



НЦФМ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

Национальный центр физики и математики

Сергеев Александр Михайлович

Научный руководитель НЦФМ,
академик РАН

г. Томск

31 марта 2023 г.



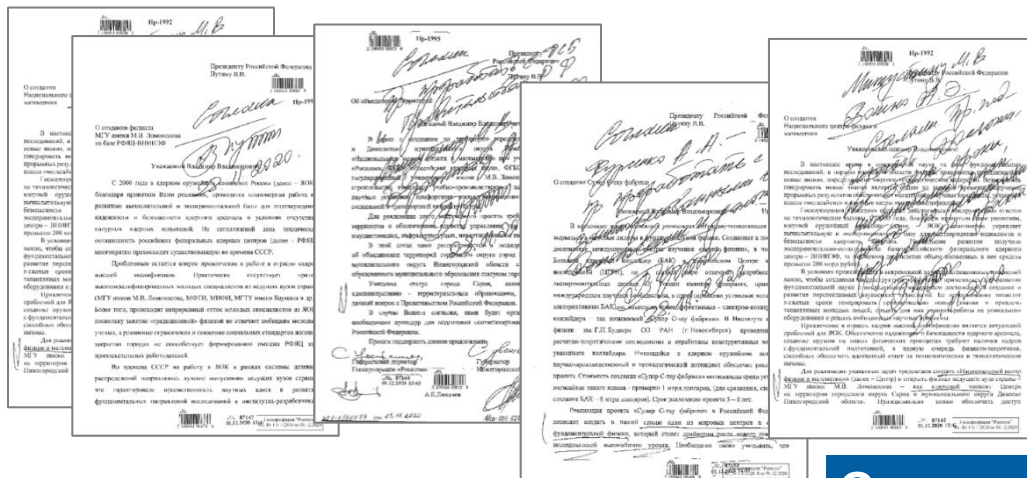
СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ (НЦФМ)



НЦФМ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

Поручения Президента Российской Федерации

- Создать Национальный центр физики и математики
- Определить порядок использования экспериментальной базы ядерных центров в интересах развития науки
- Разработать и утвердить научную программу и программу развития Центра физики и математики
- Создать филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в Сарове
- Проработать с заинтересованными ведомствами вопросы создания экспериментальных установок класса «мега-сайенс»



Миссия НЦФМ

Использование достижений фундаментальной науки для национальной безопасности

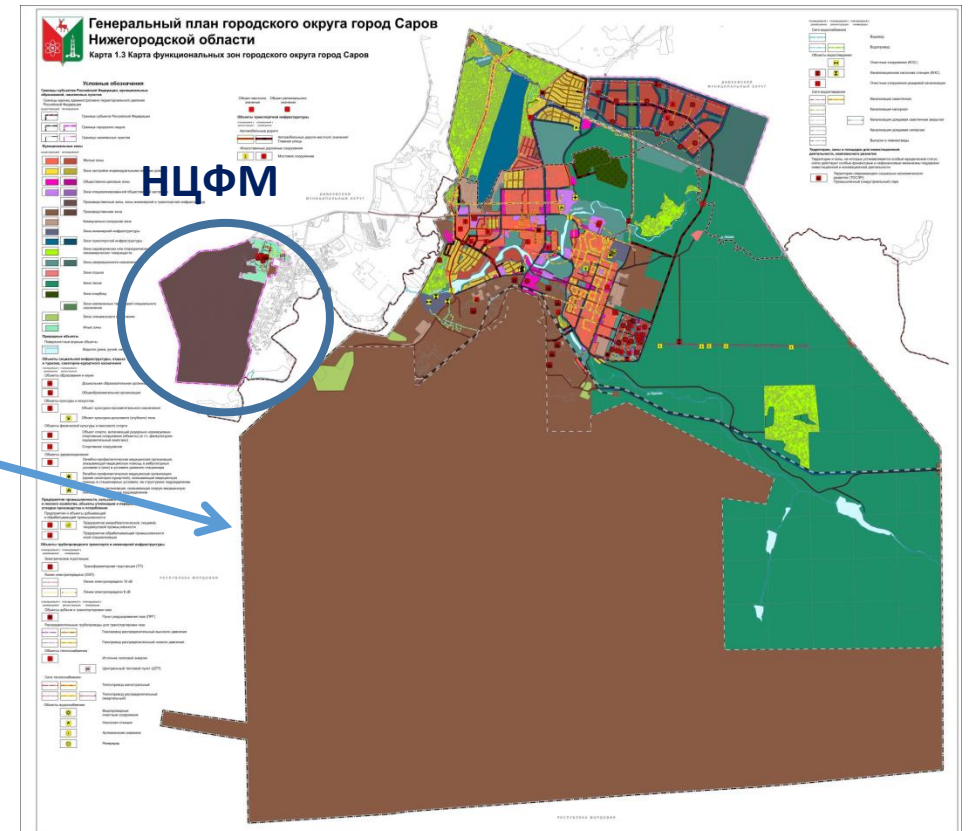
- Укрепить национальную безопасность
- Дать импульс созданию новой промышленности
- Создать условия для технологической независимости страны

Цели НЦФМ

- Локализация в стране крупных научных проектов и глобальной исследовательской инфраструктуры
- Подготовка ученых высшей квалификации и укрепление кадрового потенциала атомной отрасли
- Получение научных результатов мирового уровня, обеспечение привлекательности российской науки для талантливой молодежи
- Создание условий для обеспечения технологического суверенитета
- Трансфер технологий

Основные результаты «быстрого старта» (2021-22 гг.)

- ✓ Выпущены базовые нормативно-правовые акты по созданию НЦФМ
- ✓ Открыт филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Саров
- ✓ Созданы Совет по развитию НЦФМ и Научно-технический совет НЦФМ
- ✓ Разработаны и утверждены научная программа и программа развития НЦФМ
- ✓ Утвержден перечень экспериментальных установок и вычислительных комплексов ядерного оружейного комплекса в целях проведения исследований НЦФМ
- ✓ Сформирован Федеральный проект «Создание НЦФМ», проект включен в ГП РАЭПК (в части создания имущественного комплекса НЦФМ) и ГП НТР (в части реализации научной программы НЦФМ)
- ✓ Изменены территориальные границы г. Саров



СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НЦФМ



ЭТАПЫ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ НЦФМ

(утверждена Советом по развитию НЦФМ в декабре 2021 г. и приоритизирована в декабре 2022 г.)



НЦФМ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

Тактические цели НЦФМ

(этап «быстрого старта»):

- Запуск Научной программы
- Кооперация 55 научных организаций
- Существующая экспериментальная база
- Открытие филиала МГУ
- Институт трансфера технологий
- Концепция «города будущего»

Среднесрочные цели НЦФМ:

- Первые результаты научной программы мирового уровня
- Институционализация НЦФМ
- Установки «мидисайенс» на базе НЦФМ, включая **7 лабораторий** по итогам приоритизации научной программы
- **1-й этап** имущественного комплекса
- Старт программы коммерциализации

2026 - 2030+

Стратегические цели НЦФМ:

- Вхождение в число ведущих международных научных центров
- Установки «мегасайенс»
- **2-й этап** имущественного комплекса
- Агломерация нового типа

2021 - 2022

2023 - 2025

- Научные направления, темы, проекты, кооперация
- Необходимая материальная база и ресурсы
- Ожидаемые результаты мирового уровня



СОЗДАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ



Общая инфраструктура

11 объектов (39,5 тыс. м²)

Конгресс-центр

Инженерная и транспортная инфраструктура

Социальные объекты (медицина, спорт, общественные пространства)

Образовательная инфраструктура

14 объектов (65,0 тыс. м²)

Учебный корпус МГУ Саров

Инфраструктура кампуса

Жилье для преподавателей и студентов

Научная инфраструктура

4 объекта (19 000 м²)

Центр коллективного пользования

Лаборатория астрофизики

Лаборатория «Супермагнит»

Фаблабы / стартапы

10 НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ НЦФМ

1
Национальный центр
исследования архитектур
суперкомпьютеров

2
Математическое
моделирование на супер-
ЭВМ экса- и зеттафлопсной
производительности

3
Газодинамика и физика
взрыва

4
Физика высоких плотностей
энергии

5
Физика частиц космология

6
Ядерная и радиационная
физика

7
Исследования в сильных и
сверхсильных полях

8
Физика изотопов водорода

9
Искусственный интеллект и
большие данные в
технических,
промышленных, природных
и социальных системах

10
Экспериментальная
лабораторная астрофизика
и геофизика

Научные установки для реализации научной программы НЦФМ

УТВЕРЖДЕН
распоряжением Правительства
Российской Федерации
от 17 ноября 2021 г. № 3231-п

ПЕРЕЧЕНЬ
экспериментальных установок и вычислительных комплексов
федеральных государственных унитарных предприятий,
которым присвоен статус федеральной ядерной организации,
в целях проведения экспериментальных исследований
Национальным центром физики и математики

1. Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики"
1. Вычислительный центр коллективного пользования с суперЭВМ производительностью 200 Тфлоп/с.
2. Вычислительный центр коллективного пользования на открытой площадке "Технипарк" с суперЭВМ производительностью 40 Тфлоп/с.
3. Вычислительный центр коллективного пользования на открытой площадке "Технипарк" с суперЭВМ производительностью 1000 Тфлоп/с.
4. Ракетная катализирующая установка.
5. Открытая аэробаллистическая трасса.
6. Аэробаллистический тир.
7. Комплекс стендов динамических испытаний.
8. Стенд высокоскоростных ударно-осколочных испытаний (широкая номенклатура калибров ствольных пороховых и легкозвучных баллистических установок).
9. Кислородно-водородный тепломеханический стенд.
10. Камера многоцелевого исследовательского комплекса МИК лазерной установки нового поколения для моделирования процессов при высоких плотностях энергии.
11. Лабораторный испытательный стенд "Каскад" для отработки взрывомеханических генераторов.
12. Линейный индукционный ускоритель электронов ЛИУ-30.

13. Линейный резонансный ускоритель электронов ЛУ-10-20.
14. Малогабаритные импульсные ускорители электронов АРГУМЕНТ-1000, АРГУМЕНТ-М.
15. Субнаносекундный ускоритель электронов АРСА-М.
16. Генератор нейтронов НГ-11И.
17. Электростатический тандемный ускоритель ЭТТ-10.
18. Электромагнитный масс-сепаратор С-2.
19. Комплекс магнитокумулятивных генераторов МК-1 для получения данных при изотропическом сжатии материалов.
20. Экспериментальный электрофизический стенд НИМ-01 для моделирования генерации и распространения электромагнитных волн в плазме.

II. Федеральное государственное унитарное предприятие
"Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика
Е.И. Забыхина"

1. Микроцентр обработки данных с вычислительным комплексом производительностью до 124 ТФлопс.
2. Ускоритель электронов прямого действия ИГУР-3.5.
3. Линейный индукционный ускоритель электронов ЛИУ-2.
4. Бетаотрадный комплекс на базе бетажелезных бетатронов БИМ234-3000М.
5. Линейный индукционный ускоритель электронов ЛИУ-20.
6. Генератор ударных волн ГИУВ.
7. Участок исследований теплофизических, физико-химических характеристик радиоактивных и дефицитных материалов.
8. Участок исследований эксплуатационных характеристик изделий новой техники.
9. Участок разработки, изготовления материалов и изделий на основе радиоактивных и дефицитных материалов.
10. Участок разработки методов определения состава радиоактивных и дефицитных материалов.
11. Дифрактометр рентгеновский.
12. Сканирующий (атомно-силовой) базовый микроскоп.
13. Установка неразрушающего контроля паяных соединений Филин-273МФ.

