

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра математического анализа

«Утверждаю»  
Проректор по учебно-  
методической работе  
\_\_\_\_\_ Ю.А. Устименко  
«23» июня 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.О.37 УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки: **01.03.02 Прикладная математика и информатика**  
Направленность (профиль): **Математическое и информационное моделирование**  
Форма обучения – очная  
Курс – 3  
Семестр – 5  
Всего зачётных единиц – 4, часов – 144

Форма отчетности: экзамен – 5 семестр

Программу разработала:  
старший преподаватель Богданова Н.Н.

Одобрена на заседании кафедры  
«16» июня 2022г., протокол №10

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ К.М. Расулов

Смоленск  
2022

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Изучение уравнений математической физики играет фундаментальную роль в теоретической и практической подготовке студентов направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (профиль «Математическое и информационное моделирование»). Дисциплина «Уравнения математической физики» относится к математическому и естественнонаучному циклу (базовая часть) и является обязательной к изучению.

Данный раздел носит прикладной характер и позволяет показать как различные математические методы (в основном методы решения дифференциальных уравнений с частными производными и интегральных уравнений) позволяют получать решения физических задач разного типа.

Содержание дисциплины служит основой для освоения таких дисциплин, как: физика, дисциплин профессионального цикла.

Цели освоения дисциплины:

- овладение основными понятиями уравнений математической физики;
- овладение логическими основами курса, необходимыми для решения теоретических и практических задач;
- приобретение навыков использования аппарата уравнений математической физики при решении профессиональных задач;
- формирование навыков самостоятельной работы, необходимых для использования знаний при изучении специальных дисциплин и дальнейшей практической деятельности;
- развитие математической интуиции, воспитание математической культуры.

Задачи освоения дисциплины:

- **Познавательные:** обеспечить прочные знания и умения в области математического моделирования физических процессов; овладеть математическим аппаратом, необходимым для такого моделирования (дифференциальные уравнения в частных производных, интегральные уравнения, ряды Фурье, теория функций комплексного переменного, функциональный анализ, специальные функции); определить понятия, необходимые для изучения других дисциплин естественнонаучного блока.
- **Воспитательные:** воспитать математическую культуру и понимание роли математического аппарата в различных сферах профессиональной деятельности; привить студентам умение и привычку к самостоятельному изучению учебной литературы по математике.
- **Развивающие:** развивать логическое мышление студентов; повысить общий уровень математической культуры бакалавров; развивать познавательные интересы путём использования полученных знаний для решения прикладных задач.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы
<b>ОПК-1.</b> Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные законы естественнонаучных дисциплин, базовый аппарат математики, необходимые для осуществления профессиональной деятельности; <b>Уметь:</b> применять знания в области естественнонаучных и математических дисциплин для проведения теоретических и экспериментальных исследований в профессиональной деятельности; <b>Владеть:</b> методами математического анализа и моделирования, навыками в области естественнонаучного и общеинженерного знания,

	позволяющими осуществлять исследования в профессиональной деятельности.
<b>ОПК-2.</b> Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	<p><b>Знать:</b> основные математические принципы и методики создания алгоритмов и программ для решения прикладных задач, основные среды для разработки программного обеспечения;</p> <p><b>Уметь:</b> использовать и адаптировать математические методы для разработки алгоритмов решения прикладных задач, внедрять и адаптировать прикладное программное обеспечение;</p> <p><b>Владеть:</b> аппаратом математики, современными языками программирования и методиками разработки и внедрения прикладного программного обеспечения.</p>

### 3. Содержание дисциплины

#### 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными.

Линейные и квазилинейные дифференциальные уравнения с частными производными второго порядка. Приведение к канонической форме.

**2. Уравнения гиперболического типа.** Постановка основных задач. Задача Коши для волнового уравнения. Смешанная задача. Понятие корректности постановки задач уравнений математической физики.

**3. Уравнения параболического типа.** Постановка основных задач. Единственность решения задачи Коши. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности.

