Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталия Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 02.11.2026 14:29:36
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bff679172803da5b7b559fcc9b1

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано
деканом физико-математического факультета
«18» марта 2026 г.
_____
/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Моделирование в материаловедении

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Профиль:
Фундаментальная физика и нанотехнологии

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета
Протокол «18» марта 2026 г. № 8
Председатель УМКом_____
/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой фундаментальной
физики и нанотехнологии
Протокол от «17» февраля 2026 г. № 12
Зав. кафедрой_____
/Холина С.А./

Москва
2026

Автор-составитель:
Курилов Александр Дмитриевич, кандидат физико-математических наук

Рабочая программа дисциплины «Моделирование в материаловедении» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Планируемые результаты обучения	4
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3.	Объем и содержание дисциплины	5
4.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	8
5.	Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	10
6.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	14
7.	Методические указания по освоению дисциплины	15
8.	Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине	15
9.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	15

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины «Моделирование в материаловедении»: Целью дисциплины «Моделирование в материаловедении» является формирование у студентов целостного представления о современных методах численного моделирования физических свойств и процессов в материалах, а также развитие практических навыков применения программных инструментов (прежде всего Python и специализированных пакетов) для решения прикладных задач физики конденсированного состояния, оптики и материаловедения, включая анализ, визуализацию и интерпретацию экспериментальных и расчетных данных..

Задачи дисциплины:

- сформировать понимание роли моделирования в современной физике и материаловедении, включая связь теории, эксперимента и численных методов;
- освоить базовые и продвинутые методы численного моделирования (интерполяция, аппроксимация, решение дифференциальных уравнений, оптимизация);
- научить применять язык Python (NumPy, SciPy, Matplotlib, Pandas) для обработки данных и построения физических моделей;
- развить навыки моделирования оптических и акустических явлений в материалах, включая распространение волн и лучей;
- освоить методы трассировки лучей и их применение для задач оптики;
- научить работать с экспериментальными данными: фильтрация, обработка, оценка погрешностей (RMSE, MAE и др.);
- сформировать навыки построения и анализа моделей с параметрической подгонкой (fit) и обратных задач;
- развить умение визуализировать результаты моделирования (2D/3D графики, поля, траектории);
- обучить принципам оптимизации вычислений, включая параллельные вычисления и работу с большими данными;
- сформировать навыки документирования результатов моделирования и подготовки научных отчетов, графиков и публикаций;
- развить способность критически оценивать адекватность модели и сопоставлять ее с экспериментом.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Моделирование в материаловеении» у обучающихся формируются следующие компетенции:

ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Для освоения дисциплины «Моделирование в материаловедении» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения следующих дисциплин: «Введение в общую физику», «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная физика», «Математический анализ», «Линейная алгебра» и «Аналитическая геометрия».

Компетенции, знания, навыки и умения, полученные в ходе изучения дисциплины, должны всесторонне использоваться и развиваться студентами в процессе последующей профессиональной деятельности.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, дадут возможность студентам

осваивать такие дисциплины учебного плана, как «Физика конденсированного состояния», «Статистическая физика», «Физическая кинетика», «Физическая электроника» и «Астрофизика».

Изучение дисциплины «Избранные вопросы теоретической физики» является базой для дальнейшего обучения в бакалавриате, при прохождении практики и в профессиональной деятельности.