14. Установка БМ-П для повешения экспериментов по изучению процессов распространения и горения водородно-паргазовых смесей в модельных помещениях атомных электростанций.
15. Установка БМ-Т для определения пределов ускорения плазмы в водородных смесях.
16. Установка БМ-К для исследования ускорения плазмы в стратифицированных водородных смесях.
17. Установка БМ-У, имитирующая замкнутое помещение с ключевыми объектами водородной энергетики.
18. Стенд СТРУЯ для проведения исследований струйного истечения однокомпонентных газов с высокой четкостью из сосудов высокого давления.
19. Стенд СТРУЯ-700 для определения излучательных и газодинамических характеристик струй и диффузионных плазм при аварийном истечении смесей водород-монооксида углерода-воздух.
20. Стенды БМ-Д, БМ-ИМ1, БМ-ИМ2 для проведения испытаний пассивных рекомбинаторов водорода и их имитаторов при атмосферных давлениях.
21. Стенд бассейна для исследований проливов крио-водородов на твердую и жидкую поверхности.
22. Циклотрон СС-18/9.
23. Ускоритель электронов ЭМИР-2 модернизированный.
24. Ускоритель электронов ИГУЭ.
25. Ускоритель электронов СПРУТ (УЭ/ПР-7-1А).
26. Ускоритель электронов РАИД-2.
27. Ускоритель электронов ИГУР-3.



РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА НЦФМ



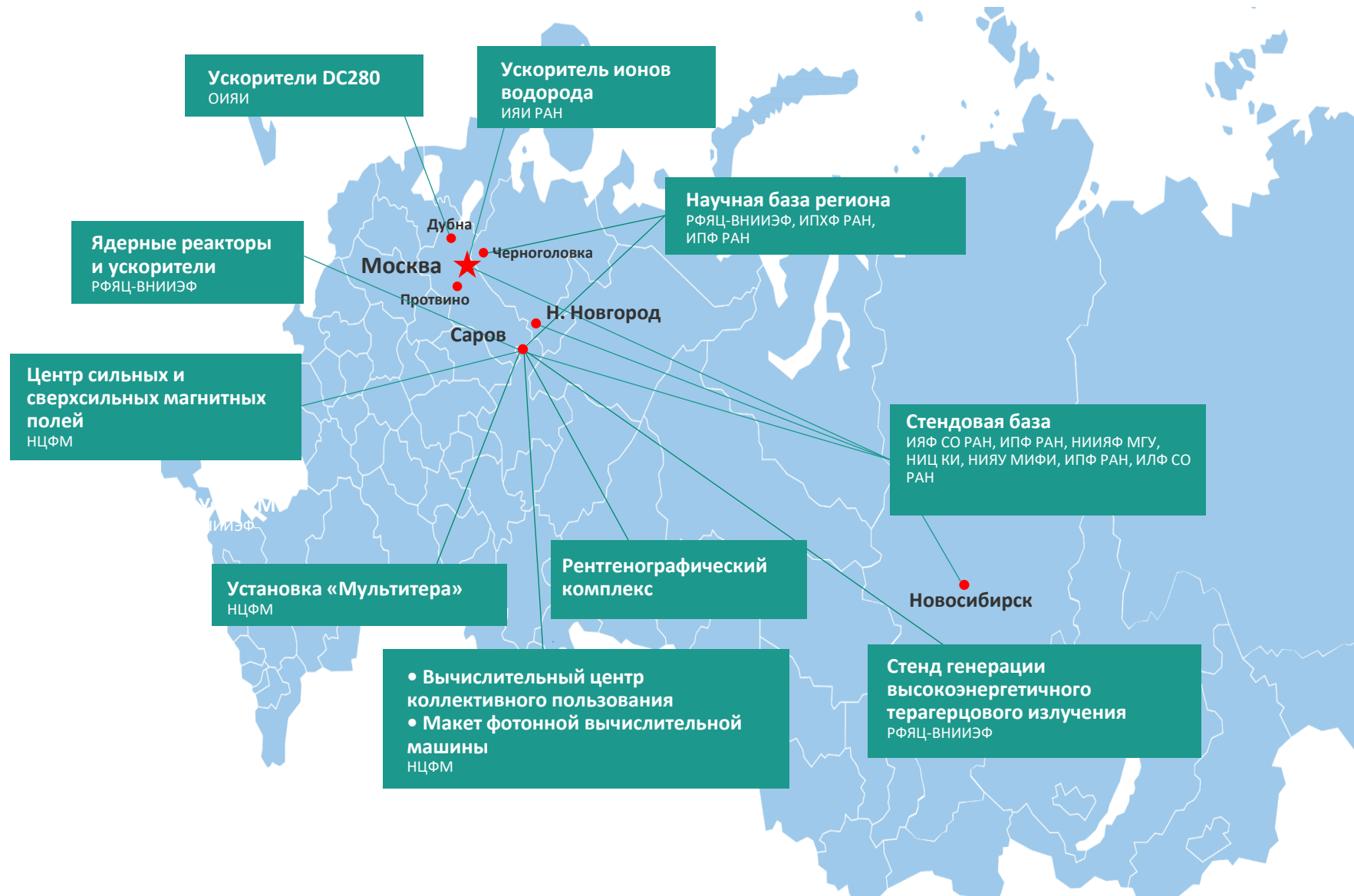
НЦФМ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

Основные университеты

- Российская академия наук
- МГУ имени М.В.Ломоносова
- НИЦ «Курчатовский институт»
- Объединенный институт ядерных исследований г. Дубна
- ЯОК Госкорпорации «Росатом»

Кооперация (> 50 организаций)

- АО «МЦСТ» АО «НИИМЭ»
- БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
- ВШЭ ГНЦ РФ – ИМБП РАН
- ИВМ РАН ИВМиМГ СО РАН
- ИЛФ СО РАН Институт физики ДФИЦ РАН
- ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
- ИПНГ РАН ИПС РАН ИПУ РАН ИПФ РАН ,
- ИПХФ РАН ИСП РАН ИТ СО РАН
- ИФВД РАН ИФМ (филиал ИПФ РАН)
- ИЯИ РАН ИЯФ СО РАН
- КФУ
- МСЦ РАН - филиал НИИСИ РАН
- МФТИ НГТУ им. Р.Е. Алексева
- НИВЦ МГУ
- НИЦ «Курчатовский институт»
- НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ
- НИЯУ МИФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
- НИИЯФ МГУ
- ОИВТ РАН
- ООО «НИИ МВУС» ООО «НИЦ СЭ и НК»
- РТУ МИРЭА Самарский университет
- СарФТИ НИЯУ МИФИ СКОЛТЕХ
- СПбПУ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
- ФМБА России
- ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН
- ФГУП «ГосНИИАС»
- ФИАН ФИЦ ИУ РАН
- ФТИ им. А.Ф. Иоффе

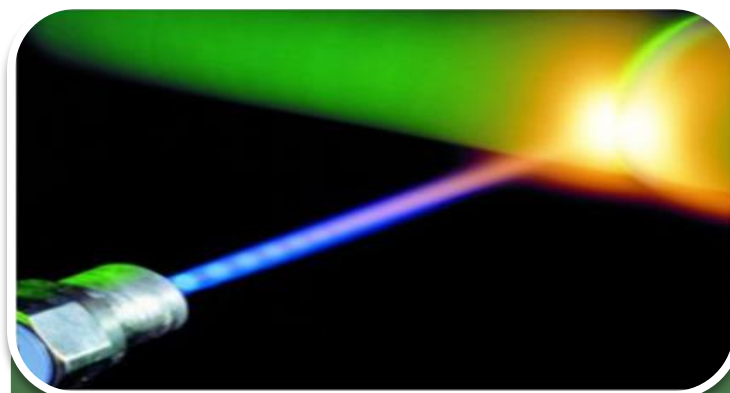


ФЛАГМАНСКИЕ ПРОЕКТЫ МЕГАСАЙЕНС



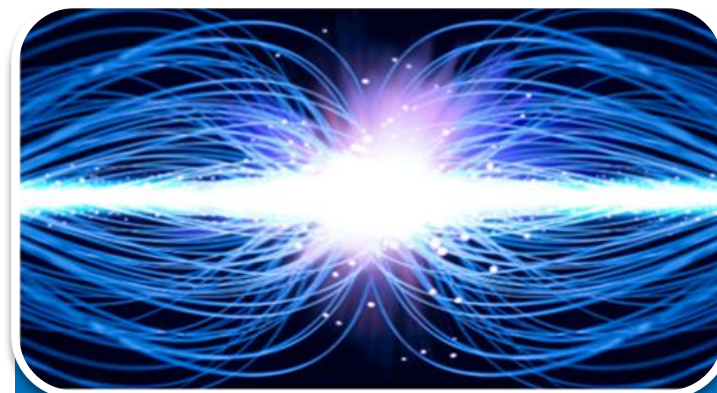
Фотонная вычислительная машина

зеттафлопсной
производительности



Центр исследований экстремальных световых полей

на базе лазерного
комплекса экзаваттной мощности



Многофункциональный ускорительный комплекс

с источником
комptonовского излучения

Технологический предел производительности с использованием традиционных электронных микрочипов практически достигнут. Необходим новый подход, использующий другой носитель информации – **ФОТОНЫ** **ВМЕСТО ЭЛЕКТРОНОВ** - для записи, передачи и обработки информации

Фотонные компьютеры

Оптическая компонентная база Классические (не квантовые) состояния света

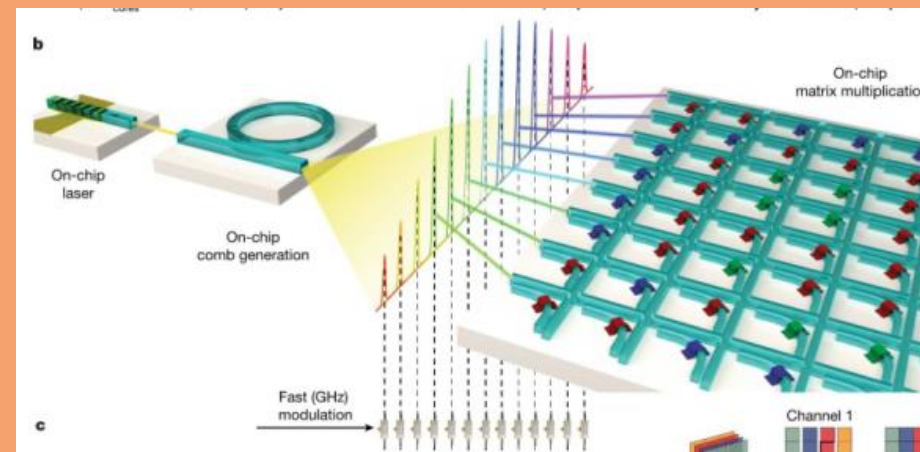
Задачи:

- Создание оптических чипов
- Параллельные вычисления для разных длин волн, поляризаций или оптических импульсов
- Оптоэлектронные интерфейсы

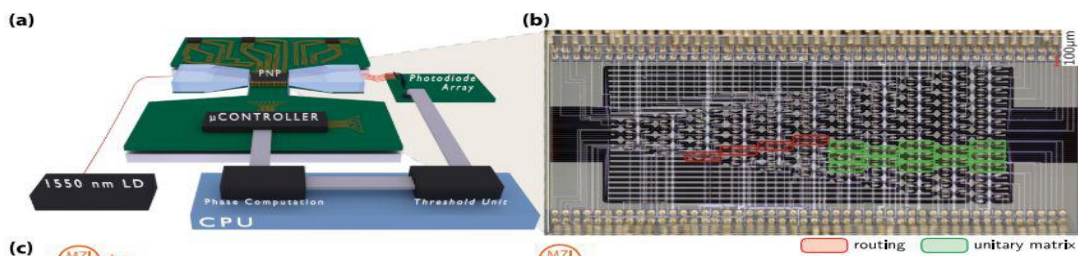
Специализированные вычислительные устройства с гибридной архитектурой

Решение специальных задач в области численного моделирования сложных систем, искусственного интеллекта и обработки больших массивов данных

(например, перемножение матриц и умножение матрицы на вектор на оптическом процессоре)



Будет создана гибридная оптоэлектронная вычислительная машина на базе оптических сопроцессоров с производительностью до 10 Зеттафлопс



ЭКЗАВАТТНЫЙ ЛАЗЕР XCELS (eXawatt Center for Extreme Light Studies)

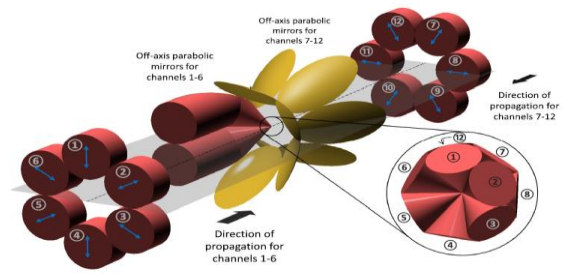
- Ионизация вакуума и генерация частиц и античастиц
- Генерация сверхплотной ультрарелятивистской электрон-позитронной плазмы и гамма излучения сверхвысокой яркости
- Направленные источники гамма излучения с энергией фотонов ГэВ диапазона
- Генерация аттосекундных импульсов с полями, приближающимися к Швингеровскому пределу
- Изучение пространственно-временной структуры вакуума

Внутриатомное поле,
удерживающее
электрон в атоме
водорода

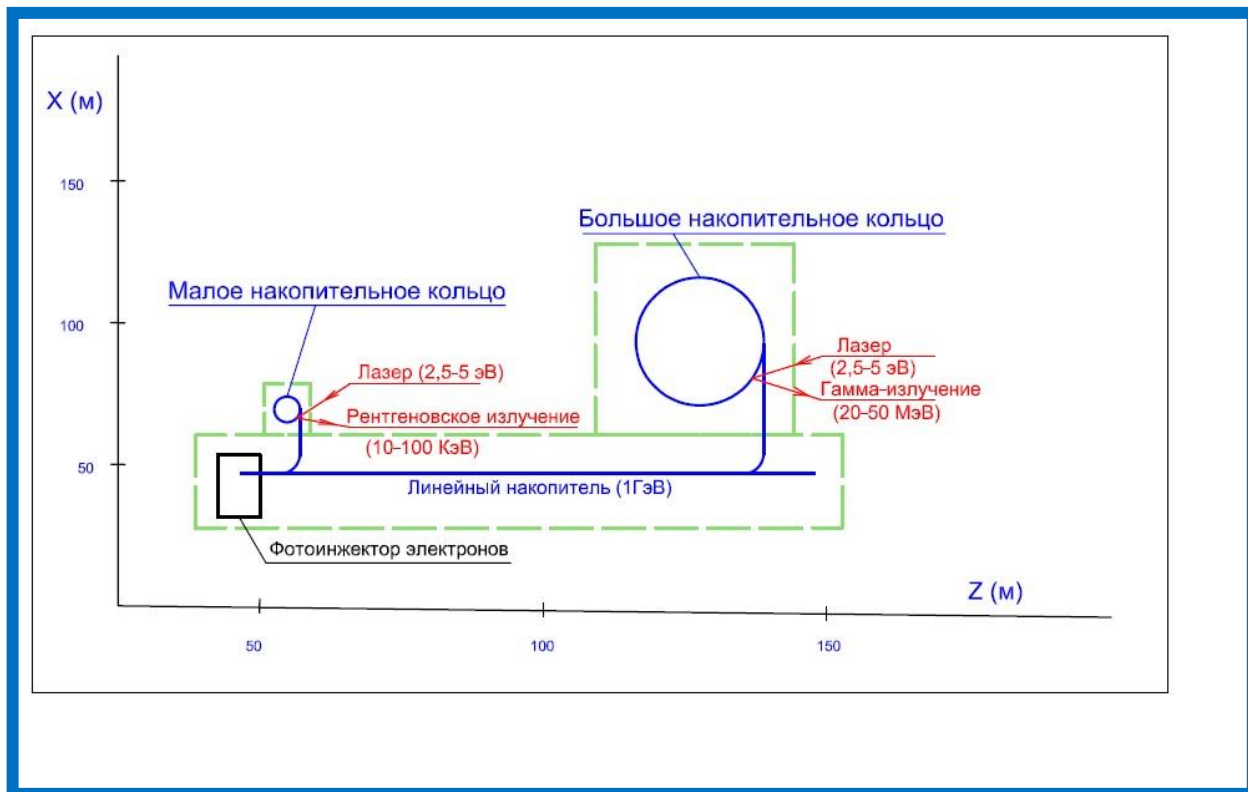
Имеющиеся
установки

XCELS

Поле, удерживающее
электрон-позитронные
пары в квантовом вакууме
(Швингеровский предел)



МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС С ИСТОЧНИКОМ КОМПТОНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ



Создание источника квазимонохроматического гамма-излучения рекордной яркости в диапазоне энергий 5-50 МэВ с потоком до 10^{11} фотонов в секунду и угловой расходимостью порядка 1 мрад позволит совершить качественный скачок в фотоядерной физике

Ядерная фотоника (по аналогии с атомной оптикой) имеет задачу исследования ядерной материи с помощью квазимонохроматического источника гамма квантов с энергией

5-50 МэВ, включая

- Физику ядерных изомеров
- Деление ядер при фотовозбуждении
- Структуру гигантского дипольного ядерного резонанса
- Экзотические моды возбуждения ядер и структуру «пигмейного» резонанса
- Фоторасщепление ядер и нуклеосинтез в ядерной астрофизике

Малое накопительное кольцо позволит создать источник комптоновского излучения с энергией квантов 10-100 КэВ для различных диагностических приложений

Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 1

Национальный центр исследования архитектур суперкомпьютеров

(ак. РАН Каляев И.А., чл.-корр. РАН Шагалиев Р.М.)

Сформирован фундаментальный научный задел для разработки фотонных вычислительных устройств. Экспериментально обоснована принципиальная возможность их создания при современном технологическом уровне производства в Российской Федерации.

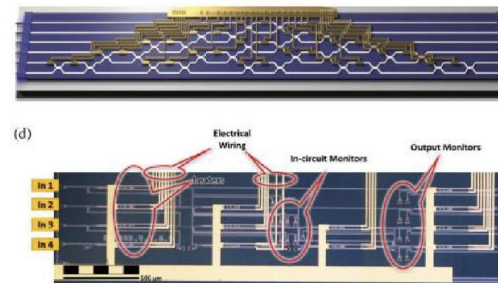
Проекты

1.1. Центр исследования архитектур супер-ЭВМ

1.2. Фотонные вычислительные системы

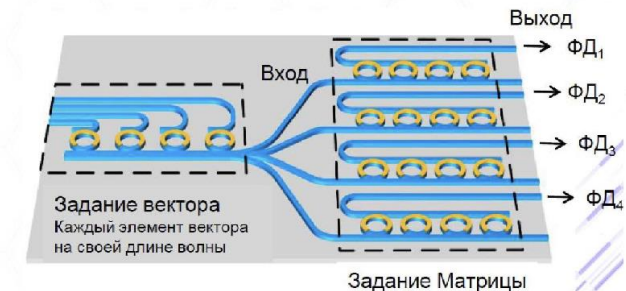
Сравнение архитектур на базе модуляторов Маха-Цендера и кольцевых микрорезонаторов

Модуляторы Маха –Цендера



1. Число входов (источников) – N . На вход подается 1 длина волн.
2. Число выходов – N .
3. Число рабочих длин волн – 1 (квазимонохроматический источник).
4. Число независимых настраиваемых фаз – N^2 .
5. Достижимая экстинкция больше, чем в схеме с кольцами.
6. Относительно высокая температурная стабильность.
7. Меньшая компактность в сравнении с кольцами.

Кольцевые микрорезонаторы



1. Число входов – 1; N . На вход подаётся N длин волн.
2. Число выходов – N ; $2N$.
3. Число рабочих длин волн – N .
4. Число независимых кольцевых резонаторов – N^2 .
5. Достижимая экстинкция меньше, чем в схеме с ММЦ.
6. Относительно малая температурная стабильность.
7. Большая компактность в сравнении с ММЦ.

Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 2

Математическое моделирование на суперЭВМ экса- и зеттафлопной производительности

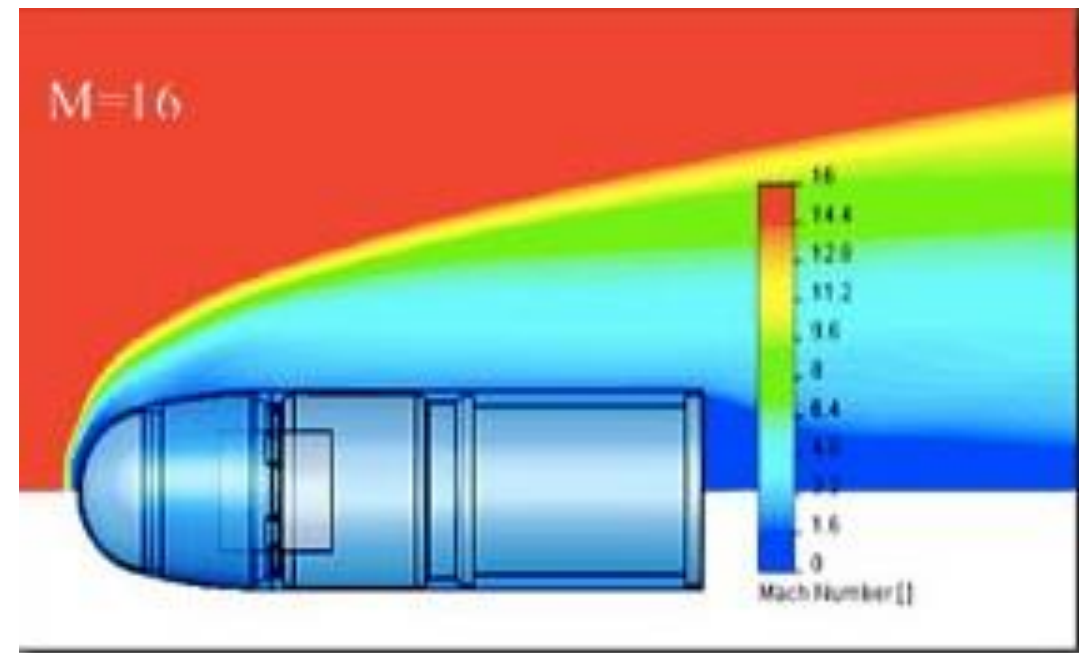
(чл.-корр. РАН Воеводин В.В., чл.-корр. РАН Шагалиев Р.М.)

