космических лучей на атмосферные процессы.

Радиотелескоп РТ-22 ФИАН миллиметрового и сантиметрового диапазона волн работающий также в качестве наземной станции приема научной информации с борта космического радиотелескопа «Спектр-Р»

Радиотелескоп ДКР-1000 ФИАН метрового диапазона волн и Радиотелескоп БСА ФИАН метрового диапазона волн. На радиотелескопе метровых волн БСА ФИАН создана новая 96-лучевая диаграмма направленности, предназначенная для круглосуточного наблюдения радиоисточников со склонением от -8 до + 42 градусов.

Комплекс рентгенооптического оборудования для спектральной диагностики плазмы в вакуумном ультрафиолетовом (ВУФ) и мягком рентгеновском (МР) диапазонах спектра. Включает в себя лазерно-плазменный источник излучения со сменным набором твердотельных мишеней, набор пропускающих и отражательных дифракционных решёток, набор фокусирующих периодических и аperiodических многослойных зеркал МР диапазона, ПЗС-детектор, импульсное газовое сопло и систему охлаждения. Всё вышеперечисленное оборудование используется в вакуумной камере с длиной 3.8 м и внутренним диаметром  $\varnothing$  0.9 м, находящейся в чистой зоне. Комплекс оборудования используется как для спектральной диагностики и изображающей спектроскопии плазмы, так и для спектральной характеристики оптических элементов МР диапазона и ПЗС-детекторов.

Комплекс технологических установок для выращивания монокристаллов соединений А2В6, в том числе легированных ионами переходных металлов для мощных лазеров среднего ИК диапазона спектра.

Уникальная установка. «Сильноточные электроразрядные установки ПФ-4 и ПФ-400» <http://skp-rf.ru/usu/73565/>. Впервые показана возможность

существенного повышения плотности критического тока в сверхпроводящих лентах за счет ударного действия плазмы.

Установка «Канал-2» является мощным неодимовым лазером, построенным по специально разработанной схеме, позволяющей контролировать функцию взаимной когерентности излучения. Установка позволяет изменять расходимость выходного лазерного излучения в диапазоне от  $2 \times 10^{-2}$  до  $3 \times 10^{-3}$  радиан за счет изменения формы и профиля



формирующей диафрагмы, а также обходиться без вакуумных пространственных фильтров между усилительными каскадами, что существенно упрощает конструкцию установки и уменьшает ее размеры. Энергия выходного излучения превышает 100 Дж при длительности импульса 2 нс.

Уникальный высокогорный комплекс детекторов на Тянь-Шанской высокогорной научной станции ФИАН для изучения состава и спектра различных компонент космического излучения в широком диапазоне энергий, поиска экзотических явлений во взаимодействиях космических лучей, а также измерения проникающих излучений различной природы в периоды грозовой активности. Комплекс включает в себя две разнесенных ливневых установки, систему детекторов для определения направления прихода широкого атмосферного ливня, подземные системы мюонных и адронных детекторов для регистрации глубокопроникающей компоненты космического излучения, гибридный ионизационно-нейтронный калориметр, нейтронный супермонитор, а также детекторы тепловых нейтронов. Весь комплекс детекторов подключен к единой системе регистрации, позволяющей проводить независимые измерения электромагнитной, мюонной и адронной компонент космического излучения, а также всех видов излучений, сопровождающих атмосферные разряды.

Уникальный катодолуминесцентный спектрометр для исследования импульсной катодолуминесценции широкого класса веществ. Характеристики:

- средняя энергия электронного пучка – 150 кэВ,
- плотность мощности – 10 МВт/см<sup>2</sup>,
- длительность импульса – 2 нс,
- спектральный диапазон – 200–800 нм.

**4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Информация не предоставлена

**7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона**





Информация не предоставлена

## 8. Стратегическое развитие научной организации

В ФИАНе проводится обучение новых научных кадров в своей аспирантуре и докторантуре: В связи с новым законом об образовании 2013 года действующая с 2011 года лицензия переоформлялась:

- приложение 1.3 – распоряжение Рособрнадзора №1111-06 от 11.04.2013г
- приложение 1.4 – распоряжение Рособрнадзора №1458-06 от 22.07.2014г
- приложение 1.5 – распоряжение Рособрнадзора №4681-06 от 20.02.2015г

Аккредитация аспирантуры получена в 2013 году – Приказ Рособрнадзора от 11.03.2013г №239

В связи с изменением законодательства Аккредитация была проведена заново и переоформлена – Приказ Рособрнадзора 04.09.2015 №1554.

Действительна до настоящего времени.

В сотрудничестве с ФИАНом следующие кафедры готовят квалифицированные кадры: Физический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова – кафедры «Оптика и спектроскопия», «Общая физика и волновые процессы», «Квантовая радиофизика»

МФТИ (ГУ) – кафедры «Проблемы физики и астрофизики», «Квантовая радиофизика», «Электрофизика», «Фундаментальные взаимодействия и физика элементарных частиц»

НИЯУ МИФИ – кафедры «Высшая Школа Физики им. Н.Г.Басова», «Сверхпроводимость и физика наноструктур», «Физика твердого тела и квантовая радиофизика», «Лазерная физика», «Физика плазмы»

НИУ МИЭТ Квантовая радиофизика и наноэлектроника Квантовые приборы и нанотехнологии

МГТУ им.Н.Э.Баумана – кафедра «Физика»

НИУ ВШЭ факультет математики - кафедра «Базовая кафедра ФИАН»

СФ ФИАН взаимодействие с ВУЗами и организациями Поволжского региона:

1. Долгосрочное сотрудничество с Самарским государственным аэрокосмическим университетом имени академика С.П. Королева (национальным исследовательским университетом) (с 2016 г. – Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва" (сокращённое название – "Самарский университет")) в рамках деятельности Научно-образовательного центра «Физика неравновесных открытых систем». Приказ от 30.04 2009/15.12.2008 №164-о/23-о «О создании Самарского научно-образовательного центра подготовки специалистов по оптике и лазерной физике», действует и по настоящее время.

2. Долгосрочное сотрудничество с Самарским государственным университетом (с 2016 г. – Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва" (сокращённое название – "Самарский университет")) в рамках деятельности Научно-образовательного центра подготовки специалистов по оптике и лазерной физике.



Ре-шение – приказ №1 «О создании Самарского научно-образовательного центра подготовки специалистов по оптике и лазерной физике» подписано 10 декабря 1997 г., действует и по настоящее время.

## **Интеграция в мировое научное сообщество**

### **9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**

Международный проект «Наземно-космический радиоинтерферометр «РадиоАстрон» Проект «РадиоАстрон» выполняется под общим руководством Астрокосмического центра Физического института им П.Н. Лебедева (АКЦ ФИАН). Управление спутником СПЕКТР-Р осуществляется Научно-производственным объединением им. Лавочкина (НПОЛ). Определение орбиты КА и необходимые вычисления для управления и обработки данных проводятся Баллистической группой Института прикладной математики им. Келдыша. Прием научных данных производится двумя специализированными телеметрическими станциями - в Пушчинской радиоастрономической обсерватории (ПРАО) и обсерватории Грин Бэнк (США).

Основной объем корреляции наблюдательных данных выполняется на программируемом корреляторе ЦОНИ АКЦ ФИАН; в первичной обработке данных также участвуют корреляционные центры в Институте радиоастрономии Макса Планка (Бонн, Германия) и в Объединенном институте РСДБ (JIVE, Нидерланды).

Наземное плечо интерферометра обеспечивают более 30 радиотелескопов России, Украины, Австралии, Великобритании, Германии, Индии, Испании, Италии, Нидерландов, Польши, Швеции, Финляндии, Китая, Южной Кореи, ЮАР, США, Японии и др.

PLANCK — астрономический проект Европейского космического агентства (ЕКА).

В ЕКА входят 22 европейские страны и Канада, из которых основными участниками являются Франция, Германия, Италия и Великобритания.

Сотрудники АКЦ ФИАН входят в научную группу космической миссии PLANCK.

В 2013 г. в ЦЕРНе утверждена программа экспериментов

по исследованию гравитационных свойств ультрахолодного антиводорода, реализуемая коллаборацией GVAR. В этих работах активное участие принимают физики ФИАНа, по инициативе которых был поставлен ряд планируемых экспериментов. Коллаборация GVAR предложила включить группу ФИАНа в состав Коллаборации, что подтверждается подписанным в 2014 г. Соглашениями о Намерениях (MoU) между ЦЕРНом и ФИАНом, а также ЦЕРНом и Министерством образования и науки.

В 2015 г. группа ОЯФА ФИАН была включена в состав коллаборации ITk эксперимента ATLAS на большом адронном коллайдере (LHC) в CERN.

Участие ФИАН в работах DESY на ер-коллайдере HERA (в эксперименте H1) велось на основе длительного двухстороннего соглашения ФИАН-ДЕЗИ, закончившегося в 2014



г. В 2015 работа продолжена на основе нового HERA/H1 Cooperation agreement на начальный период 2015-2019 гг., касающегося завершения работ по эксперименту H1 - обработке и анализу набранных данных и подготовке завершающих публикаций.

Участие ФИАН в работах ЦЕРН на коллайдере LHC в экспериментах CMS и ATLAS, а также в работах ЦЕРН на ускорителе SPS в эксперименте COMPASS осуществлялась на

основе двухстороннего Соглашения Россия-ЦЕРН от 1993 г.

Участие ФИАН в работах в ОИЯИ в 2012-2014 гг. Проводилось на основе Протокола № 4254-1-12/14 о выполнении совместной научно-исследовательской работы в области релятивистской ядерной физики и проведения экспериментальных исследований эта-мезонных ядер, возникающих в pA и dA столкновениях. Продолжение работ в 2015-2017 гг. на основе Протокола № 4518-1-15/17 о выполнении совместной научно-исследовательской работы в области релятивистской ядерной физики, проведения исследований ненулевых степеней свободы с ядрах, нуклонных корреляций и ядерной фрагментации на внутренней мишени Нуклотрона.