**4. Уравнения эллиптического типа.** Постановка основных задач. Гармонические функции на плоскости и в трёхмерном пространстве, их основные свойства. Решение задачи Дирихле для круга и шара методом Фурье. Метод функции Грина для решения задачи Дирихле. Элементы теории потенциала.

**5. Уравнение Гельмгольца.** Физический смысл решений уравнения Гельмгольца. Постановка основных задач.

### 4. Тематический план

Темы	Всего часов	Формы занятий		
		Лекции	Практич. занятия	Самост. работа
1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Линейные дифференциальные уравнения 2-го порядка. Приведение к канонической форме.	14	2	6	6
2. Уравнения гиперболического типа. Постановка основных задач. Задача Коши для уравнения колебаний. Существование и единственность решения. Смешанная задача.	12	4	4	4
3. Интеграл энергии, теоремы единственности и устойчивости. Понятие корректности постановки задач уравнений математической физики.	6	2	-	4

4. Уравнения параболического типа. Постановка основных задач. Единственность решения задачи Коши.	6	2	-	4
5. Интегральные преобразования Фурье. Решение задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности.	12	2	6	4
6. Решение задачи об остывании бесконечного круглого осесимметричного цилиндра.	6	2	-	4
7. Решение задачи о колебании круглой мембраны с закреплёнными границами. Решение задачи о колебании прямоугольной мембраны.	10	2	4	4
8. Метод разделения переменных для параболических уравнений. Общая постановка задачи Штурма-Лиувилля.	6	2	-	4
9. Уравнения эллиптического типа. Постановка основных задач. Уравнения Лапласа и Пуассона. Гармонические функции и их основные свойства.	14	4	4	6
10. Задача Дирихле. Теоремы единственности и устойчивости. Метод разделения переменных для задачи Дирихле в случае круга и шара.	12	6	4	2
11. Метод функции Грина для решения задачи Дирихле.	6	2	2	2
12. Теория потенциалов. Применение потенциалов к решению краевых задач.	7	2	2	3
13. Уравнение Гельмгольца.	6	2	2	2
Экзамен	27	-	-	27
Всего за семестр	144	34	34	76

## 5. Виды образовательной деятельности

**Лекции 1 «Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Линейные дифференциальные уравнения 2-го порядка. Приведение к канонической форме»:** общая классификация дифференциальных уравнений с частными производными; классификация линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка; приведение к канонической форме линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка с 2-мя переменными; случай гиперболического, параболического и эллиптического уравнений.

**Лекции 2-3 «Уравнения гиперболического типа. Постановка основных задач»:** постановка задачи Коши, граничной задачи и смешанной задачи для гиперболического уравнения; одномерный, двумерный и трёхмерный случаи; вывод формулы Даламбера; решение задачи для конечной струны.

**Лекция 4 «Интеграл энергии, теоремы единственности и устойчивости»:** постановка краевых задач для волнового уравнения; интеграл энергии и его применение к доказательству единственности решения; доказательство устойчивости; понятие корректности постановки задач уравнений математической физики.

**Лекция 5 «Уравнения параболического типа. Постановка основных задач»:** постановка задачи Коши, граничной задачи и смешанной задачи для уравнения параболического типа; уравнение теплопроводности; принцип максимума и минимума для решения смешанной задачи в случае однородного уравнения теплопроводности; доказательство единственности и устойчивости решения смешанной задачи; единственность решения задачи Коши.

**Лекция 6 «Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности»:** интегральные преобразования Фурье; решение задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности; обобщение на двумерный и трёхмерный случай.

**Лекция 7 «Решение задачи об остывании бесконечного круглого осесимметричного цилиндра»:** понятие о функциях Бесселя; их применение к решению задачи об остывании бесконечного круглого осесимметричного цилиндра.

**Лекция 8 «Решение задачи о колебании круглой мембраны с закреплёнными границами»:** применение функций Бесселя к решению задачи о колебании круглой мембраны с закреплёнными границами; решение задачи о колебании прямоугольной мембраны.

**Лекция 9 «Метод разделения переменных для параболических уравнений. Общая постановка задачи Штурма-Лиувилля»:** собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля в общей постановке; основные теоремы о собственных функциях и собственных значениях; доказательство теоремы об ортогональности с весом системы собственных функций.