- Разработаны уникальные методы математического моделирования задач внешней аэродинамики на гиперзвуковых скоростях
- Разработаны эффективные методы и программные средства моделирования воздействия электромагнитного излучения на сложные технические устройства

Проекты

2.1. Математические методы и алгоритмы мульти-эксафлопного класса для моделирования физических процессов

2.2. Математические методы моделирования промышленных систем. Разработка математических методов для решения приоритетных задач в интересах ответов на новые вызовы



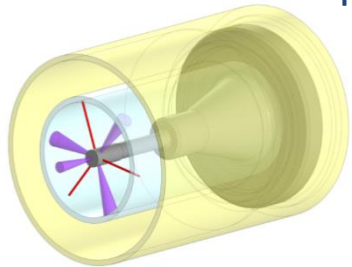
Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 3

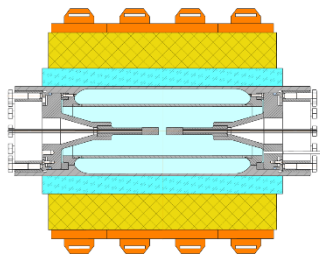
Газодинамика и физика взрыва

(чл.-корр. РАН Ломоносов И.В. , к.т.н. Ерунов С.В.)

Опыты с устройствами цилиндрической геометрии в области 100-500 ГПа с дейтерием и гелием (2021-2022 гг.)



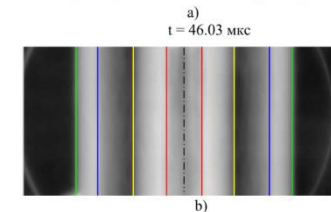
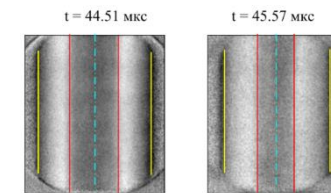
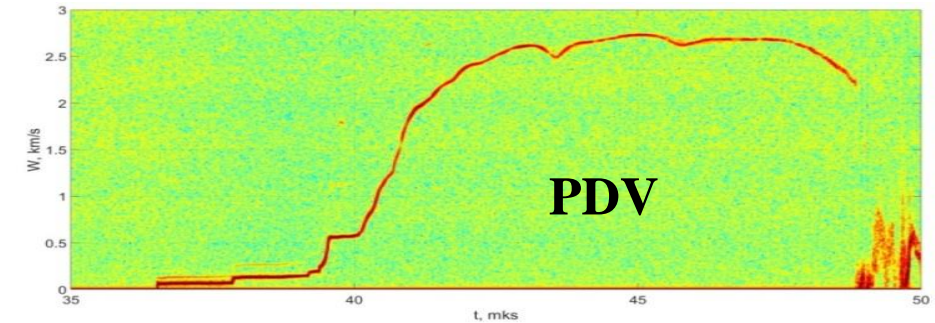
Впервые в одном эксперименте с использованием трех методик, основанных на разных физических принципах (рентгенография, гетеродин-интерферометрия, пирометрия), были получены данные по газодинамическим свойствам квазиизэнтропически сжатых дейтерия и гелия, а также средней плотности, массовой скорости и яркостной температуре в газовой полости.



Получено законченное, термодинамически полное, описание свойств дейтерия и гелия при экстремальных условиях посредством объединения газодинамических диагностик с пирометрическими измерениями.

Газ	P, ГПа	ρ_{exp} , г/см ³	T, кК
D ₂	193±6	1,78±0,23	4,1±0,8
He	220±17	1,64±0,21	21±4

Проекты
3.1. Физика неидеальной плазмы легких элементов при сверхвысоких давлениях
3.2. Исследование физических процессов при УТС и в звездных системах



Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 4

Физика высоких плотностей энергии

(ак. РАН Сергеев А.М., ак. РАН Гаранин С.Г.)

Создан датчик измерения волнового фронта с рекордным в мире быстродействием (4 кГц)

на основе ПЛИС-технологий, измерения которого позволили при наблюдении звезды Капелла обнаружить эффект «перемежаемости» турбулентности (периодическая смена колмогоровской турбулентности на когерентную) и определять ширину полосы атмосферных турбулентных искажений в зависимости от оптической погоды (100-300 Гц). Данный результат будет использован для быстрого внедрения в сложную лазерную систему двойного назначения, включая системы построения прецизионных изображений космических объектов (с кратным увеличением обнаружительной способности) и распространения лазерного излучения в атмосфере.

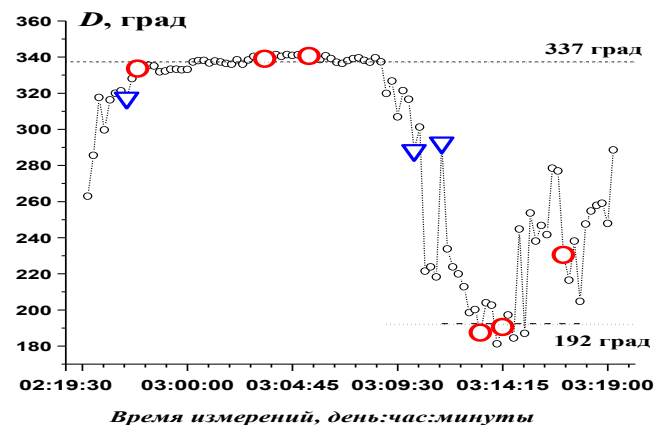
Проекты

4.1. Исследования генерации ТГц излучения, быстрых частиц и жесткого рентгеновского излучения в лазерной плазме, возбуждаемой мощным лазерным излучением (Мультитера)

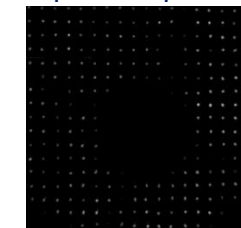
4.2. Исследования в интересах создания перспективных лазерных технологий, включая создание квантово-каскадных лазеров ИК диапазона, адаптивных систем нового поколения, высокопрочных диэлектрических просветляющих покрытий

4.3. Исследования в интересах отработки составных частей лазерной установки XCELS

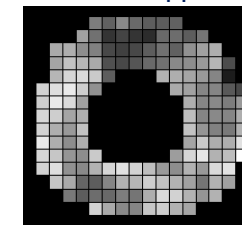
Эффект «перемежаемости» (D – среднее направление скорости ветра)



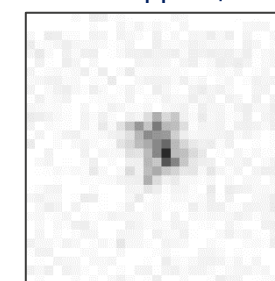
Гартманограмма



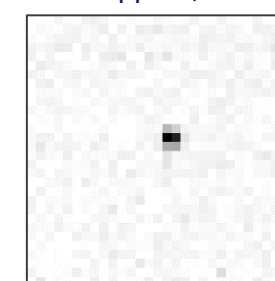
Волновой фронт



Изображение звезды без коррекции



Изображение звезды с коррекцией



Направление 5

Физика частиц и космология

(ак. РАН Незнамов В.П., чл.-корр. РАН Боос Э.Э.)

Оценка потенциала будущего электрон-позитронного коллайдера Супер с-тау фабрика для поиска легкой темной материи

Впервые представлены перспективы поиска процессов рождения легкой Темной материи, и частиц-медиаторов в экспериментах на перспективной установке класса «мегасайенс»: лептонном коллайдере Супер с-тау Фабрика.

Оценены доверительные области в пространстве параметров моделей, доступные для наблюдения на Супер с-тау Фабрике и показано, что границы этих областей располагаются значительно шире, чем границы полученные в предыдущих экспериментах BABAR, NA64, NA62, Orsay, E137, E787, E949, что говорит о значительном потенциале Супер с-тау Фабрики для поиска легкой Темной материи.

Проекты

5.1. Развитие квантовой механики стационарных состояний частиц в искривленном и плоском пространстве-времени классических решений общей теории относительности

5.2. Теоретическое исследование новых моделей и сигналов темной материи для экспериментов на коллайдерах. Квантовые эффекты в искривленном пространстве-времени и решение некоторых проблем СМ

5.3. Физические явления на постинфляционной стадии развития Вселенной

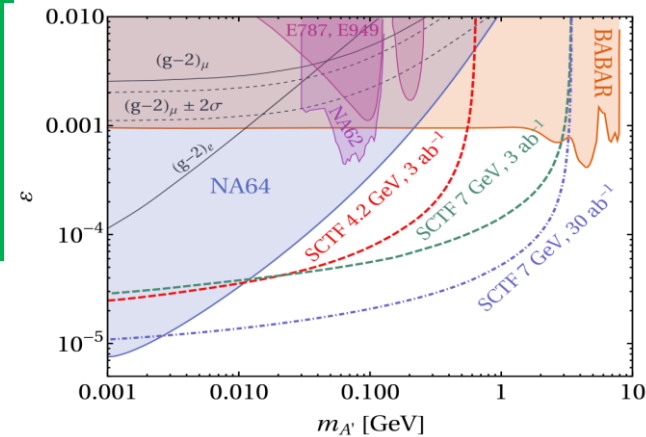


Рис. 1. Чувствительность коллайдера Супер с-тау Фабрика к параметру кинетического смешивания « ϵ » векторного медиатора и фотона в зависимости от массы векторной частицы-медиатора на 90%-ом уровне статистической достоверности.

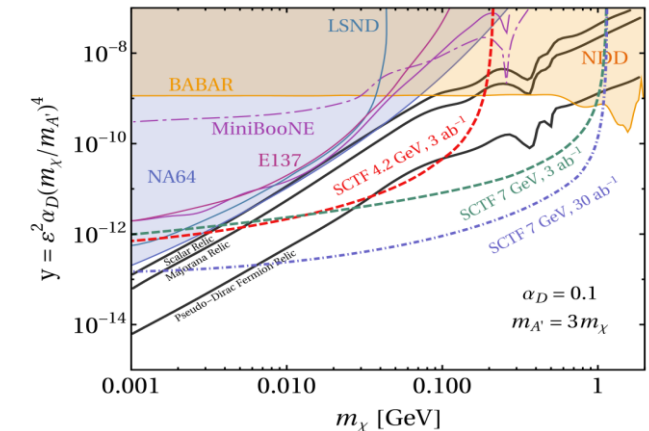


Рис. 2. Чувствительность коллайдера Супер с-тау Фабрика к параметру взаимодействия « y » векторного медиатора и фермионной темной материи в зависимости от массы фермиона темной материи на 90%-ом уровне статистической достоверности.

Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 6

Ядерная и радиационная физика

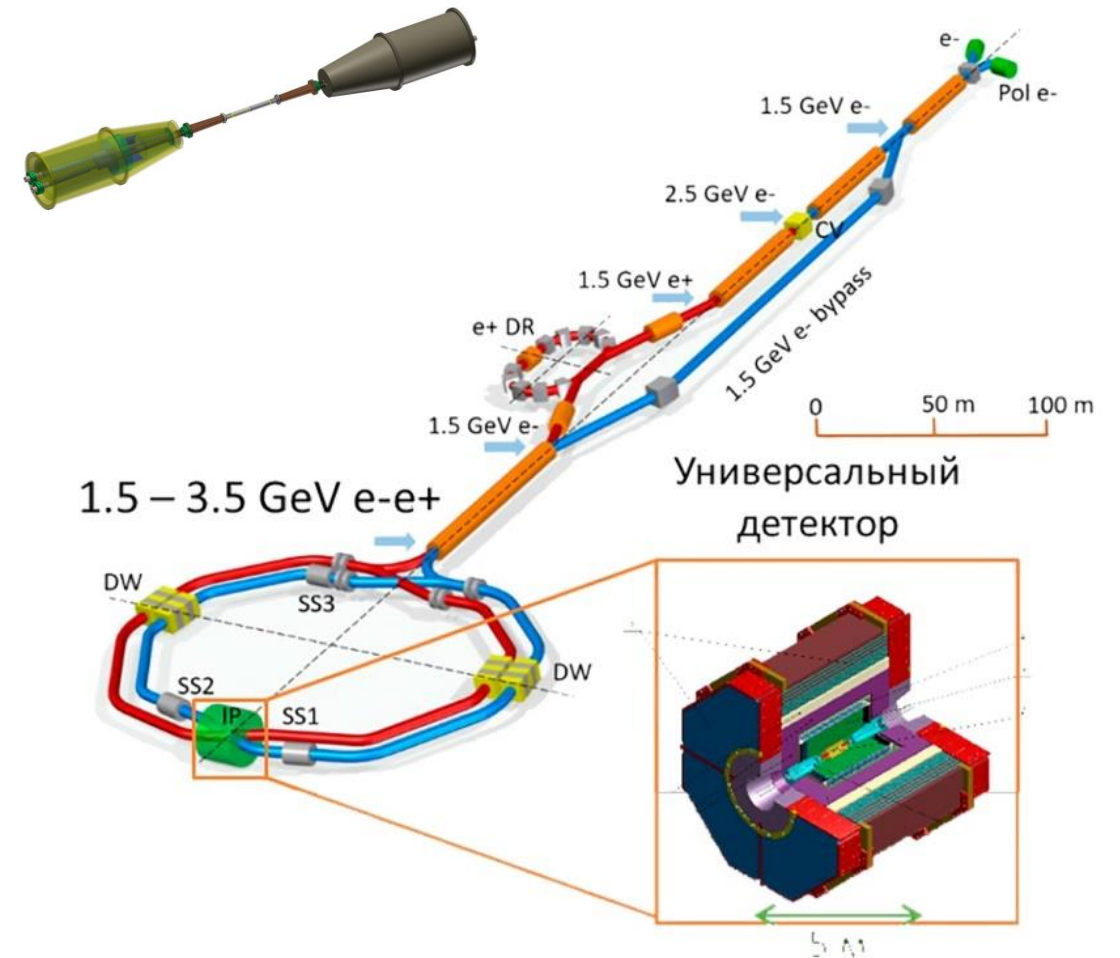
(ак. РАН Логачев П.В., чл.-корр. РАН Завьялов Н.В.)

Для достижения максимальной светимости коллайдера разработан проект системы финального фокуса места встречи электрон-позитронных пучков коллайдера на основе принципиально новой схемы столкновения пучков – Crab Waist, позволяющей без существенного увеличения интенсивности пучков, размеров установки или уменьшения длины сгустка, поднять светимость на один-два порядка.

Электрон-позитронный коллайдер с энергией частиц до 7,0 ГэВ, светимостью $10^{35} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ (в 100 раз больше, чем у существующих) будет создаваться с целью изучения процессов рождения очарованных кварков и тау-лептонов. На коллайдере будет получен набор данных, превосходящий на два порядка по объему набор существующих экспериментальных данных. Полученные данные позволят открыть новые физические эффекты, не описываемые в рамках Стандартной Модели.

Проект системы финального фокуса коллайдера включает двухслойную бериллиевую охлаждаемую камеру места встречи, криогенную систему финального фокуса, сверхпроводящие соленоиды и квадрупольные линзы финального фокуса.

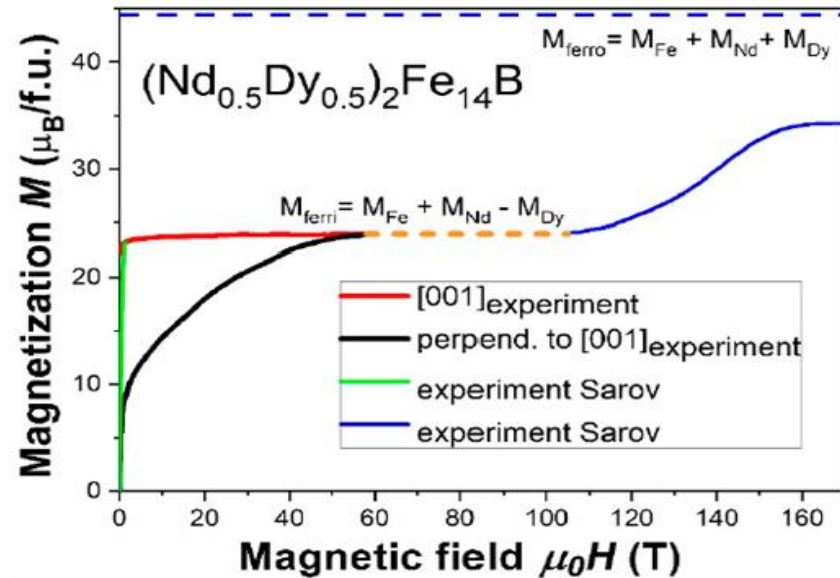
Проекты
6.1. Физика и технология новых ускорителей
6.2. Излучения космического и околоземного пространства и физика радиационных процессов



Направление 7

Сильные и сверхсильные магнитные поля

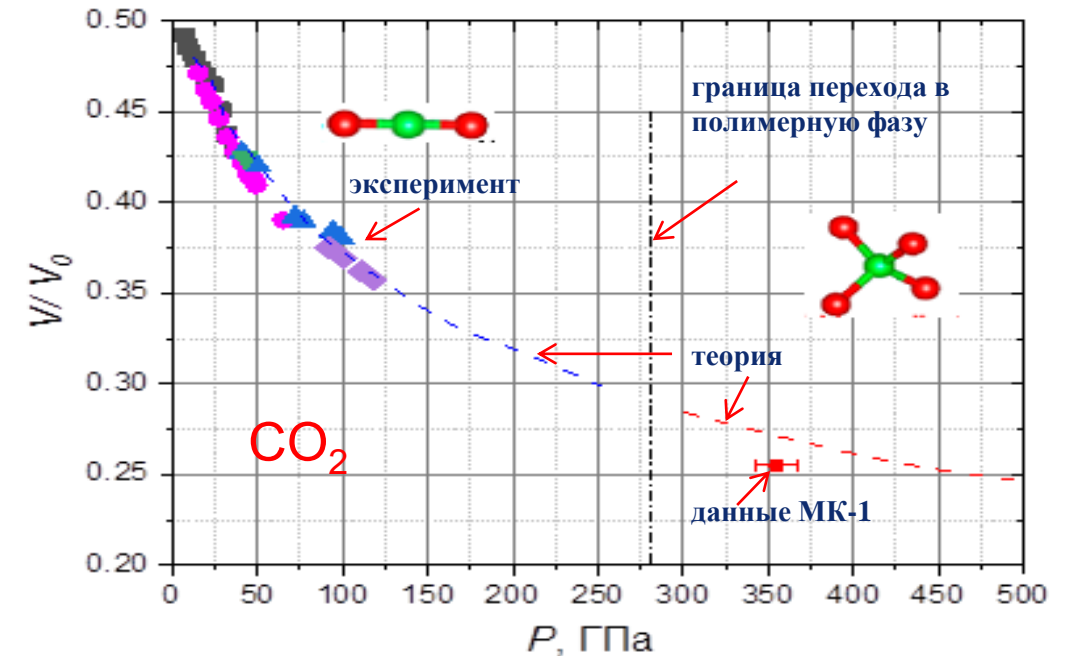
(чл.-корр. РАН Селемир В.Д.)



Впервые измерена намагниченность в полях более 100 Тл соединений со сложной магнитной структурой, в том числе материалов на основе редкоземельных элементов – наиболее сильных постоянных магнитов

Проект

7.1. Исследования свойств веществ в сильных магнитных полях. Расчетно-теоретические исследования твердого тела в экстремальных условиях (сильные и сверхсильные магнитные поля, мегабарные давления). Создание Центра сильных магнитных полей, включая установку с неразрушаемым соленоидом 75-Тл диапазона



Впервые исследована сжимаемость углекислоты в при давлениях более 3Мбар в области предполагаемого перехода в полимерную фазу

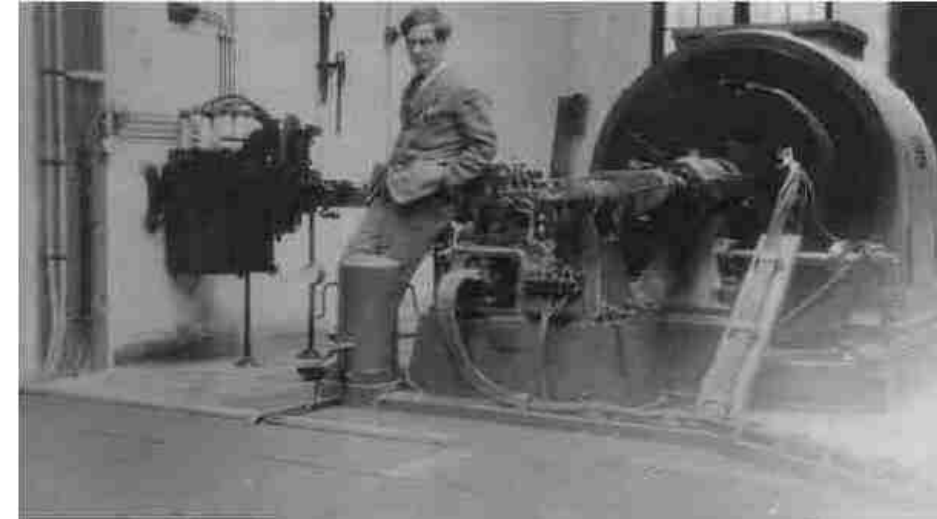
ЛАБОРАТОРИЯ СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В ВНИИЭФ под руководством ак. Павловского в эксперименте с взрывомагнитным генератором достигнуто магнитное поле **2800 Тесла**. Большой полезный объем 10 см³

Рекордное импульсное магнитное поле с неразрушаемым соленоидом – **100 Тесла** (Лос Аламос, Таллахасси)

Получение экспериментальных данных о фундаментальных характеристиках полупроводников, полупроводниковых гетероструктур, магнитных и сверхпроводящих материалов. Разработка новых материалов для микро- и наноэлектроники. Моделирование астрофизических явлений.