Участие ФИАН в подготовке и проведении эксперимента по прецизионному измерению упругого pp-рассеяния на ускорителе ИФВЭ в Протвино на основе Соглашения 2014 г. между ФИАН и ИФВЭ о выполнении научно-исследовательской работы.

Участие ФИАН в международной коллаборации A2 на микротроне MAMI в Майнце, Германия (эксперименты по ядерным реакциям с фотонами энергий до 1.5 ГэВ) осуществлялось без оформления двустороннего межинститутского договора.

Международный проект "РИМ-ПАМЕЛА", 2013-2015 гг., совместно с МИФИ и СПб ФТИ. Стожков Ю.И. Страны-участницы: Италия, Россия, Швеция, Германия. Сотрудники ФИАН разработали и построили нейтронный детектор, входящий в состав орбитального спектрометра ПАМЕЛА, принимают участие в обработке и анализе данных, полученных на борту.

ДНС ФИАН участвует в выполнении работ по международному проекту CLOUD/PS215 в ЦЕРН.

**10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

ЕС (FP7), Программа ERA.Net-RUS, трехсторонний проект Швейцария-Финляндия-Россия (ФИАН и ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН) STProjects-070 (шифр QUADSYS), Quantum Nanophotonics with Ordered Semiconductor Quantum Dot Systems, 2012-2014.



Российско - индийский грант МОН государственный контракт/договор № 14.613.21.0019 «Спин-зависимые явления в двумерных полупроводниковых структурах, пленках с магнитными примесями, графене и наноструктурах со спиновыми волнами» уникальный индентификатор ПНИ RFMEFI61314X0019. Годы выполнения 2014 -2016, 7 500 тыс. руб. TIFR (Tata Institute for Fundamental Research), Мумбай,

РФФИ 13-02-92694 ИНД\_а, (Российско-индийский грант) «Спин-зависимые явления в квазидвумерных структурах и пленках с магнитными примесями», годы выполнения 2013 -2014, приблизительно 1000 тыс.руб. TIFR (Tata Institute for Fundamental Research), Мумбай,

Грант» 7-й рамочной программы Европейской комиссии №: 284461 eHEROES (ИХИ-РОС) «Environment for Human Exploration and RObotic Experimentation in Space (Обстановка в космосе для освоения человеком и роботизированных экспериментов)».

Период реализации: март 2012 – февраль 2015 г.

Участник от ФИАН - группа Лаборатории РАС ФИАН, координатор С.В. Кузин.

Зарубежные партнеры:

Католический университет Лёвена, Бельгия; Центр космических исследований Польской Академии наук, Вроцлав, Польша; компания Новелтис, Франция; Университет Оулу, Оулу, Финляндия; Университетский колледж Лондона, Великобритания; Университет Грац, Австрия; Королевская обсерватория Бельгии, Брюссель, Бельгия; Факультет геодезии университета Загреб, Хорватия; Обсерватория Конколи, Венгрия; Центр научных исследований CNRS6 Франция; Университет Катанья, Италия; Национальный институт астрофизики, Рим, Италия; Швейцарский институт климатологии и медицины в Давосе, Швейцария; Геттингенский университет, Германия.

Вклад ФИАН:

1) Руководство рабочей группой WP5 Environment of Space Exploration (Влияние космической обстановки на освоение космоса)

2) Проведены исследования и получены научные результаты по темам:

- Мелкомасштабная солнечная активность как источник солнечного ветра;
- База данных и анализ вариаций околоземной радиационной обстановки по наблюдениям с помощью солнечных космических телескопов и фотометров;
- Влияние верхней атмосферы Земли на наблюдения Солнца в ВУФ диапазоне с борта спутников КОРОНАС и ПРОБА 2;

Международный контракт по проекту САНТАМ (заказчик - научный фонд штата Сан-Пауло, г. Сан-Пауло, Бразилия, ФАПЕСП) и договор о научно-техническом сотрудничестве между ФИАН и Евразийским национальным Университетом им. Л.Н. Гумилева (г. Астана, Республика Казахстан). Помимо теоретических работ, в рамках вышеперечисленных программ и договоров были изготовлены и запущены в эксплуатацию наземные комплексы научной аппаратуры по измерению потоков заряженных частиц и нейтральной компоненты в астрономическом комплексе КАСЛЕО (Аргентина), Институте космических исследований



(Бразилия) и в Евразийском университете им. Л.Н. Гумилева (г. Астана, Республика Казахстан).

Грант РФФИ № 14-07-92601-КО\_a (2014-2015 г.г.)

«Высокоскоростные микро-приборы на основе структуры «Сегнетоэлектрический жидкий кристалл на кремнии» (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LCoS) для трехмерных дисплеев и голографических применений» (руководитель г.н.с., д.ф.-м.н. Компанец И.Н., направление 8). Партнёром ФИАН со стороны Великобритании являлся Университет Кембриджа. Работа состояла из двух взаимосвязанных частей, предусматривающих подготовку СЖК-материала (в основном, выполняла российская сторона) и процедуру изготовления структуры LCoS с СЖК (в основном, выполняла британская сторона). Результатом работы явились: 1) лабораторная технология изготовления компонентов и сборки электрооптических СЖК-ячеек со стеклянными подложками и с кремниевой пластиной, работоспособная на частоте модуляции света 1 кГц, и 2) согласованное с разработчиками электронной аппаратуры Центра передовой фотоники и электроники университета Кембриджа техническое задание на разработку и изготовление управляющей кремниевой матрицы и электронного блока адресации структуры LCoS.

Европейский проект ICAN (16.01.2012-15.07.2013, EU FP7 программа, тема INFRA-2011-3.2, грант #284437, рук. Ж. Муру)

Международный проект «Совместная опытно-конструкторская разработка системы ЛЭГРИ (лазерно-электронного генератора рентгеновского излучения)» (срок действия 2014-2016 гг.).

Зарубежный партнер: Цзилиньский университет, г. Чанчунь, КНР

Грант РФФИ №12-02-92101-ЯФ\_a «Пороги зажигания мишеней инерциального синтеза при быстром гидродинамическом зажигании», 2012-2013 гг. Российско-Японский проект: Зарубежный партнер Институт лазерной инженерии Университета г. Осака, Япония.

Руководитель проекта с Российской стороны - профессор С.Ю. Гуськов; Руководитель проекта с Японской стороны профессор М. Мураками.

## НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

### Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

#### 12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Направление 8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости

Результаты:



1) Заряженная плазма и ферми-жидкость представляют собой два различных состояния электронного вещества, присущие разбавленным двумерным электронным системам при повышенных и низких температурах соответственно. Исследование их термодинамики представляет собой проблему из-за отсутствия адекватной техники. Был предложен термодинамический метод измерения энтропии на электрон. Наша техника на три порядка превосходит по чувствительности калориметрию на переменном токе, позволяющую проводить измерения энтропии только с  $10^8$  электронами. Это позволяет исследовать коррелированный плазменный режим, ранее недоступный экспериментально в двумерных электронных системах в полупроводниках. В экспериментах с чистой двумерной электронной системой в структурах на основе кремния мы проследили эволюцию энтропии от плазменного к ферми-жидкостному режиму путем изменения электронной плотности. Было показано, что коррелированный режим плазмы аналогичен обычному невырожденному ферми-газу с перенормированными эффективными массой и константой взаимодействия. Предложенный метод открывает новые горизонты в исследованиях низкоразмерных электронных систем.

2) Обнаружено, что в процессе бозе-эйнштейновской конденсации экситонных поляритонов в GaAs-микрорезонаторе (МР) с встроенными квантовыми ямами пространственная когерентность первого порядка распространяется с постоянной скоростью (около  $10^8$  см/с)

3) Построена теория, описывающая влияние квантовых явлений проскальзывания фазы на незатухающий ток и его флуктуации в тонких сверхпроводящих проволоках и нанокольцах, пронизанных магнитным потоком. Показано, что при низких температурах спектр шума незатухающего тока содержит когерентные пики, соответствующие процессам туннелирования кванта магнитного потока из кольца или внутрь кольца с рождением плазменных возбуждений (моды Муи-Шона). Экспериментальное наблюдение этих пиков может быть использовано для доказательства существования моды Муи-Шона.

#### Статьи

1) Kuntsevich A. Y. et al. Strongly correlated two-dimensional plasma explored from entropy measurements //Nature communications. – 2015. – Т. 6. DOI: 10.1038/ncomms8298 IF(5)=12.001

2) Pervakov K. S. et al. Bulk magnetization and strong intrinsic pinning in Ni-doped BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> single crystals //Superconductor Science and Technology. – 2012. – Т. 26. – №. 1. – С. 015008. DOI: 10.1088/0953-2048/26/1/015008 IF(5)= 2.483

3) V.V. Belykh, N. N. Sibeldin, V. D. Kulakovskii, M. M. Glazov, M. A. Semina, C. Schneider, S. Höfling, M. Kamp, and A. Forchel. Coherence Expansion and Polariton Condensate Formation in a Semiconductor Microcavity. Phys. Rev. Lett. 110, 137402 (2013).DOI - 10.1103/PhysRevLett.110.137402 IF 7.645

4) Semenov A. G., Zaikin A. D. Persistent currents in quantum phase slip rings //Physical Review B. – 2013. – Т. 88. – №. 5. – С. 054505. DOI: 10.1103/PhysRevB.88.054505 IF(5)= 3.513



5) Oveshnikov L. N. et al. Berry phase mechanism of the anomalous Hall effect in a disordered two-dimensional magnetic semiconductor structure //Scientific reports. – 2015. – Т. 5. - 17158 DOI: 10.1038/srep17158 IF(5)= 5.525

Направление 9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы  
Результаты:

1) Предложены, созданы и исследованы несколько типов высокотемпературных ферромагнитных полупроводников. Выявлена природа ферромагнетизма в данных структурах.

