**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 26 | 26 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 48 | 48 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 108 | часов |
| | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 3 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 27.05.2026
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 74466

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов представлений об основах математического аппарата изучения физических полей – одного из центральных объектов современной физики и техники, находящего широкое применение при изучении математических моделей в научных и прикладных задачах.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Получить знания о реальных (в первую очередь физических) процессах на основе решения краевых задач для уравнений в частных производных.
2. Выработать навыки математического моделирования реальных (в первую очередь физических) процессов на основе решения краевых задач для уравнений в частных производных.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.06.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 74466

| | | |
|---|---|---|
| ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ПК-1.1. Знает стандартные программные средства | Знает стандартные программные средства компьютерного моделирования устройств и установок электроники и наноэлектроники.<br>Знает математический аппарат теории дифференциальных уравнений и математической физики на практике.<br>Знает исходные данные для построения математической модели физических процессов и явлений. |
| | ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели модулей, узлов, блоков | Умеет строить физические и математические модели модулей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники.<br>Умеет пользоваться методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач на основе построения<br>физических и математических моделей приборов, схем,<br>устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения. |
| | ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования | Владеет навыками компьютерного моделирования устройств и установок электроники и наноэлектроники. Владеет способами моделирования реальных физических процессов как краевых задач для уравнений в частных производных и выявлять естественнонаучную сущность проблем. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 3 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 60 | 60 |
| Лекционные занятия | 26 | 26 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 48 | 48 |
| Подготовка к зачету | 20 | 20 |
| Подготовка к тестированию | 20 | 20 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | 8 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 108 | 108 |