3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объём дисциплины

Показатель объёма дисциплины	Форма обучения
	Очная
Объём дисциплины в зачётных единицах	5
Объём дисциплины в часах	180
Контактная работа:	96.2
Лекции	32
Практические занятия	64
Из них в форме практической подготовки	60
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2
Зачёт	0,2
Самостоятельная работа	76
Контроль	7.8

Формой промежуточной аттестации являются: зачёт в 7 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием	**Количество часов**		
	Лекции	**Лабораторные занятия**	
		Общее кол-во	**из них, в форме практической подготовки**
Тема 1. Введение в моделирование в материаловедении Роль моделирования в физике и материаловедении. Типы моделей (аналитические, численные, эмпирические). Связь эксперимента и численных методов. Обзор программных инструментов (Python, NumPy, SciPy, Matplotlib, Pandas). Принципы воспроизводимости вычислений.	4	8	4
Тема 2. Основы программирования на Python для научных расчетов Базовые конструкции языка. Работа с массивами и векторами (NumPy). Элементарные вычисления физических величин. Построение базовых графиков (Matplotlib). Организация кода: функции, модули, отладка.	4	8	8
Тема 3. Обработка и анализ экспериментальных данных Загрузка данных из файлов (CSV, Excel) с помощью Pandas. Предварительная обработка: фильтрация, сглаживание, удаление выбросов. Интерполяция и аппроксимация зависимостей (полиномиальная, сплайнами). Оценка погрешностей: RMSE, MAE, коэффициент детерминации. Визуализация результатов сравнения модели и эксперимента.	4	8	8

Тема 4. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) Постановка задачи Коши. Методы Эйлера, Рунге–Кутты (2-го и 4-го порядка). Сравнение точности и устойчивости. Применение для физических задач: движение частицы в силовом поле, остывание тела, кинетические уравнения. Реализация на Python с использованием SciPy.	4	8	8
Тема 5. Моделирование оптических свойств материалов Показатель преломления, диэлектрическая проницаемость. Модели градиентных сред (линейный, гауссов, степенной профили). Законы геометрической оптики в неоднородных средах. Уравнение луча. Расчёт и визуализация распределений $n(x,y)$.	4	8	8
Тема 6. Трассировка лучей и оптическое моделирование Численная трассировка лучей в среде с заданным профилем показателя преломления. Решение уравнения луча методами Рунге–Кутты. Визуализация траекторий. Знакомство со специализированными пакетами. Построение простых оптических систем (линза, градиентная линза).	4	8	8
Тема 7. Обратные задачи и оптимизация моделей Постановка обратной задачи: восстановление параметров среды по экспериментальным данным (например, смещение луча). Целевая функция. Методы оптимизации: наименьших квадратов, градиентный спуск, встроенные функции SciPy. Подгонка параметров модели. Анализ устойчивости и единственности решения.	4	8	8
Тема 8. Высокопроизводительные вычисления и итоговый проект Параллельные вычисления на Python. Оптимизация кода: векторизация, профилирование. Работа с большими массивами данных. Итоговый проект: моделирование физического процесса в материаловедении.	4	8	8
Итого	**32**	**64**	**64**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	Количество часов
Тема 1. Введение в моделирование в материаловедении	Ознакомление со средой разработки (Jupyter Notebook / PyCharm). Установка и настройка библиотек NumPy, Matplotlib, SciPy, Pandas. Построить простейших графиков физических зависимостей.	8
Тема 2. Основы программирования на Python для научных расчетов	Провести работу с массивами и векторами (NumPy): создание, индексация, операции. Реализовать физические формулы в векторной форме. Построить 2D-графиков (Matplotlib): настройка стилей, подписей, легенды, нескольких осей. Создать функций для вычисления физических величин.	8
Тема 3. Обработка и анализ экспериментальных данных	Загрузить реальные или модельные экспериментальные данных из CSV-файлов с помощью Pandas. Провести предварительную обработку: фильтрация шума (скользящее среднее, медианный фильтр), удаление выбросов. Интерполяция (linear, cubic) и аппроксимация (полиномы, экспонента,	8