2) Установление принципов поведения “мягких твердых тел” в сужениях каналов может существенно улучшить работу многих техногенных и биологических систем. В настоящем исследовании экспериментально и теоретически изучены транслокации микрогелей микрометрового размера через узкие микроканалы. Установлены универсальные принципы входа и прохождения микрогелей через микроканалы различной геометрии. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с теорией, развитой авторами. Результаты исследования важны для описания многочисленных промышленных, биологических и биомедицинских систем, в том числе явления закупорки кровеносных сосудов тромбами и игловой инъекции гидрогелей в тканевой инженерии.

3) Разработан новый физико-химический принцип создания жидкокристаллических сегнетоэлектриков (ЖКС). Для практической реализации этого принципа достаточно внести примесь определённого химического строения в коммерчески доступные нематические жидкие кристаллы (НЖК), используемые при производстве дисплеев. Такой метод получения ЖКС на два порядка дешевле, чем традиционные способы химического синтеза ЖКС. Жидкокристаллические сегнетоэлектрики, полученные этим методом, являются наиболее совершенным на сегодняшний день электрооптическим материалом для полноцветных дисплеев нового поколения (с последовательным чередованием цветов подсветки). Это доказано экспериментально, путём создания соответствующих макетных образцов дисплея.

Статьи

1) Li Y. et al. Universal behavior of hydrogels confined to narrow capillaries //Scientific reports. – 2015. – Т. 5. – С. 17017. doi:10.1038/srep17017 IF(5)= 5.525

2) Pervakov K. S. et al. Bulk magnetization and strong intrinsic pinning in Ni-doped BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> single crystals //Superconductor Science and Technology. – 2012. – Т. 26. – №. 1. – С. 015008. DOI - 10.1088/0953-2048/26/1/015008 IF(5)= 2.717

3) Pozhidaev E. P. et al. Ferroelectric C\* phase induced in a nematic liquid crystal matrix by a chiral non-mesogenic dopant //Applied Physics Letters. – 2015. – Т. 106. – №. 6. – С. 062904. DOI:10.1063/1.4908152 . IF(5)= 3.142

4) Mickael Buret, Alexander Uskov, Jean Dellinger, Nicolas Cazier, Marie-Maxime Mennemanteuil, Johann Berthelot, Igor V. Smetanin, Igor E Protsenko, Gerard Colas Des Francs, and Alexandre Bouhelier, "Spontaneous hot-electron light emission from electron-fed optical



antennas", ACS Nano Letts, 15 (9), pp 5811–5818 (2015) DOI: 10.1021/acs.nanolett.5b01861, IF(5)= 13.772

5) Uskov A. V. et al. Internal photoemission from plasmonic nanoparticles: comparison between surface and volume photoelectric effects //Nanoscale. – 2014. – Т. 6. – №. 9. – С. 4716-4727 DOI:10.1039/C3NR06679G IF(5)= 7.760

Направление 10. Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазонов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом

Результаты:

1) Впервые ВНКР наблюдалось в синтетических опаловых матрицах, тонких наноструктурированных пленках и в суспензиях наночастиц. Установлено, что смещение частоты рассеянного света от частоты возбуждающего излучения определяется обратным размером частиц и их упругими характеристиками и находится в гигагерцовом и ближнем терагерцовом диапазоне. Эффект имеет существенное прикладное значение, в том числе: (i) для создания источников бигармонической накачки с перестраиваемой разностью частот для спектроскопии, для исследования свойств сверхпроводящих тонких пленок, для изучения магнитоакустической неустойчивости в ферромагнетиках и т.д.; (ii) для селективного воздействия на биологические наноразмерные объекты; (iii) для определения размера наночастиц в быстропротекающих процессах, например, в потоках аэрозолей; (iv) для генерации электромагнитного излучения в терагерцовом диапазоне частот.

2) В фотонных кристаллах - синтетических опаловых матрицах, охлажденных до температуры жидкого азота, был зарегистрирован узкий пик люминесценции и получена генерация второй и третьей гармоник при фемтосекундном возбуждении с длиной волны 800 нм. Опаловые матрицы состоят из плотноупакованных глобул кремнезема (SiO<sub>2</sub>), образующих кубическую гранецентрированную решетку. Их удобно использовать для создания нанокомпозитных материалов, заполняя пустоты между глобул различными веществами. Эффективность нелинейных эффектов в средах, заполняющих поры фотонного кристалла, существенно возрастает по сравнению со сплошной средой. В этой связи важно также изучать свойства самих матриц. В качестве образцов использовались синтетические опаловые матрицы, охлажденные до температуры жидкого азота.

3) Разработан метод быстрого детектирования спектров слабого поглощения газа во внешнем резонаторе, исключаящий помехи из-за случайных рассогласований лазерных и резонаторных мод. За 320 мкс зарегистрирован спектр поглощения фоновой примеси метана в атмосфере. Продемонстрированная чувствительность  $2 \cdot 10^{-8}$  см<sup>-1</sup> соответствует концентрации метана в 40 раз ниже естественной фоновой. Метод локален и заслуживает внимания, в частности, в связи с распространением загрязняющих атмосферу сланцевых технологий газодобычи.





## Статьи

1) Tcherniega N. V. et al. Experimental observation of stimulated low-frequency Raman scattering in water suspensions of silver and gold nanoparticles // *Optics letters*. – 2013. – Т. 38. – №. 6. – С. 824-826. DOI: 10.1364/OL.38.000824 IF(5)= 3.040

2) Yatom S., Tskhai S., Krasik Y. E. Electric field in a plasma channel in a high-pressure nanosecond discharge in hydrogen: a coherent anti-stokes raman scattering study // *Physical review letters*. – 2013. – Т. 111. – №. 25. – С. 255001. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.255001 IF(5)= 7.326

3) Tolstikhina I. Y., Tolstikhin O. I. Effect of electron-nuclei interaction on internuclear motions in slow ion-atom collisions // *Physical Review A*. – 2015. – Т. 92. – №. 4. – С. 042707. DOI: 10.1103/PhysRevA.92.042707 IF(5)= 2.765

4) Vasnetsov M. V. et al. Luminescence response of synthetic opal under femtosecond laser pumping // *Journal of Luminescence*. – 2015. – Т. 166. – С. 233-237. DOI:10.1016/j.jlumin.2015.05.035 IF(5)= 2.541

5) Zagidullin M.V., Pershin A., Azyazov V.N., and Mebel A.M. Luminescence of the  $(O_2(a^1\Delta_g))_2$  collisional complex in the temperature range of 90-315 K: Experiment and theory // *The Journal of Chemical Physics*. – 2015. – V.143. – 244315; doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4938425> IF(5)=2.95

Направление 11. Фундаментальные основы лазерных технологий, включая обработку и модификацию материалов, оптическую информатику, связь, навигацию и медицину

## Результаты:

1) Разработаны методы создания компактных задающих генераторов с кратковременной нестабильностью частоты  $10^{-14}$ – $10^{-16}$  для существующих и перспективных эталонов частоты на холодных атомах и ионах, составляющих основу координатно-временного сегмента систем глобальной и космической навигации.

2) Отработаны режимы одноимпульсной абляционной фемтосекундной и наносекундной лазерной нанофабрикации отверстий, пичков и стержней на поверхности тонких металлических (золотых и серебряных) пленок при жесткой фокусировке падающих лазерных импульсов, в том числе – под микронным слоем прозрачного резиста, а также на ИК-прозрачных подложках

3) Впервые предложено и подробно исследованы условия послойного синтеза функциональных и функционально-градиентных объемных изделий методами селективного лазерного спекания/плавления полимерных порошков с добавками наночастиц парамагнитных  $FexOy$ ,  $NiOy$  ( $x, y = 1..3$ ) и биосовместимых  $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  оксидов и гидроксипатита для приложений в химическом катализе и медицине, в том числе с заданной намагниченностью. Предложено использование аддитивных технологий (3D лазерная наплавка, селективное лазерное плавление) для конструирования (in situ) микроструктуры и свойств функциональных и градиентных сплавов. Комбинаторным методом моделирования впервые изготовлены многослойные изделия в интерметаллидных системах Ti-Al, Ni-Al,



Ti-Ni-Al, Ti-Fe, Fe-Al, NiCr-Ti, NiCr-Al. Слои представляли собой смеси двух (иногда трех) материалов с изменением состава исходной порошковой композиции от слоя к слою в пропорции (90:10, 80:20, 70:30 и т.д. по объему) и с учетом их фазовых диаграмм.