В НЦФМ будет создана линейка установок с неразрушаемым соленоидом магнитными полями до **75 Тесла**.



П.Капица в лаборатории Кавендиша в 1920 г.г. на установке для генерации сильных магнитных полей

Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 8

Физика изотопов водорода

(д.т.н. Юхимчук А.А., чл.-корр. РАН Григоренко Л.В., ак. РАН Ткачев И.И.)

- Получены параметры взаимодействия водорода с нержавеющей сталью 316L и жаропрочным никелевым сплавом Inconel 718 в диапазоне давлений до 80 МПа и температур до 600 °С. Показана применимость данных материалов для работы в водородосодержащих средах.
- Получены фазовые диаграммы систем Ti-H и Ti-D в температурном диапазоне от 600 К до 980 К и давлений до 297 МПа. Определены границы раздела между β , ($\beta+\delta$) и δ фазами, а также предположено наличие двухфазных областей при больших концентрациях водорода вблизи а.о.(H-D/Ti)~2,0.

На фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2 (ОИЯИ) специалистами ВНИИЭФ завершен монтаж тритиевой инфраструктуры, что открывает уникальные возможности изучения нейтронно-избыточных ядер, лежащих на границе нейтронной стабильности.

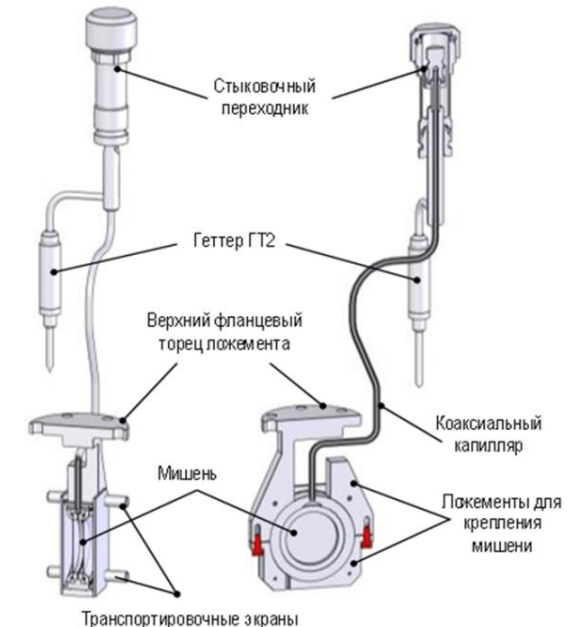
Проведена прочностная и функциональная отработка семейства тритиевых мишеней.

Проекты

8.1. Фундаментальные исследования в интересах развития водородной энергетики

8.2. Исследование когерентного рассеяния нейтрино на атомах и ядрах электромагнитных характеристик нейтрино

8.3. Изучение свойств нейтронно-избыточных ядер, лежащих на границе нейтронной стабильности



Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 9

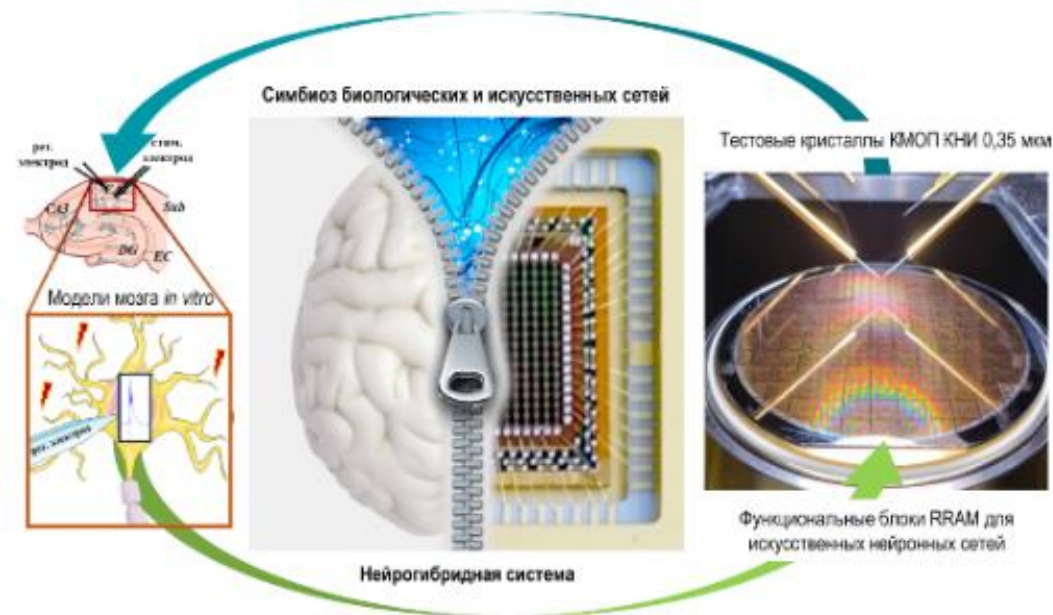
Искусственный интеллект и большие данные в технических, промышленных, природных и социальных системах

(ак. РАН Каляев И.А., д.ф.-м.н. Соловьев В.П.)

Разработаны научно-технологические решения по созданию мемристивных наноструктур и их интеграции в базовый технологический процесс КМОП КНИ 0,35 мкм, разработаны новые методы и алгоритмы моделирования информационно-вычислительных систем искусственного интеллекта на базе архитектуры и принципов функционирования мозга,

Получены новые знания о принципах организации и адаптивной реорганизации функциональной структуры биологических нейронных сетей *in vitro*, необходимые для реализации новых подходов к их сопряжению с компактными и энергоэффективными электронными системами на основе новой элементной базы.

Проект
9.1. Нейроэлектроника – интеллектуальные нейроморфные и нейрогибридные системы на основе новой электронной компонентной базы
9.2. Исследование и разработка технологий искусственного интеллекта для предиктивного моделирования и поддержки принятия решений в технических, промышленных, природных и социальных системах
9.3. Разработка и исследование технологий искусственного интеллекта для профилактической медицины, психодиагностики и биометрии



Лучшие результаты НЦФМ за 2022 г. по направлениям

Направление 10

Экспериментальная лабораторная астрофизика и геофизика

(ак. РАН Зеленый Л.М., ак. РАН Мареев Е.А., д.ф.-м.н. Терехин В.А.)

Проекты

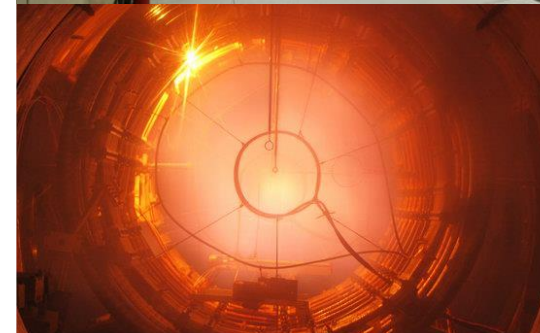
10.1. Астрофизика

10.2. Геофизика

10.3. Космическая физика

На 3 лабораторных установках исследована структура истечений из молодых звезд – астрофизических джетов:

- На петаваттном лазерном стенде PEARL исследованы механизмы коллимации астрофизических джетов. Продемонстрирована возможность формирования джета в конфигурации с расходящимися силовыми линиями поля.
- На плазмо-фокусной установке ПФ-3 в условиях внешнего полоидального магнитного поля обнаружено образование спиральной конфигурации магнитного поля плазменного джета.
- В большом объеме плазменного стенда «Крот» с использованием коаксиального генератора плазмы сформирован крупномасштабный – длиной более 1 м – струйный выброс плазмы (джет) поперек магнитного поля с филаментированной структурой.



Плазменная камера стенда «Крот»

Вакуумный объем: 180 м³
Предельный вакуум: 10⁻⁶ Торр
Объем плазмы: до 80 м³
Рабочий газ: Ar, Ne, He, H₂
Концентрация плазмы: 10¹³ см⁻³
Магнитное поле: до 1 кГс





Научно-технологический задел на десятилетия вперед, в том числе для ЯОК

Приоритизация
научной
программы
с учетом
прикладных задач



Мегасайенс	2030
	2029
	2028
	2027
Мидисайенс	2026
	2025
Лаборатории	2024
	2023

создание 7 лабораторий миди-сайенс

ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ В ИНТЕРЕСАХ УКРЕПЛЕНИЯ ОБОРОНОСПОСОБНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА

Вклад НЦФМ в развитие ЯОК

- Комптоновский источник для диагностики ядерных процессов

Вклад НЦФМ в критическую информационную инфраструктуру

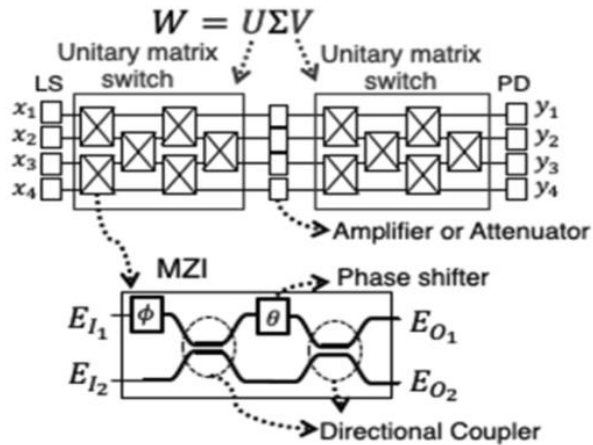
- Фотонная компонентная база для вычислений, быстрого телекома и радиофотоники
- Квантовые коммуникационные системы в открытом пространстве
- Рентгеновские литографы для микроэлектроники
- Рентгеновские навигационные системы
- Устройства нейроморфного искусственного интеллекта

Вклад НЦФМ в цифровую экономику

- Цифровые двойники сложных технических устройств (летательные аппараты, химические реакторы, автомобильные двигатели, рентгеновские литографы, атомные станции малой мощности четвертого поколения и др.)
- Цифровой профиль здоровья (пилотные проекты превентивной медицины)

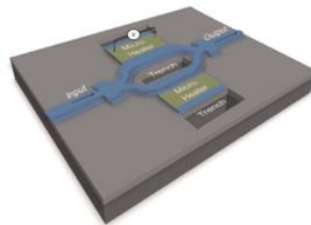


ФОТОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ, БЫСТРОГО ТЕЛЕКОМА И РАДИОФОТОНИКИ

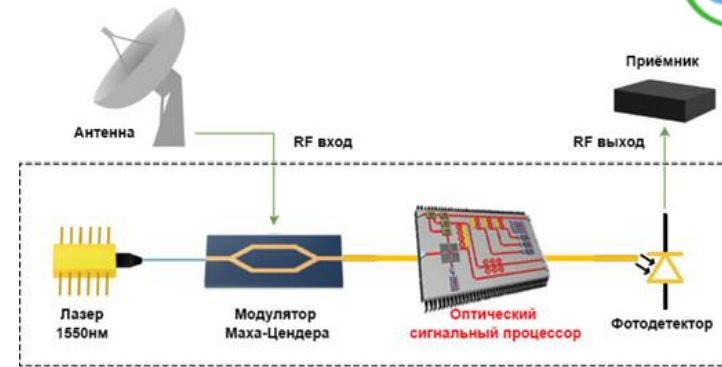


Любая произвольная матрица W размера $(n \times n)$ в общем случае может быть записана как произведение $n(n - 1) / 2$ матриц (2×2)