Согласована на портале № 74466

| | | |
|---|---|---|
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 3 | 3 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | | | |
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП) | 4 | 2 | - | 4 | 10 | ПК-1 |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | 2 | 6 | 4 | 6 | 18 | ПК-1 |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | 2 | - | 4 | 6 | 12 | ПК-1 |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье) | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-1 |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля | 2 | 4 | - | 4 | 10 | ПК-1 |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-1 |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-1 |
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования | 4 | - | - | 4 | 8 | ПК-1 |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов | 4 | 6 | 4 | 6 | 20 | ПК-1 |
| 10 Нелинейные волновые уравнения | 2 | - | 4 | 6 | 12 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 26 | 18 | 16 | 48 | 108 | |
| Итого | 26 | 18 | 16 | 48 | 108 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП) | Определение УЧП. Порядок уравнения. Особенности решения УЧП. Понятие о полной и неполной системе уравнений в частных производных. Линейные и квазилинейные уравнения. Понятие о краевых задачах математической физики. Основные уравнения математической физики. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | Законы сохранения как основа модельного описания физического процесса. Вывод одномерной математической модели теплопроводности на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. Понятие об аксиоматическом методе моделирования. Необходимость граничных условий (ГУ) и начальных условий (НУ). Уравнение теплопроводности при учете различных дополнительных факторов. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | Гиперболические, параболические и эллиптические уравнения и соответствие их типам физических задач. Приведение к каноническому виду уравнений гиперболического типа. Метод характеристик. Приведение к каноническому виду уравнений параболического типа. Приведение эллиптических уравнений к канонической форме. Классификация и канонические формы линейных уравнений 2-го порядка для n независимых переменных. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье) | Линейные однородные ГУ. Алгоритм разделения переменных. Учет граничных и начальных условий. Свойство ортогональности для системы функций. Анализ решения УЧП методом разделения переменных. Преобразование задачи с неоднородными ГУ в задачу с однородными ГУ. Задача теплопроводности с производной в ГУ. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля | Самосопряженное уравнение Штурма-Лиувилля. Свойства задачи Штурма-Лиувилля. Типы краевых условий. Некоторые важные задачи Штурма-Лиувилля, к которым сводится решение физических задач. Решение неоднородного уравнения методом разложения по собственным функциям. Алгоритм решения и его реализация. Физическая интерпретация решения. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП | Сравнение аналитических решений с численными решениями. Понятия аналитического и численного решений. Преимущества численных решений. Преимущества численных решений. Задача и пример параметрической идентификации. Метод конечных разностей. Конечно-разностные аппроксимации. Правая, левая и центральная разностные производные. Решение задачи Дирихле методом конечных разностей. Алгоритм численного решения задачи Дирихле. Матричная форма записи решения задачи Дирихле. Замена производных, входящих в ГУ, разностными аппроксимациями при решении задачи Неймана. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | Вывод уравнений акустики. Волновое уравнение. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Акустическая интерпретация, Граничные условия для акустических волн. Уравнение Гельмгольца. Постановка задач дифракции акустических волн. Решение уравнения Гельмгольца в сферических координатах. Дифракция плоской акустической волны на шаре. Уравнения теории упругости. Уравнения упругих колебаний. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования | Ядро преобразования. Интегральное преобразование – путь к уменьшению числа независимых переменных в УЧП. Схема алгоритма решения задачи методом интегральных преобразований. Прямое и обратное преобразование. Виды интегральных преобразований. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент. Примеры спектров периодических и непериодических функций. Преобразование Фурье и его применение для решения УЧП. Фурье-образ функции и его свойства (исходная функция-результат обратного преобразования, линейность, замена дифференцирования умножением, свертка). Решение задачи Коши (на примере уравнения теплопроводности) методом преобразования Фурье. Алгоритм решения и его реализация. Анализ решения, функция Грина (функция источника). Физическая интерпретация решения. Проявление принципа суперпозиции. Условия применимости преобразования Фурье и преобразования Лапласа для УЧП. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 Математическое моделирование электрических процессов | Уравнения Максвелла. Уравнения электростатики. Объемный потенциал, его свойства. Электростатическая интерпретация объемного потенциала. Физическая интерпретация основных граничных условий в электростатике. Сведение внутренней и внешней задач Дирихле, внутренней и внешней задач Неймана к интегральным уравнениям. Исследование основных краевых задач для уравнения Лапласа с помощью интегральных уравнений. Обобщенные функции и их свойства. Сингулярные обобщенные функции, дельта-функция Дирака. Фундаментальные решения для уравнений математической физики. Метод функции Грина. Построение функций Грина. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 10 Нелинейные волновые уравнения | Уравнение Кортевега-де Фриза. Солитоны. Волновые уравнения для электромагнитного поля. Плоские решения уравнений Максвелла. Краевые задачи дифракции для электромагнитных волн. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| | Итого за семестр | 26 | |
| | Итого | 26 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.
Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Согласована на портале № 74466

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП) | Вывод уравнений. Постановка краевых задач | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (однородные граничные условия). Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (неоднородные граничные условия). Уравнение теплопроводности на бесконечной прямой, в неограниченном пространстве, на полубесконечной прямой | 6 | ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля | Задача Штурма-Лиувилля (отрезок, прямоугольник, параллелепипед). Вычисление квадрата нормы. Задача Штурма-Лиувилля (круг, сектор, кольцо). | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов | Уравнение Лапласа в прямоугольнике и параллелепипеде. Уравнение Лапласа в круге, вне круга, в кольце, в сектор. Уравнение Лапласа в цилиндре и его частях. | 6 | ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

**5.4. Лабораторные занятия**

Согласована на портале № 74466

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | Численный метод решения уравнения теплопроводности на основе неявной разностной схемы (Кранка-Николсона) | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | Численный метод решения гиперболического уравнения на основе явной разностной схемы | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов | Численный метод решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 10 Нелинейные волновые уравнения | Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП) | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |

Согласована на портале № 74466

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье) | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 6 | | |

