

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1149499	Основы численного эксперимента

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> 1. Прикладные математика и физика	<b>Код ОП</b> 1. 03.03.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Прикладные математика и физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 03.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Мазуренко Владимир Владимирович	доктор физико-математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	теоретической физики и прикладной математики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Основы численного эксперимента**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает курс «Вычислительная физика». Курс вычислительной физики посвящен изучению методических основ применения численных методов к решению широкого класса физических проблем, начиная с простой классической задачи движения одного тела и заканчивая квантовыми многочастичными моделями. Поскольку активное участие в численном моделировании вырабатывает более глубокое интуитивное понимание физических концепций, то основной целью курса является обучение студентов тому, как можно сформулировать и решить поставленную задачу на компьютере. В ходе практических занятий студенты проводят научные исследования при помощи компьютерного моделирования, что позволяет глубже понять используемые методы и процесс сведения физической проблемы к математической модели.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Вычислительная физика	4
ИТОГО по модулю:		4

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. <b>Основы информатики</b>
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Вычислительная физика	ОПК-5 - Способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения	З-1 - Сравнивать возможности различных современных программных средств для сбора, передачи, обработки и накопления информации

задач профессиональной деятельности	<p>У-1 - Осуществлять выбор адекватного программного обеспечения при решении задач по профилю деятельности</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения задач по профилю деятельности, используя адекватное программное обеспечение</p>
ОПК-6 - Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной формах в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	<p>З-2 - Демонстрировать понимание правил оформления научных и научно-технических отчетов и других форм представления результатов профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Выбирать стиль оформления научных и научно-технических отчетов, тезисов докладов на русском и английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе</p> <p>П-2 - Иметь опыт написания и оформления отчетов, тезисов, подготовки презентаций по результатам собственной научно-исследовательской / научно-технической работы на русском и английском языках в соответствии со сформированной информационной и библиографической культурой</p> <p>Д-1 - Проявлять коммуникабельность и корректность в общении</p>
ПК-3 - Способен критически оценивать применимость используемых алгоритмов и методов при исследовании физико-химических свойств новых функциональных материалах	<p>З-3 - Описать способы оценки научно-технического уровня достигнутых результатов</p> <p>У-3 - Пользоваться современными методами графического представления расчетной информации</p> <p>У-4 - Производить оценку погрешностей экспериментальных данных</p> <p>П-1 - Разрабатывать рекомендации по сертификации технических средств (оборудования, алгоритмов, программных продуктов)</p>
ПК-4 - Способен понимать принципы составления проектов работ в области физики конденсированного	З-2 - Перечислить требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья

	состояния и материаловедения	У-1 - Определять оптимальные методы и средства проведения исследований и разработок П-1 - Выполнять разработку компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей
--	------------------------------	---

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Вычислительная физика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Мазуренко Владимир Владимирович	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	теоретической физики и прикладной математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 12.01.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мазуренко Владимир Владимирович, Заведующий кафедрой, теоретической физики и прикладной математики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Решение классической задачи нескольких тел	Решение простых дифференциальных уравнений. Методы высших порядков. Методы Рунге-Кутты. Интегрирование классических уравнений движения. Метод Эйлера-Рундсона. Проблемы граничных значений. Численное нахождение корней уравнения и минимизация. Метод Ньютона. Метод сопряженного градиента. Применение изученных методов. Задача движения одного тела. Сила трения. Релятивистские уравнения движения. Задача Кеплера. Задача трех тел. Больше чем три тела.
P2	Дифференциальные уравнения в частных производных	Метод конечных разностей. Метод сеток. Уравнения Пуассона и Лапласа. Метод релаксации. Метод верхней релаксации Гаусса-Сайдела. Мультисеточные методы. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом линий. Уравнение диффузии. Стабильность расчетной схемы. Метод Кранка-Николсона. Волновое уравнение. Колебания струны. Реалистичные модели. Метод конечных элементов. Обобщение на произвольные граничные условия. Обобщение на случай многомерных задач. Нелинейные уравнения в частных производных. Уравнения Максвелла. Алгоритм Вишена. Гидродинамика и уравнение Навье-Стокса. Солитоны и уравнение Кортевега-де Фриса.
P3	Методы интегрирования	Стандартные методы интегрирования. Численное интегрирование многомерных интегралов. Вычисление интегралов простейшим методом Монте-Карло. Генераторы случайных