**Лекции 10-11 «Уравнения эллиптического типа. Постановка основных задач. Уравнения Лапласа и Пуассона. Гармонические функции и их основные свойства»:** физические процессы, описываемые уравнениями Пуассона и Лапласа; постановка краевых задач Дирихле, Неймана и третья краевая задача; гармонические функции 2-х переменных, их связь с аналитическими и основные свойства; гармонические функции 3-х переменных; 1-ая и 2-ая формулы Грина; интегральные представления для произвольной функции 3-х переменных и для гармонической функции; основные свойства гармонической функции.

**Лекции 12-14 «Задача Дирихле. Теоремы единственности и устойчивости. Метод разделения переменных для задачи Дирихле в случае круга и шара»:** постановка задачи Дирихле; доказательство единственности и устойчивости решения задачи Дирихле; вывод оператора Лапласа в цилиндрической и сферической системах координат; метод Фурье для круговых областей; решение задачи для внешности круга и для кругового кольца; интеграл Пуассона; решение задачи Дирихле для шара, для внешности шара и для шарового слоя; ортогональные многочлены и присоединённые функции Лежандра.

**Лекция 15 «Метод функции Грина для решения задачи Дирихле»:** решение краевых задач методом функции Грина; функция Грина для круга, шара, полушара, полупространства.

**Лекция 16 «Элементы теории потенциала. Применение потенциалов к решению краевых задач»:** объёмный потенциал и его свойства; объёмный потенциал равномерно заряженного шара; логарифмический потенциал; поверхностные потенциалы простого и двойного слоя; криволинейные потенциалы простого и двойного слоя; применение потенциалов простого и двойного слоя к решению краевых задач.

**Лекция 17 «Уравнение Гельмгольца»:** однородное и неоднородное уравнения Гельмгольца; сведение эллиптического уравнения к уравнению Гельмгольца; принцип максимума и минимума; фундаментальное решение однородного уравнения Гельмгольца.

**Практические занятия 1-3 «Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Линейные дифференциальные уравнения 2-го порядка. Приведение к канонической форме».**

*Контрольные вопросы:* по занятиям № 1-2 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для аудиторной работы:* занятия 1-2 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для самостоятельной работы:* занятия 1-2 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

**Практические занятия 4-5 «Уравнения гиперболического типа. Постановка основных задач».**

*Контрольные вопросы:* занятие № 3 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для аудиторной работы:* занятие № 3 (см. [2] Методические указания для обучающихся); № 4.20; 4.23; 4.25 (см. [2] основная литература).

*Задания для самостоятельной работы:* занятие № 3 (см. [2] Методические указания для обучающихся); № 4.21; 4.27; 4.28 (см. [2] основная литература).

**Практические занятия 6-8 «Интегральные преобразования Фурье. Решение задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности».**

*Контрольные вопросы:* занятие № 4 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для аудиторной работы:* занятие № 4 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для самостоятельной работы:* занятие № 4 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

**Практические занятия 9-10 «Решение задачи о колебании круглой мембраны с закреплёнными границами. Решение задачи о колебании прямоугольной мембраны».**

*Контрольные вопросы:* вывод уравнения поперечных колебаний мембраны; вид оператора Лапласа в полярной системе координат, вывод формулы; постановка начально-граничных задач для волнового уравнения на плоскости.

*Задания для аудиторной работы:* № 6.4; 6.5; 6.7; 6.13; 6.14 (см. [2] основная литература).

*Задания для самостоятельной работы:* № 6.6; 6.11; 6.12; 6.18 (см. [2] основная литература).

**Практические занятия 11-12 «Уравнения эллиптического типа. Постановка основных задач. Уравнения Лапласа и Пуассона. Гармонические функции и их основные свойства».**

*Контрольные вопросы :* занятие № 5 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для аудиторной работы:* занятие № 5 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для самостоятельной работы:* занятие № 5 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

**Практические занятия 13-14 «Задача Дирихле. Теоремы единственности и устойчивости. Метод разделения переменных для задачи Дирихле в случае круга и шара».**

*Контрольные вопросы:* занятие № 6 (см. [2] Методические указания для обучающихся).