Согласована на портале № 74466

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 Нелинейные волновые уравнения | Подготовка к зачету | 2 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 6 | | |
| Итого за семестр | | 48 | | |
| Итого | | 48 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| **3 семестр** | | | | |
| Зачёт | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Лабораторная работа | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Тестирование | 10 | 15 | 15 | 40 |
| Итого максимум за период | 30 | 35 | 35 | 100 |
| Нарастающим итогом | 30 | 65 | 100 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Согласована на портале № 74466

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Конспект лекций по высшей математике : в 1. 2 ч. / Д. Т. Письменный. - М. : Айрис-Пресс, 2007 - . - ISBN 978-5-8112-1687-1. Ч. 2 : Тридцать пять лекций. - 5-е изд. - М. : Айрис-Пресс, 2007. - 251, [5] с. : ил., табл. - ISBN 978-5-8112-2315-2 (наличие в библиотеке ТУСУР - 60 экз.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 60 экз.).

2. Краснопевцев, Е. А. Математические методы физики. Ортонормированные базисы функций : учебное пособие / Е. А. Краснопевцев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-2493-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212849 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/212849 .

3. Палин, В. В. Методы математической физики. Лекционный курс : учебное пособие для вузов / В. В. Палин, Е. В. Радкевич. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 222 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03589-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/514448 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/514448 .

4. Байков, В. А. Уравнения математической физики : учебник и практикум для вузов / В. А. Байков, А. В. Жибер. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 254 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02925-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/513681 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/513681.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Математические методы физики. Избранные вопросы : Учебник для вузов / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск : НГТУ, 2003. - 242 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

2. Высшая математика III. Функции комплексного переменного. Ряды. Интегральные преобразования: Учебное пособие / Л. И. Магазинников - 2012. 206 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2258.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/513220 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/513220 .

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методы математической физики: Методические указания к практическим занятиям / П. П. Гейко - 2012. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2351.

Согласована на портале № 74466

2. Решение уравнений в частных производных гиперболического типа: Методические указания к лабораторной работе / П. П. Гейко - 2012. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2346.

3. Моделирование параболических уравнений в частных производных по схеме Кранка–Николсона: Методические указания к лабораторной работе / П. П. Гейко - 2012. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2347.

4. Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа: Методические указания к лабораторной работе / П. П. Гейко - 2012. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2348.

5. Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности: Методические указания к лабораторной работе / А. Л. Магазинников - 2012. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2350.

6. Атомная физика и физика твёрдого тела: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / А. В. Лячин, Ю. П. Чужков - 2018. 147 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7691.

7. Вычислительная математика: Методические указания по самостоятельной работе / В. Г. Баранник, Е. В. Истигечева - 2014. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5369.

8. Первушина, М. О. Организация самостоятельной работы по физике : учебное пособие / М. О. Первушина, И. А. Небаев. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2017. — 31 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/179997 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/179997 .

### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория ГПО: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 010 ауд.

Согласована на портале № 74466

Описание имеющегося оборудования:
- Электропечи: СУОЛ-12, СУОЛ-0.25 (3 шт.);
- Усилитель электрометрический У5-6, У5-7;
- Вакуумметр термопарный ВТ-3;
- Генератор НЧ;
- Двухканальный источник питания НУ3002Д-2;
- Источник питания переменного и постоянного тока Б5-49;
- Прибор для исследования АЧХ: Х1-53, Р2-54, Р2-50, Х1-42, Х1-36;
- Универсальный источник питания УИП-1 (2 шт.);
- Ампер-вольтметр М198/1;
- Измеритель КСВН панорамный РК2-47;
- Прибор для измерения разности фаз ФК2-12;
- Генераторный блок СВЧ Р2-38;
- Осциллографы: С1-79 (2 шт.), С1-64, С1-75;
- Микроскоп МБС-10;
- Блоки питания: БПС-28-30р, Б5-47;
- Источник высокого напряжения ИВНР-5/50;
- Термошкаф;
- Генератор импульсов: Г5-56, Г5-60;
- Вольтметры: В7-27, В7-40/5;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория ГПО: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 010 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Электропечи: СУОЛ-12, СУОЛ-0.25 (3 шт.);
- Усилитель электрометрический У5-6, У5-7;
- Вакуумметр термопарный ВТ-3;
- Генератор НЧ;
- Двухканальный источник питания НУ3002Д-2;
- Источник питания переменного и постоянного тока Б5-49;
- Прибор для исследования АЧХ: Х1-53, Р2-54, Р2-50, Х1-42, Х1-36;
- Универсальный источник питания УИП-1 (2 шт.);
- Ампер-вольтметр М198/1;
- Измеритель КСВН панорамный РК2-47;
- Прибор для измерения разности фаз ФК2-12;
- Генераторный блок СВЧ Р2-38;
- Осциллографы: С1-79 (2 шт.), С1-64, С1-75;
- Микроскоп МБС-10;
- Блоки питания: БПС-28-30р, Б5-47;
- Источник высокого напряжения ИВНР-5/50;
- Термошкаф;
- Генератор импульсов: Г5-56, Г5-60;
- Вольтметры: В7-27, В7-40/5;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;

