



## Магистерская программа

# Многомасштабное моделирование и методы анализа данных в естественнонаучных исследованиях

Руководитель программы:

Абгарян Каринэ Карленовна – профессор ф-та вычислительной математики и  
кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова,

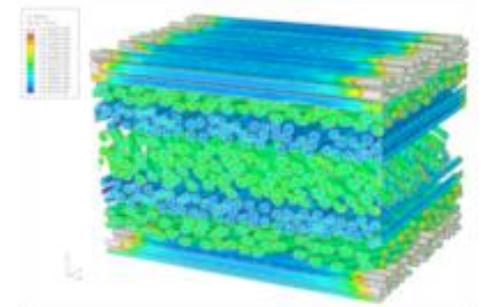
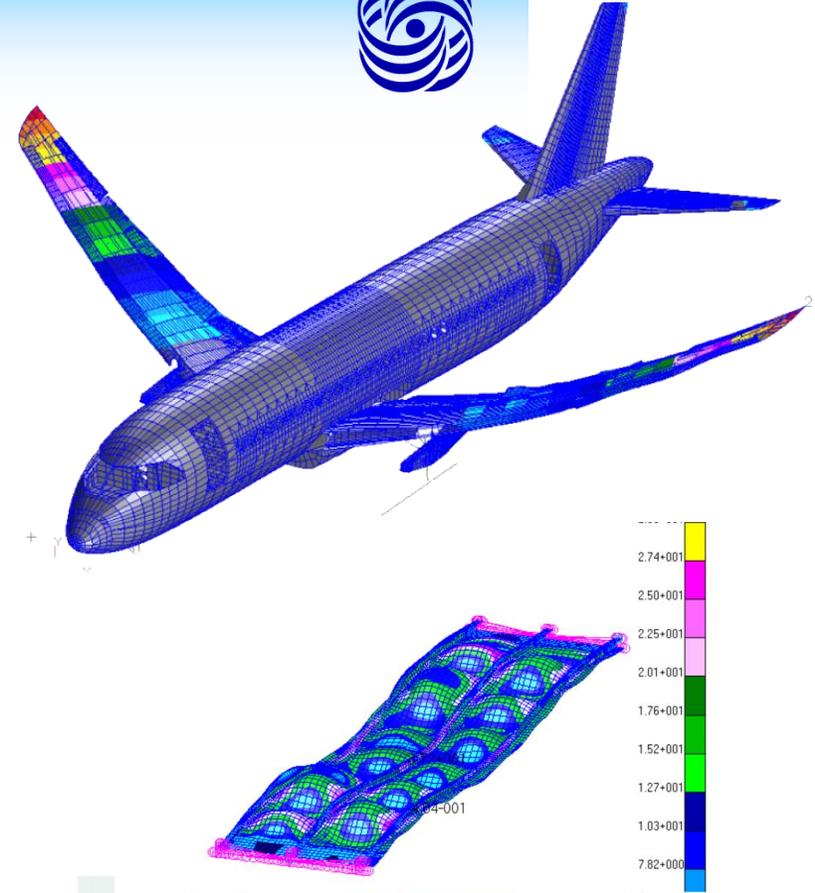
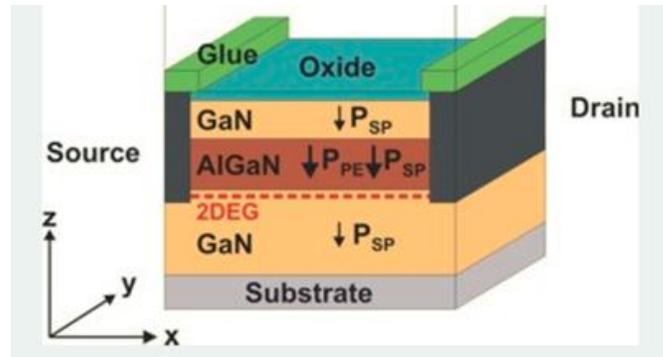
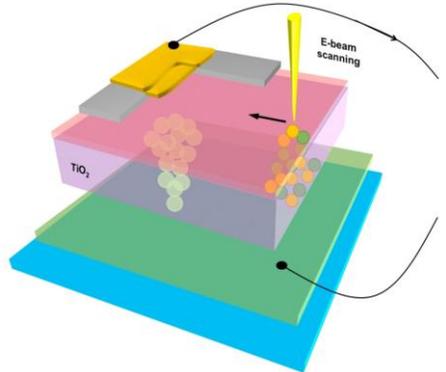
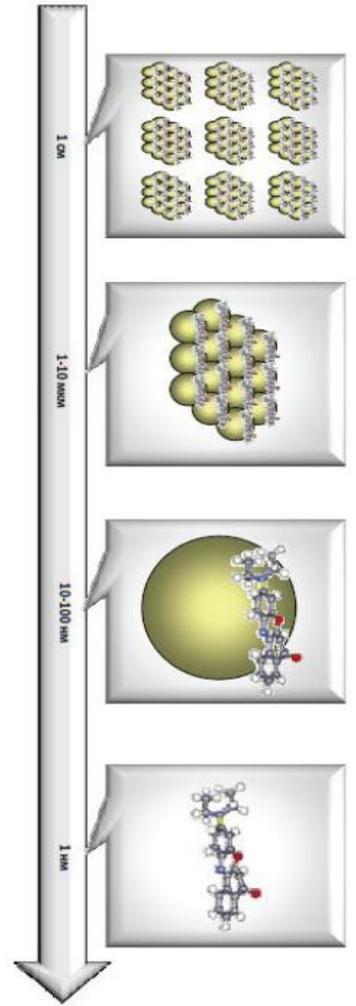
доктор.физ.- мат.наук