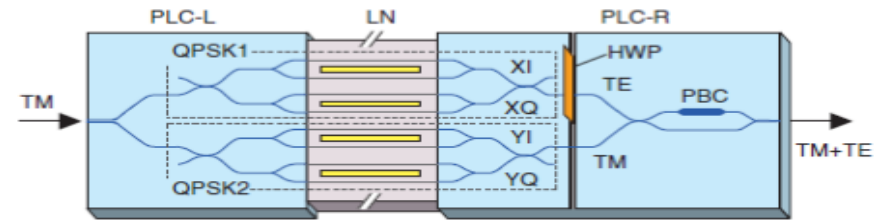
$$\begin{pmatrix} E_{O_1} \\ E_{O_2} \end{pmatrix} = e^{i(\frac{\theta+\pi}{2})} \begin{pmatrix} e^{i\phi} \sin \frac{\theta}{2} & \cos \frac{\theta}{2} \\ e^{i\phi} \cos \frac{\theta}{2} & -\sin \frac{\theta}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{I_1} \\ E_{I_2} \end{pmatrix}$$



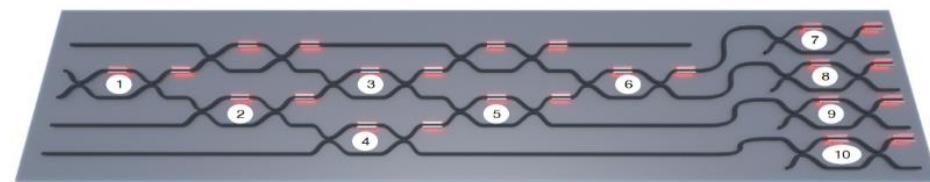
Передаточная функция планарного интерферометра Маха-Цендера



ФКБ для фазированных антенн (защита от помех, быстрое управление)



ФКБ для оптоволоконной связи (скорости > 100 Гб/с)



Оптический процессор (производительность $> 10^{18}$ Фл/с)

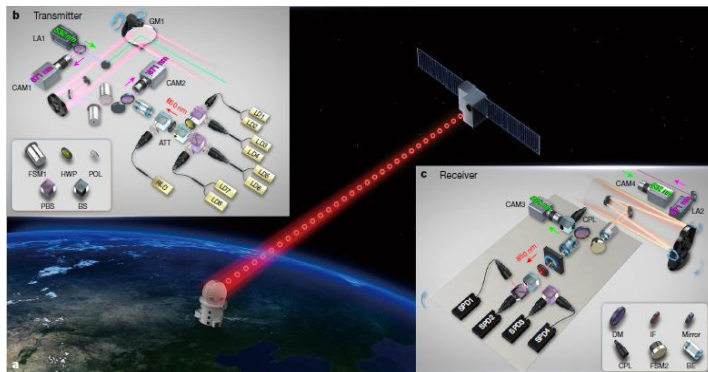
Будет обеспечено создание критической информационной инфраструктуры на базе фотонной компонентной базы для высокопроизводительных вычислений, сверхбыстрых телекоммуникаций, новых систем управления и навигации

КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Квантовые коммуникации – передача квантовых состояний между удаленными объектами – обеспечивает вывод защиты информации на принципиально новый уровень и является важнейшим компонентом КИИ

Волоконно-оптические линии связи – промышленная технология, в том числе в РФ (Инфотекс, сертифицированный российский производитель линейки продуктов ViPNet Quantum Cryptographic Systems)

- шифрование квантовыми ключами данных, передаваемыми по магистральным линиям связи
- создание локальных защищенных сетей с электронным документооборотом
- создание крупномасштабных сетевых структур через доверенные узлы



Спутник Мисиус, Мо-цзы (Micius, China) 2016 г. – квантовое распределение ключей со спутника на Землю – 7800 км

Атмосферно-космические каналы связи – новая область науки и технологий, принципиально важная для КИИ РФ

- распределение ключей между низкоорбитальными спутниками и наземными объектами
- распределение ключей между низко- и высокоорбитальными спутниками
- создание глобальных квантовых сетей, охватывающих значительные территории без волоконно-оптических магистралей
- распределение квантовых ключей между мобильными и стационарными объектами



Распределение ключей между стационарным объектом и мобильными летательными аппаратами через мобильный летательный аппарат (К).

Планируется проект в РФ – ВНИИЭФ и Центр квантовых технологий МГУ – основные участники кооперации НЦФМ

Будет обеспечено создание компонентов критической информационной инфраструктуры на базе квантовых коммуникационных систем для космических и атмосферных каналов связи



РЕНТГЕНОВСКИЙ ЛИТОГРАФ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

Рентгеновская оптическая система

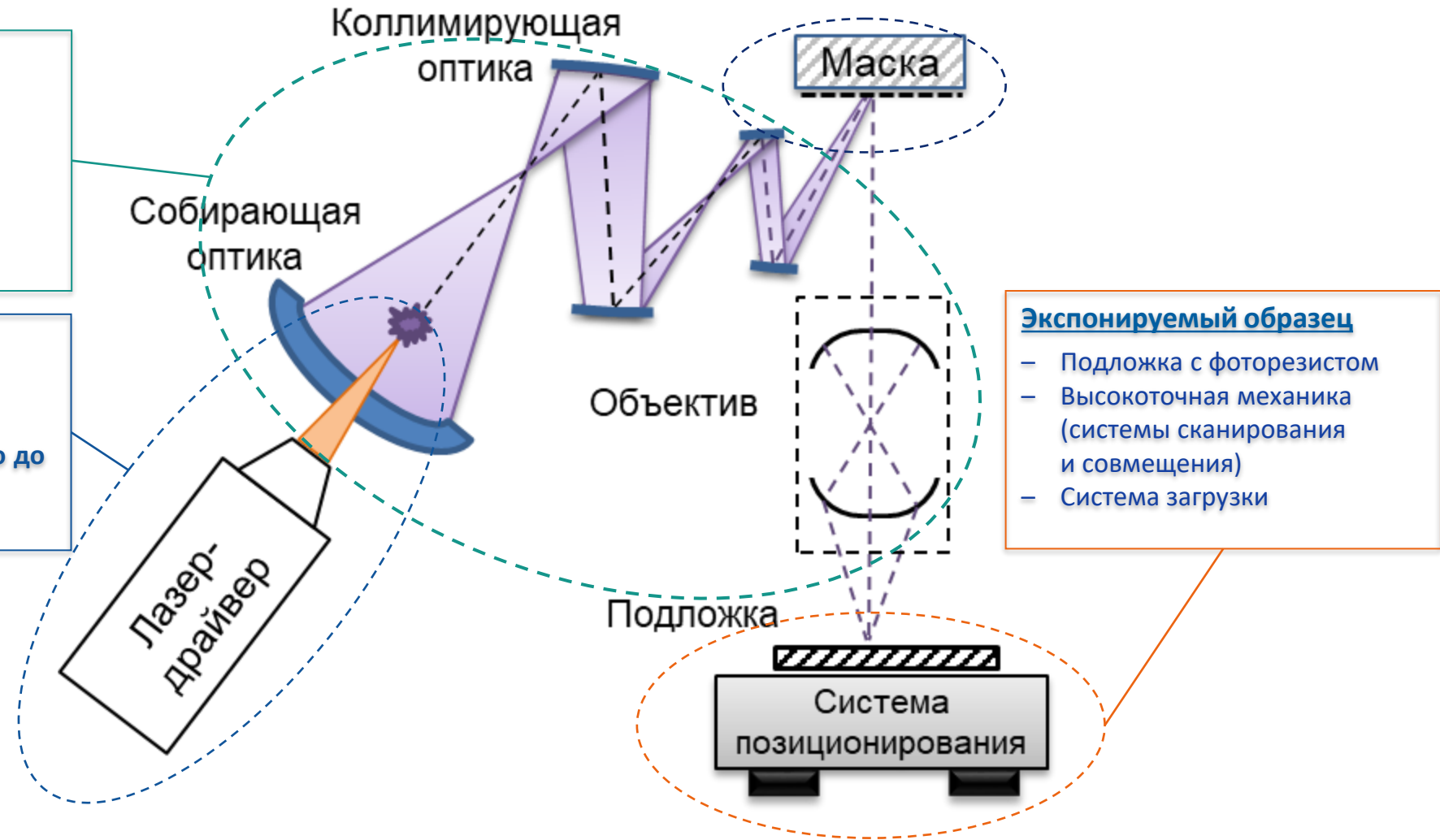
- Собирающая оптика
- Коллимирующая оптика
- Проекционный объектив с уменьшением ~ 500
- Система оптических фильтров
- **Длина волны 11,2 нм**

Источник излучения

- Лазер-драйвер на основе мощного лазера отечественного производства со средней мощностью до **100 кВт**
- Газо-плазменная мишень

Вспомогательные системы

- Антивибрационная система (активная, пассивная)
- Система защиты оптики
- Вакуумная система
- Система синхронизации и управления

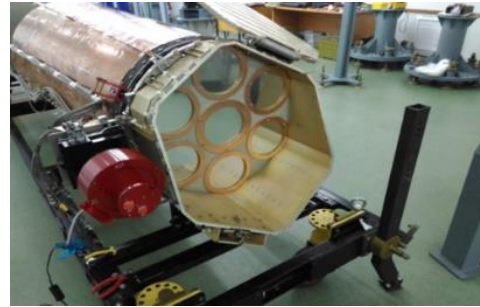
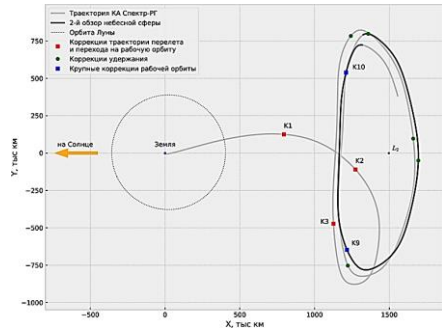


Экспонируемый образец

- Подложка с фоторезистом
- Высокоточная механика (системы сканирования и совмещения)
- Система загрузки

Будут созданы: макет литографа - в течение 2-х лет и затем в течение 2-3-х лет промышленный образец, с производительностью до 50 пластин в час с площадью 300x300 мм и топологическим размером 28 нм

РЕНТГЕНОВСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ



ПУЛЬСАР – быстро вращающаяся нейтронная звезда, генерирующая периодический сигнал (периоды вращения мсек – сек) со стабильностью 10^{-14} /год.

Период и форма сигнала уникальны для каждого пульсара и известны с высокой точностью.

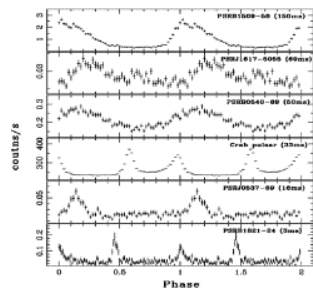
Пульсары могут быть использованы в качестве опорных (реперных) источников для построения системы навигации.

ОБСЕРВАТОРИЯ СПЕКТР-РГ:

Запущена 13.07.2019, оснащена телескопами eRosita (Германия) и ART-XC (ИКИ РАН+ РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров).