		чисел. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло. Реализация метода Монте-Карло на параллельных архитектурах. Анализ погрешности метода Монте-Карло. Неравномерное распределение вероятностей. Выборка по значимости. Методы случайного блуждания.
<b>P4</b>	Перколяция	Ячеечная перколяция на квадратной решетке. Величины, характеризующие перколяцию. Одномерный случай. Случай бесконечной размерности. Маркировка кластеров. Критические показатели и конечномерное масштабирование. Ренорм-группа. Метод Монте-Карло для ре-норм-группы. Метод разложения в ряд. Фракталы. Регулярные фракталы и самоподобие. Процессы роста фракталов. Модель Эдена. Оккупирующая перколяция. Диффузия в неупорядоченных средах. Агрегация с ограничением диффузии.
<b>P5</b>	Магнитные системы	Модель Изинга. Точное решение модели Изинга для решетки 2x2. Восприимчивость. Удельная теплоемкость. Алгоритм Метрополиса. Систематические ошибки: граничные эффекты. Термодинамические свойства системы вблизи точки возникновения магнитного порядка. Теория молекулярного поля. Модель Гейзенберга. Свойства при нулевой температуре и основное состояние Гейзенбергского ферромагнетика. Свойства при нулевой температуре и основное состояние Гейзенбергского ферромагнетика. Поведение Гейзенбергского ферромагнетика при низких температурах. Спиновые волны. Высокотемпературная восприимчивость. Модель Хаббарда. Переход к модели Гейзенберга. Проект ALPS (Алгоритмы и Библиотеки для Физического Моделирования).
<b>P6</b>	Решение квантовой задачи	Обзор квантовой теории. Стационарное уравнение Шредингера. Нестационарное уравнение Шредингера. Анализ квантовых систем с помощью метода случайных блужданий.  Вариационные методы Монте-Карло для квантовомеханических систем. Решение задачи на собственные значения и собственные функции с использованием параллельных алгоритмов.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология дебатов, дискуссий Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен критически оценивать применимость используемых алгоритмов и методов при	З-3 - Описать способы оценки научно-технического уровня достигнутых результатов

			<p>исследовании физико-химических свойств новых функциональных материалах</p>	<p>У-3 - Пользоваться современными методами графического представления расчетной информации</p> <p>У-4 - Производить оценку погрешностей экспериментальных данных</p> <p>П-1 - Разрабатывать рекомендации по сертификации технических средств (оборудования, алгоритмов, программных продуктов)</p>
			<p>ПК-4 - Способен понимать принципы составления проектов работ в области физики конденсированного состояния и материаловедения</p>	<p>З-2 - Перечислить требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья</p> <p>У-1 - Определять оптимальные методы и средства проведения исследований и разработок</p> <p>П-1 - Выполнять разработку компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Вычислительная физика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Купцов, , П. В.; Элементарная вычислительная физика. Компьютерная обработка данных на практических и лабораторных занятиях : учебное пособие.; Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, Саратов; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/76536.html> (Электронное издание)
2. Формалев, В. Ф.; Численные методы : учебник.; Физматлит, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69333> (Электронное издание)
3. Диков, А. В., Сугробов, Г. В.; Математическое моделирование и численные методы : учебное пособие.; Пензенский государственный педагогический университет (ПГПУ), Пенза; 2000; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=96973> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Кунин, С. Е., Стивен Е., Баркалов, А. Д., Явохин, А. Н., Матвеев, А. Н.; Вычислительная физика; Мир, Москва; 1992 (3 экз.)
2. Гулд, Х., Панченко, В. А., Полюдов, Е. Н.; Компьютерное моделирование в физике : [В 2 ч.]. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1990 (4 экз.)
3. Гулд, Х., Панченко, В. А., Полюдов, Е. Н.; Компьютерное моделирование в физике : [В 2 ч.]. Ч. 2. ; Мир, Москва; 1990 (6 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека

Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>

2. Российская национальная библиотека

Режим доступа: <http://www.rsl.ru>

3. Публичная электронная библиотека

Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>

4. Библиотека УрФУ

Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Вычислительная физика

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Cisco C3750X-24 LAN Base to IP Base E-License ( L-C3750X-24-L-S)
2	Лабораторные занятия	Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Cisco C3750X-24 LAN Base to IP Base E-License ( L-C3750X-24-L-S)