# Цель программы



"Многомасштабное моделирование и методы анализа данных в естественнонаучных исследованиях" - подготовка магистров, специализирующихся по вопросам разработки методов, технологий и инструментов поддержки многомасштабного математического моделирования с использованием методов анализа данных, для проведения комплексных исследований в области естественных и технических наук.





## Многомасштабное моделирование

- Основная часть математических моделей, применяемых для изучения физических процессов и явлений предназначена для их описания в одном пространственно -временном масштабе. Исследования многомасштабных научных проблем, включающих в себя явления несопоставимых пространственных и/или временных масштабов невозможно без учета всех факторов, играющих ключевые роли в таких задачах.
- В случаях, когда необходимо в рамках одной модели провести исследование многомасштабного физического процесса или явления возникает проблема соединить имеющиеся модели, что требует разработки теоретических основ их объединения.
- Математическая технология многомасштабного моделирования позволяет объяснить многие явления и процессы в нанoeлектронике, включая исследование структурных особенностей и свойств существующих материалов, а также получать качественно новые результаты в области предсказательного моделирования



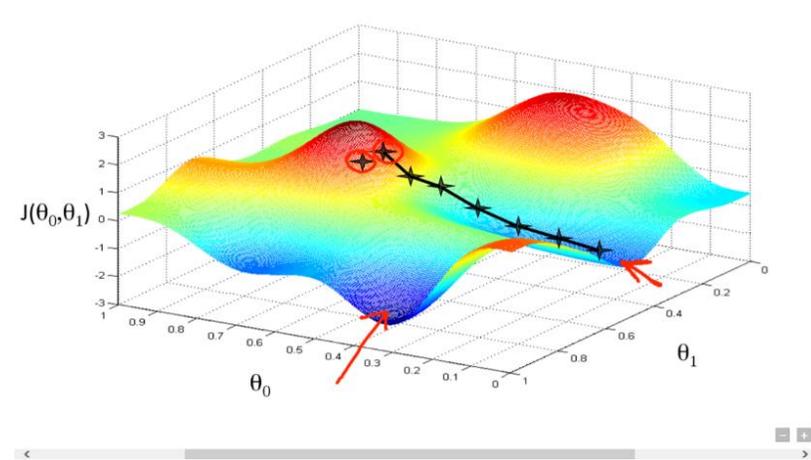
## Интеграция многомасштабного моделирования, методов анализа больших данных



- Стремительное развитие машинного обучения в качестве мощного метода интеграции данных с множественной точностью и выявления корреляций между взаимосвязанными явлениями дает возможность за ограниченное время находить решение сложных задач в разных предметных областях.

- Технологии машинного обучения получили существенный импульс в развитии за последнее десятилетие. В настоящее время ведутся активные исследования в области применения алгоритмов машинного обучения в задачах материаловедения [\*].