*Задания для аудиторной работы:* занятие № 6 (см. [2] Методические указания для обучающихся); № 9.10; 9.14; 9.15; 9.20 (см. [2] основная литература).

*Задания для самостоятельной работы:* занятие № 6 (см. [2] Методические указания для обучающихся); № 9.16; 9.21 (см. [2] основная литература).

**Практическое занятие 15 «Метод функции Грина для решения задачи Дирихле».**

*Контрольные вопросы:* определение функции Грина; построение функции методом электростатических отображений; суть метода решения задачи Дирихле при помощи функции Грина.

*Задания для аудиторной работы:* № 43; 45; 47; 48.

*Задания для самостоятельной работы:* №44; 46; 49.

(см. [7] дополнительная литература).

**Практическое занятие 16 «Теория потенциалов. Применение потенциалов к решению краевых задач».**

*Контрольные вопросы:* определение объёмного потенциала; определение потенциала простого и двойного слоя; определение криволинейного потенциала простого и двойного слоя; сведение краевых задач к интегральным уравнениям Фредгольма 2-го рода при помощи потенциалов простого и двойного слоя.

*Задания для аудиторной работы:* № 117; 119; 122; 127.

*Задания для самостоятельной работы:* № 118; 121; 125.

(см. [7] дополнительная литература).

**Практическое занятие 17 «Уравнение Гельмгольца».**

*Контрольные вопросы:* определение уравнения Гельмгольца; замена переменных, приводящая к этому уравнению; физический смысл решений уравнения; условия излучения.

*Задания для аудиторной работы:* № 217; 219; 221; 225.

*Задания для самостоятельной работы:* № 218; 220; 224.

(см. [7] дополнительная литература).

#### **Самостоятельная работа**

Задания для самостоятельной работы приводятся в планах практических занятий.

### **6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)**

#### **6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации**

Текущая аттестация осуществляется на каждом практическом занятии в процессе фронтального опроса, выполнения заданий для аудиторной работы, в процессе проверки домашней самостоятельной работы.

С целью дифференциации уровня подготовки бакалавров и для ликвидации имеющихся при изучении дисциплины задолженностей студентам предлагаются индивидуальные дидактические задания, которые выполняются в процессе внеаудиторной работы и сдаются на проверку преподавателю.

Проведение текущего контроля осуществляется также посредством проведения аудиторной контрольной работы один раз в течение семестра и разноуровневых самостоятельных работ.

По итогам изучения дисциплины предусмотрен экзамен, который проводится в письменной форме, направлен на контроль освоения обучающимися теоретического и практического программного материала.

#### **Оценочные средства**

**I. Контрольные вопросы для проверки теоретической подготовки к практическому занятию.**

Перечень вопросов приводится в планах практических занятий.

**II. Задания для самостоятельной работы.**

Перечень практических заданий для самостоятельной работы приводится в планах практических занятий.

### III. Контрольная работа по дисциплине.

Проведение текущего контроля осуществляется также посредством проведения аудиторной письменной контрольной работы (1 раз в течение семестра).

#### Образец контрольной работы

1) Привести уравнение к канонической форме в каждой из областей, где сохраняется его тип  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$ .

2) Найти закон колебания бесконечной струны, определяемый уравнением  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ , если начальное отклонение задано условием

$$u(x,0) = \begin{cases} 0, & \text{при } |x| \geq l \\ l - x, & \text{при } 0 \leq x \leq l \\ l + x, & \text{при } -l \leq x \leq 0, \end{cases} \quad \text{где } l - \text{ заданный отрезок.}$$

Начальная скорость и внешняя возмущающая сила равны нулю. Построить профиль струны в моменты времени  $t = 0, t = \frac{l}{2a}, t = \frac{l}{a}$ .