	сплайны). Рассчитать метрик ошибок (RMSE, MAE). Визуализация сравнения эксперимента и модели.	
Тема 4. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	Реализовать методы Эйлера и Рунге–Кутты 4-го порядка для решения задачи Коши. Применить к физическим задачам: движение тела под действием силы тяжести с сопротивлением воздуха, остывание тела по закону Ньютона, кинетические уравнения первого порядка. Сравнить точности методов. Использовать встроенные решатели scipy.integrate.solve_ivp.	8
Тема 5. Моделирование оптических свойств материалов	Создать модель градиентной среды: рассчитать профиля показателя преломления $n(x, y)$ для заданных параметров (линейный, гауссов, экспоненциальный). Построить 2D-карт распределения n. Провести визуализацию изолиний. Рассчитать углов преломления по закону Снеллиуса для слоистой среды.	8
Тема 6. Трассировка лучей и оптическое моделирование	Решить численно уравнение луча в среде с неоднородным показателем преломления. Реализовать трассировку луча (метод Рунге–Кутты). Визуализировать траектории в зависимости от начальных условий. Построить простой оптической системы (линза с радиальным градиентом показателя).	8
Тема 7. Обратные задачи и оптимизация моделей	Произвести подгонку параметров модели под экспериментальные данные: задание целевой функции, использование scipy.optimize.curve_fit. Решить простой обратной задачи (например, восстановление параметров градиентной среды по смещению луча). Анализ устойчивости решения (добавление шума в данные).	8
Тема 8. Высокопроизводительные вычисления и итоговый проект	Оптимизировать код: векторизация, использование numba. Параллельные вычисления с multiprocessing для обработки большого числа траекторий. Реализовать индивидуальный итоговый проект (выбор темы согласуется с преподавателем). Подготовить отчёт с описанием модели, реализацией, результатами и их интерпретацией.	8
Итого		

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Кол-во часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчётности
Тема 1. Введение в моделирование в материаловедении	Роль моделирования в современной физике и материаловедении. Классификация моделей. Принципы воспроизводимости вычислений. Обзор научных библиотек Python.	8	Работа с учебной и научной литературой, анализ примеров, подготовка краткого реферата по одному из методов	Основная и дополнительная литература (п. 6.1–6.2), интернет-ресурсы (п. 6.3)	Конспект, устный опрос
Тема 2. Основы Python для научных расчётов	Синтаксис Python, структуры данных. NumPy: создание массивов, операции, вещание. Matplotlib: настройка	10	Выполнение индивидуальных заданий по программированию, решение задач из сборника	Методические указания к практическим работам, примеры кода, он-	Конспект, устный опрос

	графиков, работа с несколькими осями.		упражнений.	лайн-документация (numpy.org, matplotlib.org)	
Тема 3. Обработка и анализ экспериментальных данных	Pandas: загрузка, фильтрация, группировка данных. Методы интерполяции и аппроксимации. Статистические метрики качества.	10	Самостоятельная обработка предоставленных наборов данных (реальных или синтетических), написание скриптов для расчёта RMSE, MAE.	Методические указания, наборы данных в формате CSV, учебные примеры	Конспект, устный опрос
Тема 4. Численные методы решения ОДУ	Теоретическое обоснование методов Эйлера и Рунге–Кутты. Анализ погрешности и устойчивости. Применение scipy.integrate.	10	Реализация численных методов для различных физических задач (механика, теплопередача). Сравнение методов.	Учебно-методические материалы, примеры реализации, литература по вычислительной физике	Конспект, устный опрос
Тема 5. Моделирование оптических свойств материалов	Модели показателя преломления. Градиентные среды. Построение распределений $n(x,y)$. Визуализация в 2D/3D.	8	Самостоятельное моделирование профилей показателя преломления для разных типов сред. Создание анимации изменения профиля.	Методические указания, научные статьи по градиентной оптике	Конспект, устный опрос
Тема 6. Трассировка лучей и оптическое моделирование	Уравнение луча в неоднородной среде. Численная трассировка. Анализ влияния параметров среды на траекторию.	8	Реализация трассировки для нескольких профилей $n(x,y)$. Построение семейства траекторий.	Руководства, примеры кода, литература по вычислительной оптике	Конспект, устный опрос
Тема 7. Обратные задачи и оптимизация моделей	Постановка обратной задачи. Целевая функция. Методы оптимизации (наименьших квадратов, градиентный спуск). Устойчивость решения.	8	Решение обратной задачи для восстановления параметров модели по синтезированным экспериментальным данным. Анализ чувствительности.	Методические указания, примеры scipy.optimize, литература по обратным задачам	Конспект, устный опрос
Тема 8. Высокопроизводительные вычисления и итоговый проект	Параллельные вычисления. Профилирование и оптимизация кода. Оформление проекта.	14	Выполнение итогового проекта. Подготовка презентации и отчёта.	Консультации преподавателя, требования к проекту, шаблоны отчётов	Конспект, устный опрос
Итого		76			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ДПК-2	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	**Знать:** основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. **Уметь:** производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы.	доклад, домашнее задание, опрос, конспект, тестирование	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада, шкала оценивания опроса, шкала оценивания конспекта, шкала оценивания тестирования
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	**Знать:** основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. **Уметь:** производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы. **Владеть:** навыками самостоятельной работы с учебной литературой по фундаментальным разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых физических дисциплин; навыками решения базовых физических задач.	доклад, домашнее задание, опрос, конспект. Практическая подготовка, тестирование	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада, шкала оценивания опроса, шкала оценивания конспекта, шкала оценивания практической подготовки, шкала оценивания