- Однако, классические методы машинного обучения часто игнорируют фундаментальные законы физики, что приводит к некорректным задачам или нефизичным решениям.



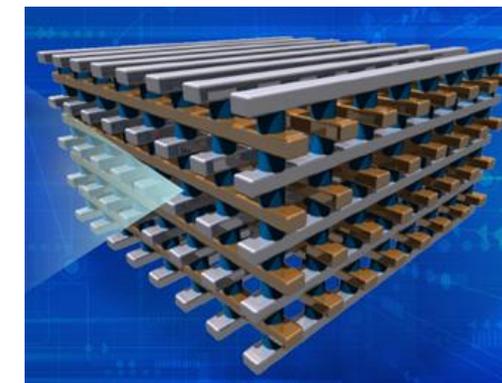
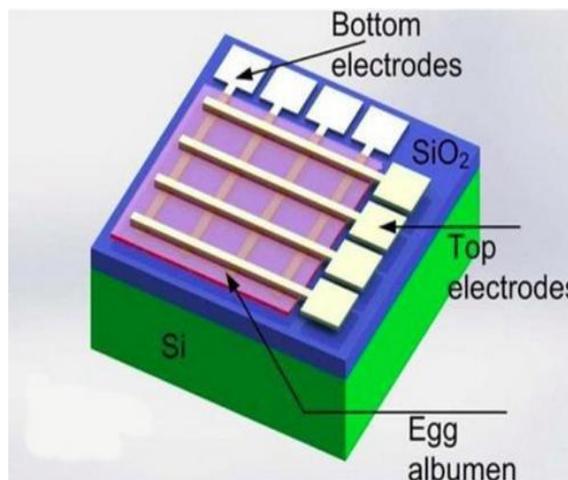
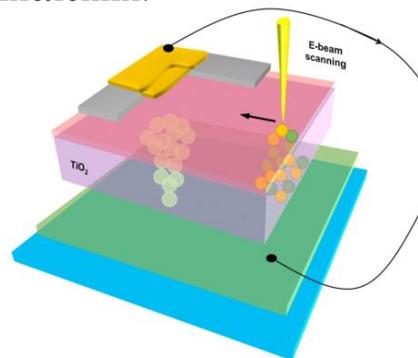
- Сегодня можно говорить о том, что многомасштабное моделирование – это успешная стратегия интеграции мультимасштабных, многофизических данных, которая позволяет раскрыть механизмы, объясняющие появление функциональных зависимостей при изучении физических явлений и процессов



# Многомасштабные явления и процессы

## Многомасштабное моделирование работы многоуровневых элементов памяти для создания нейроморфных сетей

Задача - разработка и создание элементной базы нового поколения вычислительной техники на основе структур типа металл-диэлектрик-металл (МДМ) с резистивным переключением, включая быструю энергонезависимую память и искусственные синапсы для осуществления нейроморфных вычислений.



Необходимо:

- ▶ Подобрать оптимальные материалы для изготовления мемристоров
- ▶ Оценить функциональные характеристики его работы, не прибегая к экспериментам
- ▶ Оценить проблемы проектирования нейроморфных систем