Сделано 4 полных скана небесной сферы в диапазонах 0.3-2.3 КэВ и 4-12 КэВ.

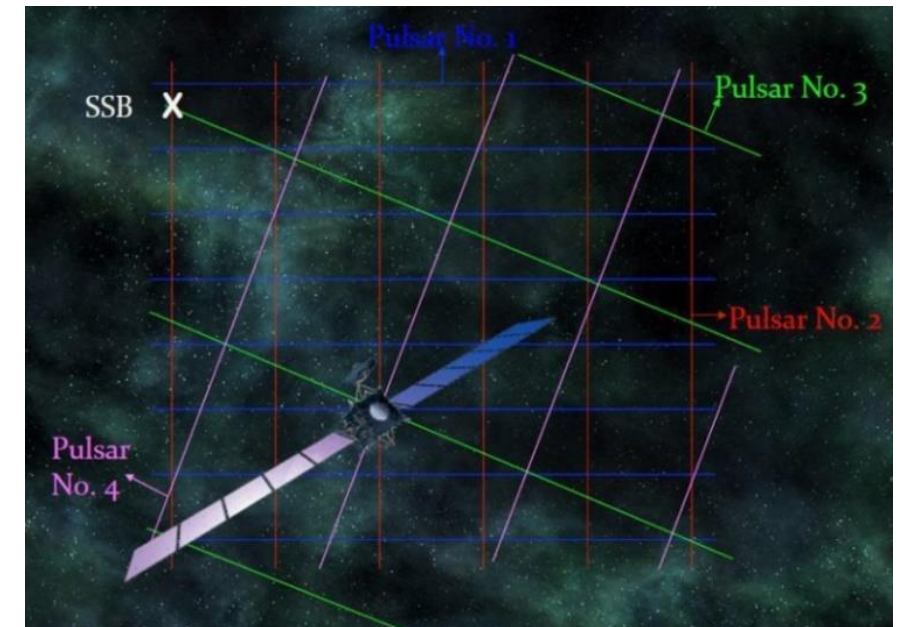
Найдены миллионы новых источников. Среди них – рентгеновские пульсары.



Зарегистрированы пульсации ~ 3 мс

Временная точность (отн) ~ 30 мкс

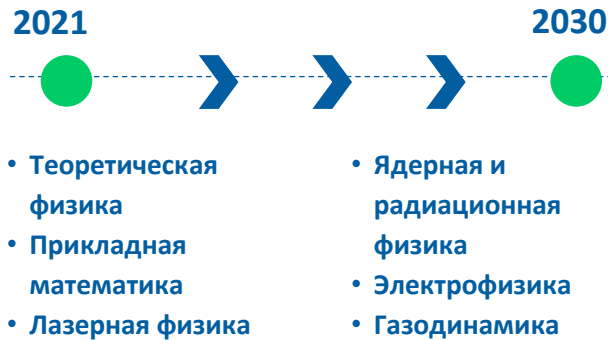
Пространственная точность ~ 10 км



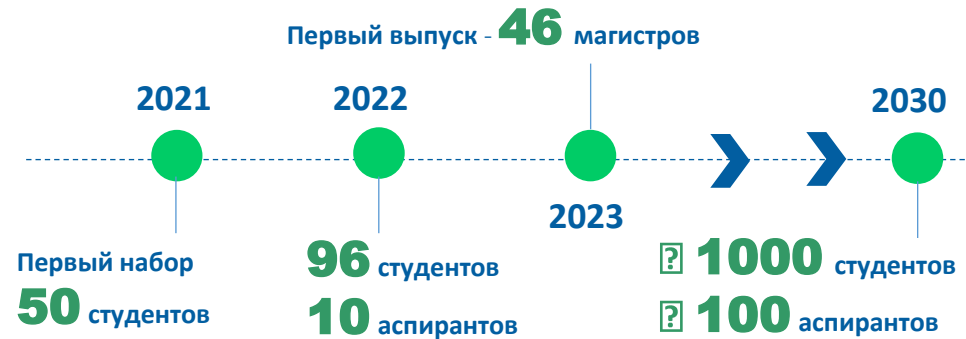
Для практической реализации: диапазон энергий 0.5-8 кэВ; временное разрешение 0.5 мкс, эффективная площадь антенн – 300 см², Масса – 97 кг, Габариты – 60x60x1500 см

Цель: подготовка кадров высшей квалификации для решения национальных задач

НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ



КОЛИЧЕСТВО ОБУЧАЮЩИХСЯ



УНИВЕРСИТЕТ XXI ВЕКА

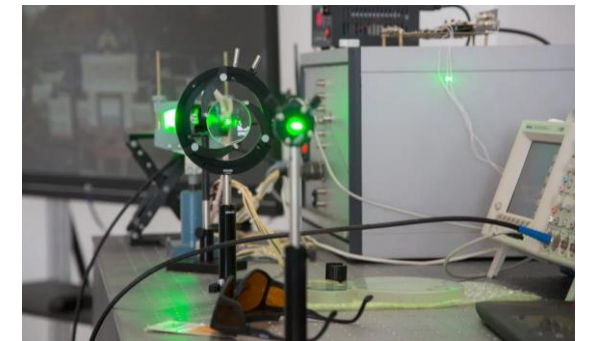
- ✓ Уникальные образовательные программы
- ✓ Решение научных проблем мирового уровня
- ✓ Участие в проектах федерального значения
- ✓ Проведение исследований на установках класса мегасайенс
- ✓ Связь с реальным сектором экономики

ПОДГОТОВКА ПРОВОДИТСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИКАЛЬНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ НЦФМ



ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ НЦФМ

- ✓ Ежегодные научные конференции и школы молодых ученых и специалистов по направлениям научной программы НЦФМ (с 2022 г.)
- ✓ Работа студенческих строительных отрядов на строительстве объектов НЦФМ (с 2023 г.)
- ✓ Старт работы научных установок НЦФМ (2024-2025 гг.)
- ✓ Создание города науки мирового уровня



ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ. ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА МГУ

МОЩНОСТИ КАМПУСА к 2030 г (с учетом потребностей СарФТИ НИЯУ МИФИ)



950 студентов, магистров, аспирантов вместят новые корпуса
380 преподавателей высшей квалификации будут вести занятия на территории кампуса
1 500 научных сотрудников и инженерно-технических кадров будут работать в лабораториях
1 200 мест в общежитии
44 000 м2 мощность учебных корпусов
60 000 м2 мощность объектов для проживания

НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ



КОЛИЧЕСТВО ОБУЧАЮЩИХСЯ



Лаборатория адаптивной оптики

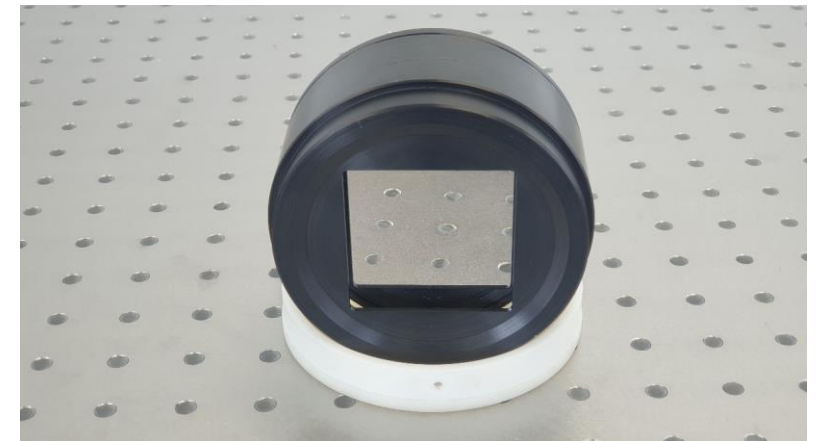
Темы:

- изучение влияния продольного смещения и заклона линзы телескопа на aberrации волнового фронта лазерного излучения
- формирование заданной поверхности волнового фронта лазерного излучения с помощью деформируемого зеркала
- измерение aberrаций, возникающих на сферических поверхностях линз и зеркал

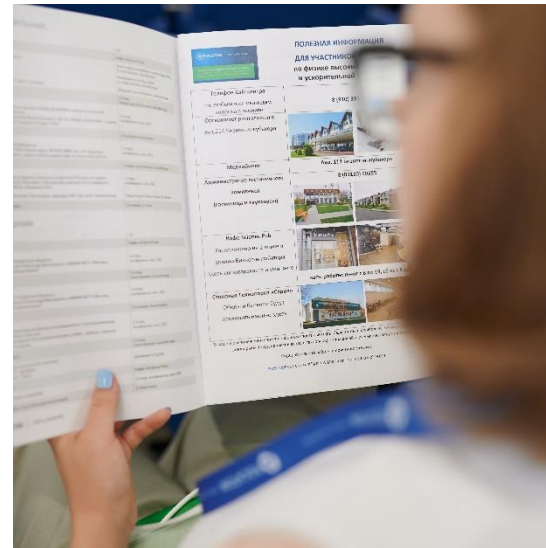
Нелинейной оптики и фотоники

Темы:

- изучение различных способов сложения многоканального лазерного излучения
- исследование нелинейных процессов в оптических кристаллах и активных средах лазера
- разработка методов повышения порога вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна в оптоволокне



НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ НЦФМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ, МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И УЧЁНЫХ



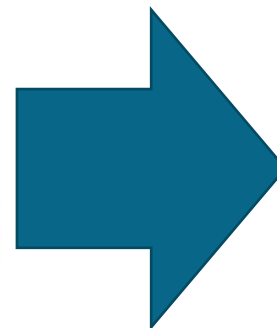
ШКОЛЫ 2022		
июль	XIV Международная школа по физике нейтрино и астрофизике	~20 лекторов ~100 слушателей
июль	I Международная школа в области физики высоких энергий и ускорительной техники	15 лекторов 76 слушателей
сентябрь	XIII Всероссийская школа по лазерной физике и лазерным технологиям	14 лекторов 157 слушателей
декабрь	I Всероссийская школа-семинар по математическому моделированию на супер-ЭВМ экса- и зеттафлопсной производительности	20 лекторов 120 слушателей
ШКОЛЫ 2023		
март	I Всероссийская школа по газодинамике и физике взрыва	20 лекторов 125 участников
май	I Всероссийская школа по проблемам исследований в сильных и сверхсильных магнитных полях	
июнь	I Всероссийская школа по физике элементарных частиц и космологии им. В.А. Рубакова	
июль	I Всероссийская школа по экспериментальной лабораторной астрофизике и геофизике	

Кооперация НЦФМ с Томском

В рамках направления 4 Научной программы
НЦФМ «Физика высоких плотностей энергии»



**ИНСТИТУТ
ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ
ИМ. В.Е. ЗУЕВА СО РАН**



выполнил работу

«Расчетно-теоретический анализ когерентных составляющих спектров турбулентности, эффектов «перемежаемости» турбулентности и «ослабления флуктуаций света»



В филиале МГУ имени М.В. Ломоносова учатся 5 студентов из Томска

Прием 2021 г.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» - **2**

Национальный исследовательский Томский государственный университет» - **1**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет – **1**

Прием 2022 г.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» -**1**



Более десяти человек из Томска
приняли участие в школах Национального
центра физики и математики для студентов,
аспирантов, молодых специалистов и учёных



НЦФМ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ



Спасибо за внимание!