#### Статьи

1) Ionin A. A. et al. Femtosecond laser fabrication of sub-diffraction nanoripples on wet Al surface in multi-filamentation regime: High optical harmonics effects? // *Applied Surface Science*. – 2014. – Т. 292. – С. 678-681. DOI: 10.1016/j.apsusc.2013.12.032 IF(5)=2.982

2) Ionin, A. A., Kudryashov, S. I., Makarov, S. V., Rudenko, A. A., Seleznev, L. V., Sinitsyn, D. V., & Emel'yanov, V. I. (2015). Nonlinear optical dynamics during femtosecond laser nanostructuring of a silicon surface. *Laser Physics Letters*, 12(2), 025902. DOI: 10.1088/1612-2011/12/2/025902 IF(5)=2.262

3) Kuchmizhak A. A. et al. Flash-imprinting of intense femtosecond surface plasmons for advanced nanoantenna fabrication // *Optics letters*. – 2015. – Т. 40. – №. 8. – С. 1687-1690. IF(5)= 3.040

4) Tarabrin M. K. et al. Application of the methane saturated dispersion resonance near over the temperature range of 77–300K for optical frequency standards // *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. – 2016. – Т. 177. – С. 241-247. DOI:10.1016/j.jqsrt.2016.03.002 IF(5)= 2.859

5) Shishkovsky I., Missemer F., Kakovkina N., Smurov I. Intermetallics synthesis in the Fe-Al system via layer-by layer 3D laser cladding // *Crystals*, 2013, V. 3, 517 - 529; Open access - doi:10.3390/cryst3040517 – IF(5)= 2.07 The 3rd prize of "Crystals Best Paper Award 2015"

Направление 12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений

#### Результаты:

1) Обнаружен новый важный класс солитонных решений нелинейного уравнения Шредингера на фоне конденсата. Решения описывают нелинейную стадию модуляционной неустойчивости, развивающуюся из малых локализованных возмущений. Полученные результаты предсказывают новый сценарий развития модуляционной неустойчивости в волнах на воде, в оптике и других нелинейных системах, описываемых данным уравнением.

2) Исследовано образование неоднородностей плотности ионосферной плазмы в резонансной области, где одновременно частота мощной электромагнитной волны близка как к верхнегибридной частоте, так и ко второй гармонике электронной гирочастоты. Плазменные эксперименты, в которых мощная электромагнитная волна с земли излучается в ионосферу, проявляют широкий класс самых разнообразных явлений, включая гироманнитные эффекты, когда частота волны накачки близка к гармоникам электронной гирочастоты. Для случая, когда частота волны близка ко второй гармонике гирочастоты, эксперименты показывают сильное возрастание воздействия волны на плазму, что наблюдается при рассеянии радарного сигнала на неоднородностях плотности плазмы, сильно вытянутых



вдоль геомагнитного поля, а также возрастании оптического свечения верхней атмосферы. Это явление противоположно подавлению воздействия при третьей и выше гармониках электронной гирочастоты. Было теоретически показано, что электростатические колебания с частотой вблизи второй гармоники могут быть захвачены в неоднородностях плотности плазмы, имеющих малые размеры поперек геомагнитного поля, но сильно вытянутых вдоль него. Захваченные волны являются смесью электронно-циклотронных (Бенштейновских волн) и верхнегибридных волн, для которых дисперсия поперек магнитного поля носит одинаковый квадратичный характер только вблизи второй гармоники. Амплитуды волн, захваченных в неоднородности, существенно превышают амплитуду волны накачки, которая и возбуждает их при рассеянии на неоднородностях электронной концентрации. Электростатические волны ускоряют часть электронов, которые и производят к свечению атмосферы.

3) Исследованы возможные механизмы формирования сегментированных волн и спиралей в активных средах. Предложены следующие варианты: механизм, обусловленный взаимодействием двух подсистем, одна из которых возбуждима, а другая обладает тьюринговской неустойчивостью; механизм, представляющий собой «дробление» бегущей волны в окрестности бифуркационной точки коразмерности два, в которой пересекаются границы тьюринговской и волновой неустойчивостей; а также механизм, заключающийся во взаимодействии двух стационарных состояний – возбуждимого и обладающего псевдотьюринговской неустойчивостью.

#### Статьи

1. Zakharov V. E., Gelash A. A. Nonlinear stage of modulation instability //Physical review letters. – 2013. – Т. 111. – №. 5. – С. 054101. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.054101 IF(5)= 7.326

2) Koseska A., Volkov E., Kurths J. Transition from amplitude to oscillation death via Turing bifurcation //Physical review letters. – 2013. – Т. 111. – №. 2. – С. 024103. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.024103 IF(5)= 7.326

3) Koseska A., Volkov E., Kurths J. Oscillation quenching mechanisms: Amplitude vs. oscillation death //Physics Reports. – 2013. – Т. 531. – №. 4. – С. 173-199. DOI: 10.1016/j.physrep.2013.06.001 IF(5)= 22.124

4) Gurevich A. V. et al. Correlation of radio and gamma emissions in lightning initiation //Physical review letters. – 2013. – Т. 111. – №. 16. – С. 165001. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.165001 IF(5)= 7.326

5) Pushkarev A., Zakharov V. E. Quasibreathers in the MMT model //Physica D: Nonlinear Phenomena. – 2013. – Т. 248. – С. 55-61. DOI: 10.1016/j.physd.2013.01.003 IF(5)= 1.805

Направление 13. Фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе разработка методов генерации, приема и преобразования электромагнитных волн с помощью твердотельных и вакуумных устройств, акустоэлектроника, релятивистская СВЧ-электроника больших мощностей, физика мощных пучков заряженных частиц



Результаты:

1) В экспериментах на станции «СУРА» в Нижегородской области и на Тянь-Шаньской высокогорной научной станции ФИАН (Казахстан) изучалась начальная стадия развития атмосферных разрядов. Полученные данные об импульсном радиоизлучении позволили сформулировать гипотезу о особом типе электрического разряда, происходящем в грозовом облаке на предварительной стадии развития молнии. Предполагается, что пробой на убегающих электронах в грозовом облаке служит для инициации синхронного разряда большого числа заряженных гидрометеоров (льдинок и водяных капель). Считается, что сам пробой инициируется вторичными электронами с энергией 0.1 — 1 МэВ, генерируемыми космическими лучами с первичной энергией порядка  $10^{12}$  эВ, в электрическом поле грозового облака. Индуцированный таким образом разряд гидрометеоров, согласно проведенным оценкам, порождает в воздухе достаточное количество носителей заряда ( $10^{18}$  -  $10^{19}$  электрон-ионных пар в области, где происходит импульсный разряд) для формирования в грозовой области электрического тока с амплитудой в максимуме порядка 10-100 А. Это значение тока согласуется с максимальным значением импульсного тока, генерирующего наблюдаемые биполярные радиоимпульсы.

2) Впервые наблюдалось излучение нейтронных всплесков в процессе высоковольтного разряда на воздухе. Эксперименты проводились при средней напряженности электрического поля, равной 1 МВ/м и ток разряда, аналогичный 10 кА. Два независимых метода (следящие детекторы CR-39 и пластиковые сцинтилляционные детекторы) регистрировали нейтроны в диапазоне от тепловых энергий до энергий выше 10 МэВ и со средней плотностью потока  $\geq 10$  (6) см<sup>-2</sup> на каждый выстрел внутри зоны разряда. Генерация нейтронов происходит в начальной фазе разряда и коррелирует с генерацией рентгеновских лучей. Полученные данные позволяют предположить, что в процессе разрядки в основном образуются быстрые нейтроны.

3) Развита теория гидродинамических процессов во взрывоэмиссионных ячейках катодного пятна вакуумной дуги. Предложена аналитическая модель расплескивания жидкого металла, включающая две стадии. На первой стадии движение жидкости обладает осевой симметрией; на ней происходит формирование жидкометаллического вала, окружающего кратер. На второй стадии осевая симметрия вала нарушается в результате развития имеющей капиллярную природу неустойчивости Рэля-Плато. Численно гидродинамика расплава исследована в рамках двумерной осесимметричной постановки задачи электротепломассопереноса в катод, которая включает в себя систему уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости со свободной поверхностью, уравнение теплопроводности с учетом конвективного переноса тепла и джоулева нагрева и уравнение непрерывности для расчета распределения плотности тока в катод.

Статьи



1) Gurevich A. V., Karashtin A. N. Runaway breakdown and hydrometeors in lightning initiation //Physical review letters. – 2013. – Т. 110. – №. 18. – С. 185005. DOI: 10.1103/PhysRevLett.110.185005 IF(5)= 7.326

2) Agafonov A. V. et al. Observation of neutron bursts produced by laboratory high-voltage atmospheric discharge //Physical review letters. – 2013. – Т. 111. – №. 11. – С. 115003. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.115003 IF(5)= 7.326

3) Mesyats G. A., Zubarev N. M. Hydrodynamics of the molten metal in a vacuum arc cathode spot at near-threshold currents //Journal of Applied Physics. – 2013. – Т. 113. – №. 20. – С. 203301. DOI: 10.1063/1.4807303 IF(5)= 2.101

4) Mesyats G. A., Zubarev N. M. The Rayleigh–Plateau instability and jet formation during the extrusion of liquid metal from craters in a vacuum arc cathode spot //Journal of Applied Physics. – 2015. – Т. 117. – №. 4. – С. 043302. DOI: 10.1063/1.4906559 IF(5)= 2.101

5) Mesyats G. A., Uimanov I. V. Hydrodynamics of the Molten Metal During the Crater Formation on the Cathode Surface in a Vacuum Arc //IEEE Transactions on Plasma Science. – 2015. – Т. 43. – №. 8. – С. 2241-2246. DOI: 10.1109/TPS.2015.2431317 IF(5)= 0.958 Статья получила премию Best Paper Award from Toshiba at ISDEIV (International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum – Suzhou China Sep. 2016 <http://isdeiv2016.xjtu.edu.cn/>)

Направление 14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах

Результаты:

1) Показано, что соединение выпуклых и вогнутых участков магнитных силовых линий приводит к стабилизации конвективной неустойчивости плазмы. Результирующий устойчивый профиль давления имеет резкий градиент в области минимума продольного адиабатического инварианта с учетом усреднения по функции распределения частиц. Примерно это положение соответствует середине радиального сечения тандема пробко-трон-касп.

2) В Лаборатории термоядерных мишеней ФИАН проведены эксперименты по нелинейным, излучающим и гидродинамическим особенностям лазерной плазмы на мишенях из полимерных аэрогелей для применений в управляемом термоядерном синтезе и для фундаментальных исследований на лазерной установке LULI во Франции.