# Учебный план

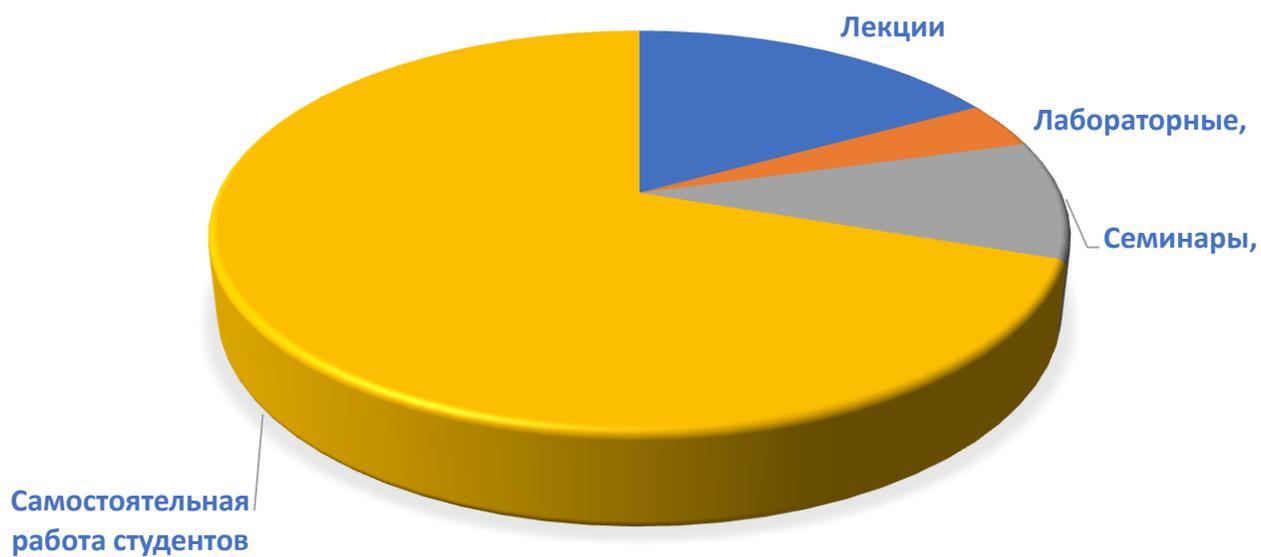




# Программа в цифрах



УЧЕБНАЯ НАГРУЗКА



- Бюджетные места
- Контрактные места
- **22-30 лет** - возраст абитуриента
- **2** года обучения



# Чему учим? Год первый

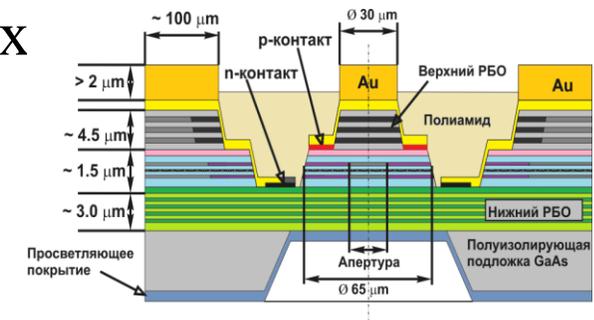
- **План обучения 1 года: 37% теория, 63% практика**

## Основные дисциплины:

- Современные подходы к обработке и анализу данных (вводный курс)
- Параллельная обработка данных в научных исследованиях
- Платформы для проектирования баз знаний
- Технологическая практика (Python, Java)
- Теория обучения машин
- Многомасштабное моделирование в задачах естествознания
- Интервальный анализ и его приложения

## Дисциплины по выбору:

- Хранение и обработка больших данных
- Программирование на графических процессорах (CUDA)





## Чему учим? Год второй

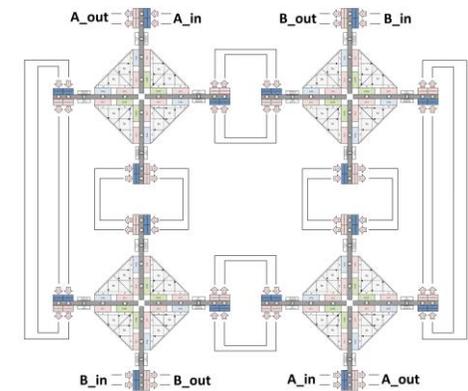
- **План обучения 2 года: 50% теория, 50% практика**

**Основные дисциплины:**

- Нейросетевое моделирование
- Многомасштабное моделирование в задачах естествознания (часть 2)
- Разработка распределенных приложений для научных исследований
- Методы моделирования нейроморфных систем
- Машинное обучение на больших данных

**Дисциплины по выбору:**

- Математические методы обработки изображений
- Хранилища данных и OLAP
- Математические модели полимерных композиционных материалов
- Многомасштабное моделирование в задачах материаловедения



*3D фотон-электронный кластер*



## Преподавательский состав



**Абгарян Каринэ Карленовна**, профессор ВМК МГУ, доктор физ-мат наук, зав.отделом «Математическое моделирование гетерогенных систем» ФИЦ ИУ РАН.

Курс: «Многомасштабное моделирование физических явление и процессов»

**Ревизников Дмитрий Леонидович**, профессор ВМК МГУ, доктор физ.-мат. наук., ведущий научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН.