					тестирования

Шкала оценивания написания доклада

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала оценивания домашнего задания

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Студент правильно выполнил 76 – 100% всех домашних заданий	8-10
Оптимальный (хорошо)	Студент правильно выполнил 51 – 75% всех домашних заданий	5-7
Удовлетворительный	Студент правильно выполнил 31 – 50% всех домашних заданий	2-4
Неудовлетворительный	Студент правильно выполнил 0 – 30% всех домашних заданий	0-1

Шкала оценивания практической подготовки

Критерии оценивания	Баллы
высокая активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / лабораторное исследование в количестве не менее 3 и/или отработан алгоритм решения задач по каждой теме или сформирован навык с лабораторным оборудованием	5
средняя активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / лабораторное исследование в количестве от 1до 3 и/или не полностью отработан алгоритм оказания медицинской помощи	2
низкая активность на практической подготовке, задачи / контрольные работы / лабораторное исследование не выполнялись и/или не отработан алгоритм решения задач по каждой теме, а также не сформирован навык с лабораторным оборудованием	0

Шкала оценивания опроса

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отразил в ответе 71-90% выбранной темы	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отразил в ответе 51-70% выбранной темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отразил в ответе 31-50% выбранной темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отразил в ответе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала оценивания конспекта

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в конспекте 71-90% темы.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в конспекте 51-70% темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в конспекте 31-50% темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в конспекте 0-30% темы	0-1

Шкала оценивания тестирования

Уровни оценивания	Доля правильных ответов	Баллы
Отлично	86 – 100 %	8-10
Хорошо	71 – 85 %	5-7
Удовлетворительно	51 – 70 %	2-4
Неудовлетворительно	0 – 50 %	0-1

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примеры тестовых заданий

1. Какая библиотека Python предназначена для выполнения численных операций с массивами и матрицами?
а) Matplotlib
б) NumPy
в) Pandas
г) SciPy
2. Какой метод численного решения ОДУ имеет наивысший порядок точности среди перечисленных?
а) Метод Эйлера
б) Метод Рунге–Кутты 2-го порядка
в) Метод Рунге–Кутты 4-го порядка
г) Метод прямоугольников
3. Для оценки точности аппроксимации модели к экспериментальным данным используется метрика RMSE. Что она означает?
а) Средняя абсолютная ошибка
б) Среднеквадратичная ошибка
в) Коэффициент детерминации
г) Максимальная абсолютная ошибка
4. Уравнение луча в геометрической оптике для неоднородной среды имеет вид:
а) $\frac{d}{ds}\left(n\frac{d\mathbf{r}}{ds}\right) = \nabla n$
б) $\frac{d^2\mathbf{r}}{ds^2} = \nabla n$
в) $\frac{d}{ds}\left(\frac{d\mathbf{r}}{ds}\right) = n\nabla n$
г) $\frac{d\mathbf{r}}{ds} = n\nabla n$
5. Какой метод оптимизации используется в SciPy для подгонки параметров модели по методу наименьших квадратов?
а) scipy.optimize.minimize
б) scipy.optimize.curve_fit
в) scipy.optimize.gradient_descent
г) scipy.optimize.fsolve