Согласована на портале № 74466

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП) | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 74466

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье) | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Численные и приближенные методы решения УЧП | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 9 Математическое моделирование электрических процессов | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 10 Нелинейные волновые уравнения | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |

Согласована на портале № 74466

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какие физические процессы описывает параболическое уравнение? а) колебания б) движущиеся волны в) стационарные процессы г) диффузию
2. Какие физические процессы описывает гиперболическое уравнение? а) теплопроводность

Согласована на портале № 74466

б) волны в) стационарные процессы г) диффузию
3. Какие физические процессы описывает эллиптическое уравнение? а) теплопроводность б) движущиеся волны в) стационарные процессы г) диффузию
4. Что описывают граничные условия? а) взаимосвязь физических переменных б) физическую переменную в начальный момент времени в) физическую переменную на границе г) производную физической переменной в начальный момент времени
5. Что описывают начальные условия? а) взаимосвязь физических переменных б) физическую переменную в начальный момент времени в) физическую переменную на границе г) производную физической переменной на границе
6. Что описывает уравнение? а) взаимосвязь физических переменных б) физическую переменную в начальный момент времени в) физическую переменную на границе г) производную физической переменной в начальный момент времени
7. Уравнение, описывающее поперечные колебания струны, является уравнением а) эллиптического типа; б) смешанного типа; в) гиперболического типа; г) параболического типа
8. Уравнение Utt - Uxx =0 имеет: а) одно решение б) два решения в) ни одного решения г) бесконечное множество решений
9. Укажите тип дифференциального уравнения Лапласа Варианты ответа: а) эллиптический; б) гиперболический; в) круговой; г) параболический;
10. Метод разделения переменных применяется для решения смешанных задач, когда: а) УЧП является нелинейным и неоднородным с произвольными граничными условиями б) УЧП является линейным и однородным, граничные условия линейные и однородные в) УЧП является линейным и однородным, область определения в координатном пространстве имеет бесконечную протяженность г) УЧП является нелинейным и однородным с произвольными граничными условиями

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Определение УЧП. Порядок уравнения. Особенности решения УЧП.
2. Законы сохранения как основа модельного описания физического процесса.
3. Вывод одномерной математической модели теплопроводности на основе закона сохранения энергии и закона Фурье.
4. Метод разделения переменных.
5. Линейные однородные граничные условия, начальное условие.

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Численный метод решения уравнения теплопроводности на основе неявной разностной схемы (Кранка-Николсона)
2. Численный метод решения гиперболического уравнения на основе явной разностной схемы
3. Численный метод решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа
4. Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам

Согласована на портале № 74466

учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Согласована на портале № 74466

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 74466

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол №01-23 от «13» 1 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ЭП | Е.Е. Слядников | Разработано, 428e61dd-26cd-4d18-850b-74157ffde9f6 |

Согласована на портале № 74466