3) Известно, что наиболее простое МГД описание дает сильное изменение предельного профиля при сильном изменении удельного объема силовой трубки – интеграла  $\int (dl/B)$ : критический профиль давления пропорционален  $[\int (dl/B)]^{-5/3}$ . Нами было установлено сильное изменение предельного профиля в областях с почти равным удельным объемом (область около  $\min[\int (dl/B)]$ ), но с кривизной различного знака, а именно – с чередованием выпуклых и вогнутых участков магнитной силовой линии. Показано, что данный



эффект связан со снижением индуцируемого дрейфом в неоднородном поле объемного заряда при соединении выпуклых и вогнутых участков силовой линии. При помощи необходимого и достаточного кинетического критерия устойчивости исследованы различные (анизотропные) функции распределения плазмы и реальные магнитные ловушки.

#### Статьи

1) Depierreux S. et al. Laser light triggers increased Raman amplification in the regime of nonlinear Landau damping //Nature communications. – 2014. – Т. 5. DOI:10.1038/ncomms5158 IF(5)= 12.001

2) Goyon C. et al. Experimental Approach to Interaction Physics Challenges of the Shock Ignition Scheme Using Short Pulse Lasers //Physical review letters. – 2013. – Т. 111. – №. 23. – С. 235006. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.235006 IF(5)= 7.326

3) Tsventoukh M. M. Stable anisotropic plasma confinement in magnetic configurations with convex–concave field lines //Nuclear Fusion. – 2014. – Т. 54. – №. 2. – С. 022004. DOI: 10.1088/0029-5515/54/2/022004 IF(5)= 3.533

4) Tsventoukh M. M., Krashevskaya G. V., Prishvitsyn A. S. Plasma confinement by magnetic field with convex-concave field lines //Nuclear Fusion. – 2015. – Т. 55. – №. 6. – С. 062001. DOI: 10.1088/0029-5515/55/6/062001 IF(5)= 3.533

5) Vagin K. Y., Uryupin S. A. Amplification of short pulse passing through anisotropic plasma layer //Physics Letters A. – 2015. – Т. 379. – №. 7. – С. 747-751. DOI:10.1016/j.physleta.2014.12.025 IF(5)= 1.627

Направление 15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине

#### Результаты:

1) Показано, что при энергии БАК 7 ТэВ протон состоит из черного (абсолютно поглощающего) ядра размером около 0.4 ферми и более прозрачной периферической области, чернота которой, однако, растет с энергией (на 40% на БАК по сравнению с ISR в районе 1 ферми). Вывод сделан по анализу экспериментальных данных TOTEM по упругому рассеянию и CMS по рождению жестких струй в неупругих процессах

2) Исследована проблема построения дуального описания двумерной конформной теории поля с симметрией алгебры Вирасоро в рамках АдС/КТП соответствия. Со стороны дуальной трехмерной теории в пределе больших значений центрального заряда выступает классическая механика релятивистских частиц в геометрии анти де Ситтера. Используя имеющую место в рассматриваемом пределе голоморфную факторизацию корреляционных функций локальных полей на конформные блоки, развита голографическая интерпретация классических конформных блоков в терминах частиц, распространяющихся в асимптотической АдС геометрии. Для  $n$ -точечных конформных блоков с двумя тяжелыми и  $n-2$



легкими полями показано, что дуальная конфигурация частиц в объеме, состоит из  $2n-5$  частиц, распространяющихся на фоне конической сингулярности или БТЗ черной дыры, образованной двумя тяжелыми полями. С помощью комбинаторного представления конформного блока Вирасоро, основанного на недавно обнаруженном АГТ соответствии между конформными блоками и инстантонными статсуммами 4-мерных калибровочных теорий с расширенной суперсимметрией, вычислен 5-точечный классический блок и установлено точное равенство функции конформного блока дуальному классическому действию, описывающему движение частиц в объеме.

3) Получены новые экспериментальные данные о потоках и спектрах космических лучей (протонов, альфа-частиц, антипротонов, ядер гелия, бора и углерода, электронов и позитронов) в диапазоне энергий  $10^8 - 10^{13}$  эВ (Международный эксперимент PAMELA). Разработан новый метод надежного выделения электронов и позитронов от других заряженных частиц. Определен энергетический спектр электронов и позитронов, а также альфа-частиц в указанной области энергий.

#### Статьи

1) Chatrchyan S. et al. Jet and underlying event properties as a function of charged-particle multiplicity in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV //The European Physical Journal C. – 2013. – Т. 73. – №. 12. – С. 2674. DOI: 10.1140/epjc/s10052-013-2674-5 IF(5)= 4.912

2) Riccobono F. et al. Oxidation products of biogenic emissions contribute to nucleation of atmospheric particles //Science. – 2014. – Т. 344. – №. 6185. – С. 717-721. DOI: 10.1126/science.1243527 IF= 34.921

3) Hoare B., Tseytlin A. A. Type IIB supergravity solution for the T-dual of the eta-deformed AdS<sub>5</sub> x S<sup>5</sup> superstring //arXiv preprint arXiv:1508.01150. – 2015. DOI:10.1007/JHEP10(2015)060 IF= 4.918

4) Mironov A., Morozov A. Is pentaquark doublet a hadronic molecule? //arXiv preprint arXiv:1507.04694. – 2015. DOI: 10.1134/s0021364015170099 IF=1.131

5) Khachatryan V. et al. Observation of the rare Bs (0)→ mu (+) mu (-) decay from the combined analysis of CMS and LHCb data //Nature. – 2015. – С. 68-U146. DOI: 10.1038/nature14474 IF= 41.458

Направление: 16. Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач

#### Результаты:

1) Реализован наземно-космический радиоинтерферометр «Радиоастрон» - самый большой исследовательский инструмент за всю историю человечества размером от Земли



до Луны. С его помощью достигнут мировой рекорд по угловому разрешению в 14 миллионов долей секунды дуги. Сигналы от многих далеких космических объектов уверенно зарегистрированы на базе интерферометра до 350 тысяч километров. Получены результаты по исследованию поляризации с ультравысоким разрешением, а так же получена информацию по целому ряду астрофизических объектов: 1) Наблюдения квазаров, находящихся на расстоянии миллиарды световых лет от Земли, позволили получить изображение выбросов горячего вещества в них, измерить ширину сопла выбросов вблизи центральной сверхмассивной черной дыры и восстановить тонкую структуру магнитного поля. Сопла струй оказались значительно горячее, чем считалось ранее. Это привело к качественному изменению понимания природы излучения релятивистских выбросов квазаров. 2) Успешными оказались также результаты наблюдений пульсаров в проекте. Считалось, что высокому разрешению будут препятствовать именно эффекты рассеяния излучения в Галактике по пути от пульсара к Земле. В противовес этому предсказанию научные группы проекта «Радиоастрон» открыли компактную суб-структуру дисков рассеяния в пульсарах. Более того, их последующие исследования уже на наземной РСДБ сети обнаружили суб-структуру и для центра нашей Галактики SgrA\*. Данное открытие позволит ученым получить характеристики как рассеивающей турбулентной плазмы, так и самого объекта исследований. 3) В рамках научной программы по исследованию космических мазеров с помощью наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» были обнаружены компактные источники мазерного излучения молекул гидроксила (на частоте 1665 МГц) и воды (22235 МГц) в нескольких областях звездообразования в нашей Галактике. Наблюдения с таким высоким разрешением проводились впервые в истории и позволили ученым изучать физику тонкой структуры областей звездообразования, кинематику и динамику протозвезд.

2) Из анализа потока частиц сверхвысоких энергий,  $E > eV$ , показано, что распределение плотности мощности внегалактических лучей по энергии имеет степенной вид,  $q(E)$ , с тем же показателем  $-2.7$ , что имеет распределение Галактических космических лучей до, так называемого, "колена",  $E < eV$ . Однако, средняя мощности внегалактических источников, которая составляет величину, по крайней мере на два порядка превышает мощность, излучаемую Галактикой в космических лучах, при условии, что плотность галактик составляет величину  $1 \text{ Mpc}^{-3}$ . Считая, что такую мощность могут обеспечить релятивистские выбросы (джеты) из активных ядер галактик с энергетикой, оцениваемая плотность внегалактических источников космических лучей составляет величину. Полагая единую природу Галактических и внегалактических лучей, мы делаем вывод, что Галактические лучи были произведены релятивистским джетом, излучаемым Галактическим центром, в период его активности в прошлом. Остатки биполярного джета наблюдаются сейчас в виде пузырей релятивистского газа над и под Галактической плоскостью. Излом, наблюдаемый в спектре Галактических лучей (колена), объясняется быстрым уходом энергичных частиц,  $E > eV$ , из Галактики из-за зависимости коэффициента диффузии космических





лучей от энергии . Получающийся показатель в распределении плотности частиц от энергий при  $E > eV$  хорошо согласуется с наблюдаемым, . Оцененное время прекращения работы джета в Галактике составляет лет тому назад.

3) Исследованы рассеивающие свойства межзвездной среды Галактики и истинные размеры ядер активных галактик по радиоинтерферометрическим обзорам компактных внегалактических радиоисточников. Измерены угловые размеры ядер активных галактик, проанализировано их распределение по небу и частотная зависимость для изучения синхротронного самопоглощения в струях, а также для исследования величины углового уширения в межзвездной среде. Были использованы РСДБ данные более чем 3000 компактных внегалактических радиоисточников, наблюдаемых на частотах от 2 до 43 ГГц. Обнаружено значительное увеличение угловых размеров внегалактических источников, наблюдаемых сквозь галактическую плоскость на 2, 5 и 8 ГГц, из которых около трети показывают значительное рассеяние. Эти источники в основном обнаружены в направлениях к галактическому бару, региону Лебеда и области «окна Фицджеральда».