Примерный перечень тем конспекта

1) Тема 1. Введение в моделирование в материаловедении
2) Тема 2. Основы Python для научных расчётов
3) Тема 3. Обработка и анализ экспериментальных данных

4) Тема 4. Численные методы решения ОДУ
5) Тема 5. Моделирование оптических свойств материалов
6) Тема 6. Трассировка лучей и оптическое моделирование
7) Тема 7. Обратные задачи и оптимизация моделей
8) Тема 8. Высокопроизводительные вычисления и итоговый проект

Примерный перечень заданий опроса

1) Роль моделирования в современной физике и материаловедении.
2) Классификация моделей.
3) Принципы воспроизводимости вычислений.
4) Обзор научных библиотек Python.
5) Синтаксис Python, структуры данных.
6) NumPy: создание массивов, операции, вещание.
7) Matplotlib: настройка графиков, работа с несколькими осями.
8) Pandas: загрузка, фильтрация, группировка данных.
9) Методы интерполяции и аппроксимации.
10) Статистические метрики качества.
11) Теоретическое обоснование методов Эйлера и Рунге–Кутты.
12) Анализ погрешности и устойчивости.
13) Модели показателя преломления.
14) Градиентные среды.
15) Построение распределений n(x,y).
16) Визуализация в 2D/3D.
17) Уравнение луча в неоднородной среде.
18) Численная трассировка.
19) Анализ влияния параметров среды на траекторию.
20) Постановка обратной задачи.
21) Целевая функция.
22) Методы оптимизации (наименьших квадратов, градиентный спуск).
23) Устойчивость решения.
24) Параллельные вычисления.
25) Профилирование и оптимизация кода.
26) Оформление проекта.

Примеры домашних заданий

1. Студенту предлагается реализовать на языке Python построение графиков заданной физической зависимости (например, зависимости энергии от параметра системы или показателя преломления от концентрации вещества). В рамках задания необходимо корректно реализовать вычисление функции, построить график с использованием библиотеки Matplotlib, оформить подписи осей, легенду и заголовок, а также провести краткий анализ поведения функции при изменении входных параметров.
2. Студенту предоставляется файл с экспериментальными данными в формате CSV. Требуется выполнить загрузку данных с использованием библиотеки Pandas, провести предварительную обработку (фильтрацию, сглаживание), построить графики зависимостей и рассчитать показатели точности (например, среднеквадратичную ошибку (RMSE) или среднюю абсолютную ошибку (MAE)) между экспериментальными и модельными данными. По результатам необходимо сделать вывод о качестве данных и корректности обработки.
3. Необходимо выполнить аппроксимацию экспериментальной зависимости с использованием заданной модели (например, экспоненциальной, гауссовой или полиномиальной функции). Студент должен реализовать процедуру подбора параметров (например, с использованием методов наименьших квадратов), визуально сопоставить экспериментальные и расчетные данные, оценить точность аппроксимации и интерпретировать полученные параметры с физической точки зрения.

4. Студенту предлагается реализовать численное решение обыкновенного дифференциального уравнения, описывающего физический процесс (например, движение частицы или распространение луча). Необходимо реализовать как минимум два численных метода (например, метод Эйлера и метод Рунге–Кутты 4-го порядка), сравнить их точность и устойчивость, а также визуализировать полученное решение в виде графиков или траекторий.