Курс: «Современные подходы к обработке и анализу данных»

**Морозов Александр Юрьевич**, ст.преп.ВМК МГУ, к.ф.-м.н., научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН

Курс: «Интервальная математика»

**Бажанов Дмитрий Игоревич**, доцент ВМК МГУ, к.ф.-м.н., ст. научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН, ст.преп. Физического факультета МГУ.

Курс: «Параллельная обработка данных в научных исследованиях»



## Преподавательский состав



- **Гаврилов Евгений Сергеевич**, к.ф.-м.н.;
- Старший преподаватель ВМК МГУ, научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН, Тинькофф банк, ведущий архитектор;
- Специализация - Enterprise Java, СУБД, Big Data, Blockchain
- **Перов Василий Анатольевич**, старший преподаватель ВМК МГУ, ПАО МТС, ведущий архитектор; выпускник МФТИ. Опыт проектирования и разработки Big Data проектов для Почты России. Специализация: Enterprise Java, Microsoft.NET, СУБД, Big Data. ПАО Сбербанк
- **Курс: Хранение и обработка больших данных**
- **Аннотация:** Курс посвящен современным технологиям для работы с большими данными: Apache Hadoop, Spark и др.
- В рамках курса студенты выполняют практические задания на анализ данных на кластере Cloudera Hadoop, развернутом в МАИ
- **Курс: Платформы для проектирования баз знаний**



© Факультет ВМК МГУ, 2024





# Чему научим

## Полученные навыки и компетенции:

- ✓ Создание многомасштабных моделей сложных физических явлений и процессов
- ✓ Умение применять интеграционный подход, объединяющий методы многомасштабного моделирования и алгоритмы машинного обучения в реальных задачах:
  - разработка и дизайн новых материалов, включая композитных материалы с заданными свойствами и устройств на их основе для микроэлектроники, фотоники, авиационно- космической отрасли;
  - проектирование нейроморфных структур, работающих на новых физических принципах;
  - создание сенсоров, датчиков, биосенсоров и систем доставки лекарств
  - ...
- ✓ Проектирование и разработка распределенных систем, баз данных и баз знаний по предметным областям
- ✓ Программирование на платформе Java
- ✓ Анализ данных с помощью средств Apache Hadoop и Apache Spark



# Перспективы

*Переход к цифровому моделированию многомасштабных систем, за счет интеграции, методов многомасштабного моделирования,*

*Machine Learning,*

*знаний в предметной области (создание баз знаний) и*

*использования высокопроизводительных вычислительных ресурсов гибридной архитектуры*

*дает возможность готовить квалифицированных специалистов и в дальнейшем перейти от разработки человеко-машинных систем к созданию Интеллектуальных систем.*

Аспирантура ВМК МГУ, аспирантура ФИЦ «Информатика и управление» РАН.

Участие во время обучения в магистратуре в перспективных научных проектах, включая проекты Российского научного фонда, в Крупном научном проекте Министерства образования и науки, в других перспективных разработках, связанных с созданием новых композиционных материалов, нейропроцессоров, нейроморфных сетей и нейросетевых моделей, реализованных на фотон-электронных процессорах нового поколения, другое.

Участие в Международных и Всесоюзных конференциях, а также в Школах молодых ученых, таких как ШМУ «Микроэлектроника 2024». «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов».



# Примеры тем магистерских работ



- Моделирование работы элементов памяти на базе технологии магниторезистивной оперативной памяти
- Рекомендательная система для распознавания трендов в нейроинформатике
- Представление временных рядов в виде нейронной динамической системы
- Применение методов анализа данных в задаче о высокоскоростном взаимодействии твердых тел
- Решение задач оптимизации на основе квантовой модели Изинга
- Поиск точных решений гамильтониана квантовой системы с помощью искусственных нейронных сетей
- Разработка системы принятия решений для беспилотных летательных аппаратов с использованием нейросетевых технологий
- Разработка программного обеспечения для системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов
- Применение глубокого обучения с подкреплением в диалоговых системах
- Применение методов машинного обучения в шахматных программах
- Рекомендательная система для естественнонаучных статей
- Разреженная идентификация нелинейных динамических систем