Установлено, что сила межзвездного рассеяния ядер активных галактик коррелирует с интенсивностью в линии  $H\alpha$ , с плотностью свободных электронов и галактической мерой вращения. Зависимость величины рассеяния от красного смещения источника является незначимой, на то, что доминирующие в рассеянии экраны расположены в нашей галактике. Найдено, что наблюдаемый угловой размер Sgr A\* является крупнейшим среди тысяч ядер галактик по всему небу – однозначного объяснения этому феномену пока не получено. Исключая внегалактические радиоисточники со значительным рассеянием, обнаружено, что угловой размер оптически толстых ядер в активных галактиках, как правило, пропорционален длине волны наблюдения, что подтверждает предсказания коhnической модели синхротронного выброса с равномерным распределением энергии.

#### Статьи

1) Smirnova T. V. et al. Radioastron studies of the nearby, turbulent interstellar plasma with the longest space-ground interferometer baseline //The Astrophysical Journal. – 2014. – Т. 786. – №. 2. – С. 115. DOI: 10.1088/0004-637X/786/2/115 Импакт-фактор 5.909

2) Lobanov A. P. et al. RadioAstron space VLBI imaging of polarized radio emission in the high-redshift quasar 0642+ 449 at 1.6 GHz //Astronomy & Astrophysics. – 2015. – Т. 583. – С. A100. DOI: 10.1051/0004-6361/201526335 Импакт-фактор 5.185

3) Reva A. A. et al. Initiation and early evolution of the coronal mass ejection on 2009 May 13 from extreme-ultraviolet and white-light observations //The Astrophysical Journal. – 2014. – Т. 793. – №. 2. – С. 140. DOI: 10.1088/0004-637X/793/2/140. Импакт фактор 6.063

4) Bazilevskaya G. A. et al. Solar cycle in the heliosphere and cosmic rays //Space Science Reviews. – 2014. – Т. 186. – №. 1-4. – С. 409-435. doi:10.1007/s11214-014-0084-0 Импакт-фактор журнала 5.874



5) Ivanov P. B., Papaloizou J. C. B., Chernov S. V. A unified normal mode approach to dynamic tides and its application to rotating Sun-like stars //Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2013. – С. stt595. DOI: 10.1093/mnras/stt595 Импакт-фактор 4.952

Направление: 1. Теоретическая математика

Результаты:

1) Получены стохастические решения уравнения Навье-Стокса, описывающие развитую гидродинамическую турбулентность. Вычислены структурные функции мелкомасштабных пульсаций скорости. Продемонстрировано, что они обладают свойством перемежаемости, т.е. их показатели степени нелинейно зависят от их порядка.

2) Показано, что проблема описания систем классической механики с полутора степенями свободы, интегрируемых по Лиувиллю, сводится к интегрированию кинетического уравнения Власова, связанного с гидродинамической цепочкой Бенни. Применяя метод гидродинамических редукций, можно построить бесконечные наборы частных решений, параметризованных произвольным числом функций одного аргумента.

3) Исследованы диагональные метрики пространства-времени. Показано, что переопределённые вакуумные уравнения Эйнштейна совместимы, если существует один вектор Киллинга. Изучалась стабильность плоских гравитационных волн типа Робинсона. Эта проблема стабильности демонстрирует фантастическое математическое сходство со стабильностью черной дыры Шварцшильда, которая была рассмотрена Редже и Уилером. Так же, как для черной дыры Шварцшильда, гравитационные волны Робинсона оказываются устойчивыми по отношению к малым возмущениям. Мы предполагаем, что большой класс вакуумных решений является стабильным, среди которых оказываются все гравитационные солитоны. Кроме того, анализ устойчивости показывает удивительный факт: волновой барьер будет прозрачен для волн Робинсона, которые поэтому проходят через барьер свободно. Это намек на интегрируемость 1+2 вакуумных уравнений Эйнштейна для диагональных матриц.

Статьи

1) Pavlov M. V. Integrable dispersive chains and energy dependent Schrödinger operator //Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical. – 2014. – Т. 47. – №. 29. – С. 295204. DOI: 10.1088/1751-8113/47/29/295204 IF(5)= 1.591

2) Chesnokov A. A., Pavlov M. V. The Russo–Smereka kinetic equation: Conservation laws, reductions and numerical solutions //Physica D: Nonlinear Phenomena. – 2015. – Т. 303. – С. 50-58. DOI: 10.1016/j.physd.2015.03.013 IF(5)= 1.805

3) Pavlov M. V., Zykov S. A. Lagrangian and Hamiltonian structures for the constant astigmatism equation //Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical. – 2013. – Т. 46. – №. 39. – С. 395203. DOI: 10.1088/1751-8113/46/39/395203 IF(5)=1.591

4) Agafontsev D. S., Zakharov V. E. Integrable turbulence and formation of rogue waves //Nonlinearity. – 2015. – Т. 28. – №. 8. – С. 2791. DOI: 10.1088/0951-7715/28/8/2791 IF(5)=1.485



5) Zybin K. P., Sirota V. A. Model of stretching vortex filaments and foundations of the statistical theory of turbulence //Physics-Uspekhi. – 2015. – Т. 58. – №. 6. – С. 556. DOI: 10.3367/UFNe.0185.201506b.0593 IF(5)=2.189

Направление: 3. Математическое моделирование

Результаты:

1) Проведено теоретическое исследование динамического поведения изолированного простейшего синтетического кольцевого генетического контура из трех генов, который, во-первых, демонстрирует автоколебательное поведение за счет однонаправленной репрессии активности каждого гена его соседом и, во-вторых, производит сигнальные молекулы под контролем одного из генов кольца, а активируют они активность соседнего гена. Такая, вполне биологически реалистичная, схема взаимодействия отрицательной и положительной обратных связей приводит к богатому и необычному набору устойчивых аттракторов.

2) В 2013-2014 годах были осуществлены численные эксперименты по всесторонней симуляции коллапсированного полимерного кольца и явно показали существование структуры типа складчатой глобулы. Современные экспериментальные данные дают основание полагать, что пространственная укладка ДНК в хромосомах имеет структуру складчатой глобулы. Мы также предложили модель формирования тонкой структуры хромосомных контактных карт.

3) Проведено исследование динамики и структуры волн горения в газовых смесях и твердых топливах. В пространстве параметров найдены области существования и исследованы свойства сложных нестационарных режимов распространения пламени включая пульсирующие, спиновые и хаотические волны горения в одно, двух и трехмерной пространственной геометрии. Показано, что при определенных условиях в системе могут наблюдаться бистабильные режимы.

Статьи

1) Avetisov V. A. et al. Fractal globules: a new approach to artificial molecular machines //Biophysical journal. – 2014. – Т. 107. – №. 10. – С. 2361-2368. DOI: 10.1016/j.bpj.2014.10.019 IF(5)= 3.668

2) Potapov I., Zhurov B., Volkov E. Multi-stable dynamics of the non-adiabatic repressilator //Journal of The Royal Society Interface. – 2015. – Т. 12. – №. 104. – С. 20141315. DOI: 10.1098/rsif.2014.1315 IF(5)= 4.409

3) Gubernov V. V. et al. Analysing the stability of premixed rich hydrogen–air flame with the use of two-step models //Combustion and Flame. – 2013. – Т. 160. – №. 6. – С. 1060-1069. DOI: 10.1016/j.combustflame.2013.01.021 IF(5)= 4.806

4) Kurdyumov V. N. et al. Global stability analysis of gasless flames propagating in a cylindrical sample of energetic material: Influence of radiative heat-losses //Combustion and Flame. – 2015. – Т. 162. – №. 5. – С. 1996-2005. DOI: 10.1016/j.combustflame.2014.12.018 IF(5)= 4.806



5) Hellen E. H. et al. Electronic implementation of a repressilator with quorum sensing feedback //PloS one. – 2013. – Т. 8. – №. 5. – С. e62997. DOI: 10.1371/journal.pone.0062997 IF(5)= 3.535

**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год**

Статьи в журналах (указан "Impact Factor" за 5 лет):

1. Cirtain J. W. et al. Energy release in the solar corona from spatially resolved magnetic braids //Nature. – 2013. – Т. 493. – №. 7433. – С. 501-503. DOI: 10.1038/nature11772 IF(5)= 41.458

2. Hermsen W. et al. Synchronous X-ray and radio mode switches: a rapid global transformation of the pulsar magnetosphere //Science. – 2013. – Т. 339. – №. 6118. – С. 436-439. DOI: 10.1126/science.1230960 IF(5)= 34.921

3. Almeida J. et al. Molecular understanding of sulphuric acid-amine particle nucleation in the atmosphere //Nature. – 2013. – Т. 502. – №. 7471. – С. 359-363. DOI: 10.1038/nature12663 IF(5)= 41.458

4. Gurevich A. V. et al. Correlation of radio and gamma emissions in lightning initiation //Physical review letters. – 2013. – Т. 111. – №. 16. – С. 165001. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.165001 IF(5)= 7.326

5. Ransom S. M. et al. A millisecond pulsar in a stellar triple system //Nature. – 2014. – Т. 505. – №. 7484. – С. 520-524. DOI: 10.1038/nature12917 IF(5)= 41.458

6. Riccobono F. et al. Oxidation products of biogenic emissions contribute to nucleation of atmospheric particles //Science. – 2014. – Т. 344. – №. 6185. – С. 717-721. DOI: 10.1126/science.1243527 IF(5)= 34.921

7. Koseska A., Volkov E., Kurths J. Oscillation quenching mechanisms: Amplitude vs. oscillation death //Physics Reports. – 2013. – Т. 531. – №. 4. – С. 173-199. DOI: 10.1016/j.physrep.2013.06.001 IF(5)= 22.124

8. Kuntsevich A. Y. et al. Strongly correlated two-dimensional plasma explored from entropy measurements //Nature communications. – 2015. – Т. 6. DOI: 10.1038/ncomms8298 IF(5)= 12.001

9. Khachatryan V. et al. Observation of the rare Bs (0)-> mu (+) mu (-) decay from the combined analysis of CMS and LHCb data //Nature. – 2015. – С. 68-U146. DOI: 10.1038/nature14474 IF(5)= 41.458



10. Ulanov A. E. et al. Undoing the effect of loss on quantum entanglement //Nature Photonics. – 2015. – Т. 9. – №. 11. – С. 764-768. DOI:10.1038/NPHOTON.2015.195 IF(5)=34.159

КНИГИ И ГЛАВЫ В КОЛЛЕКТИВНЫХ МОНОГРАФИЯХ:

1) Stozhkov Y., Okhlopkov V. Solar activity, cosmic rays and global climatic changes. Homage to the Discovery of Cosmic Rays, the Meson-Muon and Solar Cosmic Rays (J.A. Perez-Peraza, ed.). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc., 2013, Chapter 14, 451-468 ID:13577.