5. Требуется задать и реализовать модель пространственного распределения показателя преломления $n(x,y)$ (например, с использованием гауссова профиля). В рамках задания необходимо построить двумерную карту распределения, исследовать влияние параметров модели на форму распределения и дать физическую интерпретацию полученных результатов.

6. Студенту необходимо реализовать численную трассировку луча в среде с неоднородным показателем преломления. Требуется записать уравнение луча, реализовать его численное решение (например, методом Рунге–Кутты), построить траектории лучей и проанализировать их отклонение в зависимости от параметров среды.

7. На основе заданных экспериментальных данных (например, смещения луча) студенту необходимо восстановить параметры модели среды. Требуется сформулировать целевую функцию, реализовать метод оптимизации, провести оценку точности восстановления параметров и сопоставить результаты моделирования с экспериментальными данными.

8. Студенту предлагается самостоятельно реализовать модель физического процесса в области материаловедения. В рамках задания необходимо разработать модель, реализовать программный код, провести анализ результатов, визуализировать данные и оформить отчет с обоснованными выводами.

Примерные темы докладов

1. Роль численного моделирования в современной физике и материаловедении.
2. Классификация моделей в физике: аналитические, численные и эмпирические подходы.
3. Методы обработки экспериментальных данных в физике и материаловедении.
4. Применение языка Python для научных вычислений и моделирования физических процессов.
5. Численные методы решения дифференциальных уравнений в задачах физики.
6. Методы аппроксимации и интерполяции экспериментальных данных.
7. Основы моделирования оптических свойств материалов.
8. Градиентные среды и распределение показателя преломления.
9. Методы трассировки лучей в неоднородных средах.

Перечень заданий на практическую подготовку

1. Ознакомление со средой разработки (Jupyter Notebook / PyCharm). Установка и настройка библиотек NumPy, Matplotlib, SciPy, Pandas. Построить простейших графиков физических зависимостей.
2. Провести работу с массивами и векторами (NumPy): создание, индексация, операции. Реализовать физические формулы в векторной форме. Построить 2D графиков (Matplotlib): настройка стилей, подписей, легенды, нескольких осей. Создать функций для вычисления физических величин.
3. Загрузить реальные или модельные экспериментальные данных из CSV файлов с помощью Pandas. Провести предварительную обработку: фильтрация шума (скользящее среднее, медианный фильтр), удаление выбросов. Интерполяция (linear, cubic) и аппроксимация (полиномы, экспонента, сплайны). Рассчитать метрик ошибок (RMSE, MAE). Визуализация сравнения эксперимента и модели.
4. Реализовать методы Эйлера и Рунге–Кутты 4 го порядка для решения задачи Коши. Применить к физическим задачам: движение тела под действием силы тяжести с сопротивлением воздуха, остывание тела по закону Ньютона, кинетические уравнения первого порядка. Сравнить точности методов. Использовать встроенные решатели scipy.integrate.solve_ivp.
5. Создать модель градиентной среды: рассчитать профиля показателя преломления n(x, y) для заданных параметров (линейный, гауссов, экспоненциальный). Построить 2D карт распреде-

ления n. Провести визуализацию изолиний. Рассчитать углов преломления по закону Снеллиуса для слоистой среды.

6. Решить численно уравнение луча в среде с неоднородным показателем преломления. Реализовать трассировку луча (метод Рунге–Кутты). Визуализировать траектории в зависимости от начальных условий. Построить простой оптической системы (линза с радиальным градиентом показателя).
7. Произвести подгонку параметров модели под экспериментальные данные: задание целевой функции, использование scipy.optimize.curve_fit. Решить простой обратной задачи (например, восстановление параметров градиентной среды по смещению луча). Анализ устойчивости решения (добавление шума в данные).
8. Оптимизировать код: векторизация, использование numba. Параллельные вычисления с multiprocessing для обработки большого числа траекторий. Реализовать индивидуальный итоговый проект (выбор темы согласуется с преподавателем). Подготовить отчёт с описанием модели, реализацией, результатами и их интерпретацией.