3) Найти прямое и обратное преобразование Фурье для функции

$$f(x) = \begin{cases} e^x, & \text{при } x \leq 0 \\ 0, & \text{при } x > 0 \end{cases}.$$

4) Доказать, что если  $U(x,y)$  гармоническая функция, то

$V(x,y) = U\left(\frac{x}{x^2+y^2}, \frac{y}{x^2+y^2}\right)$  также является гармонической функцией.

5) Построить функцию Грина для полупространства.

#### Критерии оценивания контрольной работы

##### 1. Нормы оценивания работы

№ п/п	Структурная часть контрольной работы	Количество баллов (*)
1	Правильно реализован каждый метод решения	1 балл

(\*) Возможна градация в 0,25 балла.

##### 2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

### IV. Задания для аудиторных лабораторных работ.

Лабораторных работ по дисциплине не предусмотрено.

#### 6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации



Промежуточная аттестация осуществляется посредством проведения экзамена в 5 семестре.

**Вопросы для подготовки к экзамену и образец экзаменационного задания.**

Вопросы к экзамену

1. Понятие дифференциального уравнения в частных производных. Классификация.
2. Приведение к канонической форме линейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя переменными.
3. Гиперболические уравнения. Постановка основных задач.
4. Решение задачи Коши для волнового уравнения.
5. Решение смешанной задачи для волнового уравнения.
6. Интеграл энергии. Единственность решения задачи Коши.
7. Понятие корректности постановки задач уравнений математической физики.
8. Интегральные преобразования Фурье.
9. Параболические уравнения. Постановка основных задач.
10. Решение задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности. Формула Пуассона.
11. Общая постановка задач Штурма-Лиувилля для параболических уравнений.
12. Основные теоремы о собственных значениях и собственных функциях задачи Штурма-Лиувилля.
13. Понятие о функциях Бесселя.
14. Решение задачи об остывании бесконечного круглого осесимметричного цилиндра.
15. Уравнения эллиптического типа. Постановка основных задач.
16. Уравнения Лапласа и Пуассона.
17. Гармонические функции на плоскости и их свойства.
18. Гармонические функции в трёхмерном пространстве. Первая и вторая формулы Грина.
19. Задача Дирихле. Теорема единственности и устойчивости.
20. Оператор Лапласа в цилиндрической системе координат.
21. Оператор Лапласа в сферической системе координат.
22. Метод разделения переменных для задачи Дирихле в случае круга.
23. Ортогональные полиномы и присоединённые функции Лежандра.
24. Метод разделения переменных для задачи Дирихле в случае шара.
25. Метод функции Грина для решения задачи Дирихле.
26. Примеры построения функции Грина для нескольких областей.
27. Формула Пуассона для круга.
28. Уравнение Гельмгольца.
29. Элементы теории потенциалов.
30. Сведение краевых задач для уравнений эллиптического типа к интегральным уравнениям.

Образец письменного экзаменационного задания

1. Метод функции Грина для решения задачи Дирихле.
2. Уравнение Гельмгольца. Физический смысл его решений.
3. Решить задачу Дирихле для полупространства методом функции Грина.
4. Найти решение внутренней и внешней задачи Дирихле для круга радиуса  $a$ , если  $U|_{r=a} = \cos^4 \varphi$ .
5. Найти  $f(z) = U + iV$  если  $U = e^x \cos y$ .

Критерии оценивания ответа на экзамене

1. Нормы оценивания ответа

№п/п	Структурная часть билета	Количество баллов
------	--------------------------	-------------------

1	Правильный ответ на вопрос	1 балл
---	----------------------------	--------

(\*) Возможна градация в 0,25, 0,5 и 0,75 балла.

2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### 7.1. Список основной литературы

1. 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, 2021. — 222 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03589-6 [электронный ресурс: <https://urait.ru/bcode/472356>].
2. Саженов С. А. Обобщенные решения уравнений математической физики: учебное пособие для вузов / С. А. Саженов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 151 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14417-8 [электронный ресурс: <https://urait.ru/bcode/477567>].
3. 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, 2021. — 254 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02925-3 [электронный ресурс: <https://urait.ru/bcode/471547>].
4. Полянина А. Д. Уравнения и задачи математической физики в 2 ч. Часть 1: справочник для вузов / А. Д. Полянина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01644-4 [электронный ресурс: <https://urait.ru/bcode/471068>].
5. Полянина А. Д. Уравнения и задачи математической физики в 2 ч. Часть 2: справочник для вузов / А. Д. Полянина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 333 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01646-8 [электронный ресурс: <https://urait.ru/bcode/471907>].