2) Bazilevskaya G.A., Mironova I.A. Variability of solar and galactic cosmic rays. In: Earth's climate response to a changing Sun (eds. T.D. de Wit, I. Ermolli, M. Haberreiter et al.). France: EDP Science, 2015, part 2.3, 77-84. ISBN: 978-2-7598-1733-7.

3) The Coronas-F Space Mission, Astrophysics and Space Science Library, Volume 400. ISBN 978-3-642-39267-2. Ed. V. Kuznetsov. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, p. 55-127.

4) S.I. Kudryashov, N.N. Mel'nik, Structural mimicry of carbon driven by ultrashort laser pulses, Chapter in the Book "Graphite: Properties, Occurrences and Uses", Nova Science Publishers, 2013. ISBN: 978-1-62618-576-0

5) S.I. Kudryashov, Femtosecond laser excitation and ablation of silicon: basic studies, Chapter in the Book "Femtosecond lasers: New research", Nova Science Publishers, 2013. ISBN: 978-1629480596

6) I.N. Zavestovskaya "Laser nanocrystallization of metals" in "Fundamentals of Laser-assisted Micro- and Nanotechnologies" Ed. by V. Veiko, V. Konov, Springer-Verlag Berlin, 2014. ISBN 978-3-319-05986-0

7) V.D. Zvorykin and S.V. Arlantsev, "Bremsstrahlung X-ray emission in electron-beam-pumped KrF lasers" Chapter in Short Wavelength Laboratory Sources: Principles and Practices, The Royal Society of Chemistry, London, 2014. ISBN: 978-1-84973-456-1

8) V. Klimov and D. Guzatov, Engineering of radiation of optically active molecules with chiral nano-meta-particles in: Singular and Chiral Nanoplasmonics, edited by Prof. Nikolay Zheludev and Svetlana Boriskina, Pan Stanford Publishing. Singapore 2014 ISBN: 9789814613170

9) V. Klimov, Nanoplasmonics Pan Stanford Publishing, Singapore, 2014. ISBN: 9789814267168

10) High Value Manufacturing: Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping // Bartolo et al. (Eds). – London: Taylor & Francis Group, 2014. – 650p. ISBN 978-1-138-00137-4

- Shishkovsky I.V., Volyansky I. Experimental and numerical modeling of functional-graded porous filter elements, synthesized by the SLS method. – P.55-60.

- Shishkovsky I.V., Volchkov S.E. Ceramics-filled 3D porous biopolymer matrices for tissue-engineering on the stem cell culture: Benchmark testing. – P.121-126.



**15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

РНФ №14-12-00194 «Лазерно-плазменные методы ускорения частиц из низкоплотных мишеней нового поколения», 2014-2016, 15 млн. руб.

РНФ №14-12-00506 «Построение спектральных изображений высокого разрешения в мягкой рентгеновской области спектра (6-40 нм)», 2014-2016, 13,5 млн. руб.

РНФ №14-12-01425 «Многочастичные состояния в неравновесных квазидвумерных электронно-дырочных системах в полупроводниковых наноструктурах», 2014-2016, 13,5 млн. руб.

РНФ №14-12-00879 «Спиновые свойства коррелированных и топологически нетривиальных низкоразмерных электронных систем», 2014-2016, 15 млн. руб.

РНФ №14-22-00273 «Нано-, пико- и фемтосекундная электроника на основе электро-взрывных, эмиссионных и полупроводниковых технологий», 2014-2016, 42 млн. руб.

РНФ №14-12-00784 «Новые оптические и спектральные методы диагностики процессов взаимодействия плазмы с поверхностями в электровакуумных энергетических установках», 2014-2016, 15 млн. руб.

РНФ №14-42-00047 «Квантовая теория гравитации высших спинов, теория струн и ассоциированные дуальности», 2014-2016, 30 млн.руб.

РНФ №15-19-00208 «Высокопроизводительная аддитивная струйно-лазерная 3D печать функциональных наноматериалов», 2015-2017, 18 млн. руб.

РФФИ, № 12-02-33091 (мол\_a\_вед) «Фазовые переходы в неравновесных электронно-дырочных системах характеризующихся сильным и слабым взаимодействием с фотонами», 2012-2013 гг., 6 млн. руб.

РФФИ № 13-02-12103 («офи\_м») «Вселенная от радио до гамма диапазона», 2013 – 2015 гг. 9,3 млн.руб.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**



**17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

В рамках ФЦП «Поддержание, использование и развитие системы ГЛОНАСС на 2012-2020 гг.

1. Договор ФИАН – ВНИИФТРИ № 8/13-ОКРФ от «31» января 2013 г.

СЧ ОКР «Создание аппаратуры синтеза опросного сигнала на основе лазерных технологий»

Источник финансирования – РОССТАНДАРТ Заказчик - ФГУП «ВНИИФТРИ»

Срок выполнения - 2012 - 2013 гг.

Объем финансирования - 5 500,0 тыс.руб.

Результат - Разработана структура, технические требования и методики испытаний составных частей задающего генератора с повышенной кратковременной стабильностью на основе метанового оптического стандарта частоты и фемтосекундного волоконного лазера для хранителей единиц времени и частоты «фонтанного» типа.

2. НИР «Проведение исследований по созданию метанового и тулиевого стандартов частоты».

Источник финансирования - Госконтракт № 120-316 от 23.07.2012

между Агентством РОССТАНДАРТ и ФГУП ВНИИФТРИ

Генеральный заказчик ФГУП «ВНИИФТРИ»

Заказчик: ИЛФ СО РАН

Срок выполнения – 2012-2016 гг.

Объем финансирования - 31 000,0 тыс.руб.

Результат - Разработаны методы создания компактных задающих генераторов с кратковременной нестабильностью частоты 10-14 - 10-16 для существующих и перспективных эталонов частоты на холодных атомах и ионах, составляющих основу координатно-временного сегмента систем глобальной и космической навигации.

Участие в рамках мероприятий ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы:

1) Государственный контракт №16.740.11.0460 от 13 мая 2011 г.

Источник финансирования: МОН

Тема: «Космологическая эволюция и структура галактик, квазаров и релятивистских объектов: теория, обработка наблюдений, численные модели»

Сроки выполнения: 2011 – 2013 гг.

Общий объем финансирования: 2700000.00

Результат:

Разработан метод для выделения вклада некосмологических источников в карты анизотропии реликтового излучения и показано, что квадрупольная гармоника при применении



нового метода хорошо соответствует теоретическим ожиданиям, т. е. известная в литературе аномалия отсутствует.

2) Соглашение №8422 от 24 августа 2012

Источник финансирования: МОН

Тема: «Формирование астрофизических и космологических систем: экзопланет, черных дыр, систем темной материи, ранней Вселенной»

Сроки выполнения: 2012 – 2013 гг.

Общий объем финансирования: 2740000.00

Результат:

В результате изучения процесса формирования гравитационно-связанной системы темной материи из среды, содержащей начальные мелкомасштабные флуктуации плотности, показано, что в зависимости от амплитуды и размера этих возмущений меняется форма профиля плотности гало, и, соответственно, кривая вращения галактики, расположенной в данном гало. Получен степенной показатель наклона профиля плотности в центре гало, равный 0.5.

3) Соглашение № 8405 от 24 августа 2012 г. (с учетом дополнительного соглашения от 18 марта 2013 г. №1)

Источник финансирования: МОН

Тема: «Исследование объектов Вселенной методами наземно-космической радиоастрономии»

Сроки выполнения: 2012 – 2013 гг.

Общий объем финансирования: 5710000.00

Результат:

По данным «Радиоастрона» и телескопов европейской РСДБ-сети построено первое радио изображение активной галактики 0716+714 на длине волны 6,2 см и измерены параметры видимого ядра. Ширина струи в его основании составляет около 70 микросекунд дуги, что соответствует 0,3 парсека (около 10 трлн км). Оцененная яркостная температура в области радиоизлучения (около 2 трлн К) согласуется с моделью излучения релятивистских электронов с доплеровским усилением. Получены первые результаты картографирования квазаров 2013+370 и 3С418.

Федеральная целевая программа "Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008 – 2015 годы". Постановление правительства РФ №230-08 от 02.04.2008

Разработка и изготовление рентгеновского телескопа, УФ телескопа и космического коронографа для космического аппарата «Зонд»

В 2013 году рамках этой работы были изготовлены узлы образцов телескопов и коронографа, а так же контрольно-измерительная аппаратура.

Общий объем финансирования по работам ФИАН – 78 млн .руб.





## Внедренческий потенциал научной организации

### 18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Троицкий технопарк ФИАН (ТОП ФИАН - <http://sites.lebedev.ru/ru/scipark/3035.html>)

### 19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

ФТЦ ФИАН

Комплекс протонной терапии «Прометеус».