Примерные вопросы к зачёту

1. Роль моделирования в материаловедении.
2. Классификация физических моделей.
3. Основы программирования на Python для научных задач.
4. Работа с массивами и библиотека NumPy.
5. Визуализация данных (Matplotlib).
6. Обработка экспериментальных данных (Pandas).
7. Методы аппроксимации и интерполяции.
8. Оценка погрешностей (RMSE, MAE).
9. Численные методы решения ОДУ.
10. Метод Эйлера и метод Рунге–Кутты.
11. Градиентные среды.
12. Уравнение луча в неоднородной среде.
13. Основы оптики в анизотропных средах.
14. Обратные задачи в физике.
15. Методы оптимизации параметров моделей.
16. Визуализация результатов моделирования.
17. Параллельные вычисления.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценивание степени освоения обучающимися дисциплины осуществляется на основе «Положение о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов ГУП».

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

В зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на зачёте неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (меньше 40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах университета исходя из

требований образовательных стандартов.

Требования к зачёту

Для допуска к зачёту нужно выполнить все домашние задания, пройти все опросы, тестирование, и защитить одну курсовую работу по выбору студента. На зачёте студент должен ответить на два теоретических вопроса.

Итоговая оценка «зачёт» или «незачёт» складывается из оценок за опросы, за домашние задания, за тестирования, а также за зачёт с оценкой не менее «удовлетворительно». максимальный итоговый балл – 100 баллов.

Шкала оценивания зачёта.

Критерии оценивания	Баллы
Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче зачета. Полностью выполнены и защищены лабораторные работы.	15-20
Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета. Полностью выполнены и защищены лабораторные работы.	10-14
Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов. Выполнено и защищено не менее 75 % лабораторных работ.	5-9
Ответ, не соответствующий вышеуказанным критериям выставления оценок.	0-4

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

Количество баллов	Оценка по традиционной шкале
81-100	Зачтено
61-80	Зачтено
41-60	Зачтено
0-40	Не зачтено

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Вабищевич, П. Н. Численные методы: вычислительный практикум. Практическое применение численных методов при использовании алгоритмического языка Python : учебное пособие. – Москва : URSS, 2025. – 320 с.
2. Хилл, К. Научное программирование на Python: учебное пособие. – Москва : ДМК Пресс, 2021. – 646 с.

6.2. Дополнительная литература

1. Ильин, Е. Python для инженерных задач : учебное пособие. – Москва : БХВ-Петербург, 2026. – 672 с.
2. Гутник, С. А., Лата А. Н. Вычислительные методы на Python: учебное пособие: в 2 книгах. Книга 1 (главы 1-4). – Москва : Издательский дом МГИМО, 2026. – 291 с.
3. Гутник, С. А., Лата А. Н. Вычислительные методы на Python: учебное пособие: в 2 книгах.

Книга 2 (главы 5-6). – Москва : Издательский дом МГИМО, 2026. – 198 с.
4. Шергин, С. Н. Численные методы: учебное пособие для СПО. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2025. – 74 с.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека http://elibrary.ru
2. Основы Python https://education.yandex.ru/handbook/python/article/moduli-math-i-numpy
3. Электронно-библиотечная система Лань https://e.lanbook.com
4. ООО «Электронное издательство Юрайт» https://urait.ru

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.
3. Методические рекомендации по написанию курсовой работы

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:
Microsoft Windows
Microsoft Office
Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:
Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных
fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования
pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации
www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства
ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)
7-zip
Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:
- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;
- лаборатория атомно-силовой микроскопии, лаборатория рентгеноструктурного анализа на базе лаборатории «Рентгеноструктурного анализа и флуоресценции» педагогического технопарка «Кванториум» имени И.В. Курчатова;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.