### 7.2. Список дополнительной литературы

1. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1976. — 296с.
2. Бицадзе А.В., Калинин Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. — М.: Наука, 1977. — 223с.
3. Глушко В.П. Курс уравнений математической физики с использованием пакета МАТЕМАТИКА: Теория и технология решения задач: учеб. пособие для студентов мат. и мех. спец./ В. П. Глушко, А. В. Глушко. - СПб: Лань, 2010. - 319 с.: ил. + 1 электр. опт. диск (CD ROM).
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1977. — 735с.
5. Владимиров В.С. Уравнения математической физики: учеб. для студентов вузов/ В. С. Владимиров, В.В. Жаринов. - 2-е изд., стер. - М.: Физматлит, 2008. - 400 с.
6. Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач. — С.-Пб.: Лань, 2008 — 224 с.
7. Захаров Е.В. Уравнения математической физики: учебник для студентов вузов по спец. "Механика", "Прикладная механика", "Прикладная математика и информатика"/ Е. В. Захаров, И.В. Дмитриева, С.И. Орлик. - М.: Академия, 2010. - 320 с.
8. Расулов К.М. Уравнения математической физики: основы теории и планы практических занятий. Учеб. пособие. 2-е изд., доп. - Смоленск: СмолГУ, 2008. - 66 с.

9. Сабитов К.Б. Уравнения математической физики: учеб. пособие для студентов по спец. "Математика", "Прикладная математика и информатика" и "Физика"/ К. Б. Сабитов. - М.: Высш. школа, 2003. - 255 с.

### Методические указания для обучающихся

1. Расулов К.М. Практикум по дифференциальным уравнениям и уравнениям математической физики: учебное пособие. Смоленск: ГАУ ДПОС «СОИРО», 2015. – 216 с.
2. Расулов К.М. Уравнения математической физики. - Смоленск: СГПУ, 2005. - 65 с.
3. Конашенко А.В. Математический анализ: Ряды. Уравнения математической физики. Элементы функционального анализа: планы практ. занятий. - Смоленск: СмолГУ, 2006. - 28 с.

### 7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Система дистанционного обучения Смоленского государственного университета <http://moodle.smolgu.ru>
- Электронно-библиотечная система университета <http://biblioteka.smolgu.ru>
- Национальный открытый университет <http://www.intuit.ru>
- Образовательный математический сайт <http://exponenta.ru>
- Общероссийский математический портал <http://www.mathnet.ru>
- Википедия <http://www.wikipedia.ru>
- Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова <http://www.lib.msu.ru/index.html>

### 8. Материально-техническое обеспечение

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется интерактивная доска; проектор; система компьютерной математики Mathematica. Осуществляется поиск информации в WWW-пространстве; работа с Web-страницами и ресурсами сети Интернет.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине в университете имеется следующая необходимая инструментальная база: учебные аудитории для проведения практических занятий; компьютерный класс, оборудованный персональными ЭВМ с необходимым математическим софтом и выходом в Интернет, аудитории, оборудованные проекторами и электронными досками для проведения лекционных занятий. Имеется кабинет ксерокопирования и кафедральный принтер для подготовки индивидуальных дидактических карточек, контрольных и экзаменационных материалов. Доступна электронная библиотека кафедры математического анализа. Используются портреты великих математиков, необходимые чертёжные инструменты.

### 9. Программное обеспечение

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине используется Информационно-вычислительный центр физико-математического факультета (Положение о Центре утверждено приказом ректора №01-66 от 28.09.2015 г.).

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются информационные технологии обработки данных с помощью прикладных программных продуктов Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint. Осуществляется поиск информации в WWW-пространстве; работа с Web-страницами и социальными ресурсами сети Интернет, а также используются различные системы компьютерной математики.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022