Протонная лучевая терапия во всем мире признана одним из самых перспективных направлений лучевого лечения онкологических заболеваний. Благодаря свойству протонов создавать в конце своего пробега в веществе максимальное выделение энергии становится возможным прецизионно формировать выделение дозы излучения в глубоко расположенной опухоли при минимальном облучении здоровых тканей, окружающих опухоль. Эффективность лечения достигает 90%. Однако, основным сдерживающим фактором широкого применения этого метода является очень высокая стоимость оборудования и его эксплуатация.

Для решения этой проблемы в ФТЦ ФИАН был создан дешевый, малогабаритный, с низким электропотреблением комплекс протонной терапии, не требующий больших эксплуатационных расходов, позволяющий решить проблему массовости лечения онкологических больных.

Функциональные характеристики комплекса определяются параметрами основных элементов и систем, из которых он состоит:

Протонный синхротрон:

1. Энергия пучка 50 – 250 МэВ;
2. Интенсивностью пучка ~ 10<sup>9</sup> протонов за цикл;
3. Время ускорения до 250 МэВ ~ 1 сек;
4. Управляемый вывод пучка в диапазоне 0,1 – 10 сек;
5. Расход энергии: max ~ 100 кВт, средний ~ 50 кВт;
6. Внешний диаметр кольца ~ 5 м;
7. Общий вес ~ 15 тонн.

Благодаря возможности изменять энергию выпущенного пучка протонов в широких пределах, а также наличие системы сканирования пучка отпадает необходимость изготовления для каждого пациента индивидуальных коллиматоров и компенсаторов.

Рентгеновская компьютеризированная система визуализации облучения пациента обеспечивает качественное объемное изображение объекта с пространственным разрешением ~ 1-2 мм.



Устройство фиксации пациента позволяет перемещать пациента в пространстве вокруг и вдоль оси.

Система контроля облучения пациента обеспечивает непрерывный подсчет интегральной накопленной дозы в точке облучения и прерывает процесс облучения по достижении заданного значения накопленной дозы.

Система управления комплексом включает в свой состав автоматизированное рабочее место врача и пакеты программного обеспечения.

Представленный комплекс протонной терапии имеет существенные преимущества перед аналогичными зарубежными установками. Он компактен, экономичен и значительно дешевле существующих огромных протонных установок. Бункер, где размещается комплекс, сравним с помещением для электронных ускорителей, что позволяет размещать оборудование в обычных больницах. Для его обслуживания требуется один технический сотрудник в смену.

В России первый медицинский экземпляр установки запущен в городе Протвино Московской области в специальном корпусе городской больницы в 2010 году. Второй медицинский центр создается в городе Пущине Московской области по заказу Российской академии наук для больницы РАН. Третий центр создается в Медицинском Радиологическом научном центре в г. Обнинске.

В США наш ускоритель протонов запущен в госпитале Макларен (McLaren) штата Мичиган и аналогичный ускоритель сооружается в Массачусетском главном госпитале (MGH). Еще один ускоритель делается для Израиля.

В ноябре 2015 года комплекс протонной терапии прошел государственную регистрацию в Росздравнадзоре для локализации голова-шея и получил регистрационное удостоверение № РЗН/3242 от 02 ноября 2015 года. С 23 ноября начато лечение онкологических больных на установке в городе Протвино совместно со специалистами Обнинского медицинского радиологического научного центра на постоянной основе.

СФ ФИАН в 2014-2015 гг. участвовал в консорциуме организаций, прорабатывающих возможности создания беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) методами аддитивных технологий в Российской Федерации. Состав консорциума: Дирекция авиационных проектов ГК РосТехнологии; ОАО "Конструкторское бюро «Луч»; ОАО "Научно-производственное объединение «Сатурн»; Московский авиационный институт (Государственный технический университет); ООО «Аэроб»; Самарский филиал ФИАН.

Создан демонстратор проводимых работ - беспилотник с обычной аэродинамической схемой. Технические характеристики беспилотника-демонстратора следующие: масса 3,8 кг, размах крыла 2,4 м, длина 1,6 м, скорость полета 90- 100 км/ч, продолжительность полета 1-1,5 часа, силовая установка - электродвигатель.

Применение аддитивной технологии в изготовлении демонстратора: Все детали беспилотника создаются в одной камере в течение 31 часа по безлюдной технологии. Все детали были изготовлены и собраны за две рабочие смены. Срок разработки от идеи до появления



первого образца при полном отсутствии опыта составил 2,5 месяца. Стоимость изготовления демонстратора - менее 200 тыс. рублей, в том числе 140 тыс. рублей - стоимость порошка и работы оборудования.

Объединенная приборостроительная корпорация (ОПК), входящая в госкорпорацию «Ростех», на выставке «Иннопром-2016» в Екатеринбурге (а еще ранее на II международной конференции "Беспилотная авиация - 2015") показала первый в России беспилотный летательный аппарат, полностью изготовленный по технологии 3D-печати.

## **ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Экспертная деятельность научных организаций**

#### **20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

Информация не предоставлена

#### **Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций**

#### **21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**

Государственные контракты по проекту «Радиоастрон»:

1) Государственный контракт от 17 сентября 2015г. № 024-7522/15/246

ОКР «Создание космического комплекса, включающего космическую астрофизическую обсерваторию «Радиоастрон», для наблюдений астрофизических объектов в радиодиапазоне спектра электромагнитного излучения в части выполнения ПНИ в период до 2016 года»

2) Государственный контракт от 20.12 2014г. № 024-7522/14/411

ОКР «Создание космического комплекса, включающего космическую астрофизическую обсерваторию «Радиоастрон», для наблюдений астрофизических объектов в радиодиапазоне спектра электромагнитного излучения» (в части проведения ЛИ в период 2014-2015г.г.)»

3) Государственный контракт от 03.08 2012г. № 024-7522/12

ОКР «Создание космической астрофизической обсерватории «Радиоастрон» для наблюдений астрофизических объектов в радиодиапазоне спектра электромагнитного излучения



в части завершения создания аппаратурного комплекса НСС-3 и выполнения ПНИ в период 2012-2014 годов»

Государственные контракты по проекту «Миллиметронтрон»:

1) Договор с ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина» №80/3144-13 от 27.06.13г.:

ОКР «Создание космической обсерватории «Миллиметронтрон» и интерферометра Земля-Космос на ее основе для исследований астрономических объектов со сверхвысокой чувствительностью в миллиметровом, субмиллиметровом и дальнем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитного излучения» в части разработки комплекса научной аппаратуры на период 2012-2015гг.»

2) Госконтракт от «15» декабря 2015г. №024-5569/15/325 с Госкорпорацией «Роскосмос»:

СЧ ОКР «Создание БКНА и ННК КК «Спектр-М».

Договор с фирмой «Samsung» на 2013г.: «Разработка волноводных голографических осветительных систем для виртуальных дисплеев и 3D печати»

Договор №47.3-03/147 на выполнение НИР «Разработка источника лазерного излучения на основе генерации разностных частот излучения СО-лазера» с НИЦ «Курчатовский институт» от 08.10.2013г.

Договор на 2014-2015 г.г. с Федеральным государственным унитарным предприятием "Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт экспериментальной физики (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ") по теме “Разработка технологии и изготовление кристаллов Fe<sup>2+</sup>:ZnSe. Исследование лазерной генерации.”

Договор с Фирмой “Bayer Material Science”(Германия) на 2014г.: «Разработка синтезированных волноводных устройств связи»

Договор на выполнении НИР с ИЛФИ ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ на 2014-15г.г.: «Анализ влияния неоднородности прямого облучения сферической мишени на абляционное сжатие для условий мегаджоульной лазерной установки».

ДОГОВОР № 2-11/ГФ/Н-1/2008 от 01.10.2008 г. на выполнение научно-исследовательской работы «Разработка, испытание и ввод в действие приемной аппаратуры для обеспечения возможности проведения регулярных наблюдений межпланетных мерцаний на радиоастрономическом комплексе ПРАО АКЦ ФИАН» Срок действия договора 01.10.2008 г. – 30.11.2015 г.

Заказчик - Федеральное государственное бюджетное учреждение "Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова" (ФГБУ "ИПГ").

ДОГОВОР № (151-3000-2012)-3000/253-2013 от 28.06.2013 г. на выполнение научно-исследовательской работы «Проведение исследований и разработка предложений по созданию пульсарной шкалы времени и ее использованию потребителями различного типа». Срок действия договора 01.2013 г. – 09.2013 г.

Заказчик - Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш).



ДОГОВОР №(151-3000-2012)-3000/115-2014 от 09.07.2014 г. на выполнение научно-исследовательской работы «Разработка предложений по технологии использования перспективной пульсарной шкалы времени для координатно-временного обеспечения космических аппаратов». Срок действия договора 01.2014 г. – 09.2014 г.

Заказчик - Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИМаш).

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении  
организации в соответствующем научном направлении  
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

Информация не предоставлена

ФИО руководителя \_\_\_\_\_

*Неволин В.Н.*

Подпись \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

*23.05.2017*



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ФИЗИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ



имени  
П.Н. Лебедева

Российской академии наук

Ф И А Н

ПРИКАЗ

Дата 05.05.2017 г.  
Москва

№ 1012-дс

На время моей командировки с 23.05.2017 г. по 25.05.2017 г. возложить исполнение обязанностей директора института на помощника директора по финансово-экономическим вопросам и инновационной деятельности В.Н. Неволina.

Основание: командирование Н.Н. Колачевского, согласие В.Н. Неволina.

Директор

Н.Н. Колачевский

КОПИЯ  
ВЕРНА

Ученый секретарь



Ковалев А.И.