

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Уравнения математической физики

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Губайдуллина Р.К. (Кафедра теории функций и приближений, отделение математики), RKGubajdullina@kpfu.ru ; Салехова Илюся Гаруновна

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные понятия теории уравнений в частных производных, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений.

Должен уметь:

решать задачи теоретического характера в области уравнений в частных производных.

Должен владеть:

математическим аппаратом уравнений в частных производных, методами решения задач и доказательства утверждений в этой области.

Должен демонстрировать способность и готовность:

понимать роль дисциплины в познании мира, роль математического моделирования, использующего язык дифференциальных уравнений в этом процессе.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.03 "Механика и математическое моделирование (Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 124 часа(ов), в том числе лекции - 62 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 62 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 65 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре; экзамен в 6 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Постановка задач математической физики. Корректность постановок задач ма-тематической физики.	5	4	0	0	0	4	0	6

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
2.	Тема 2. Классификация и приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных.	5	4	0	0	0	4	0	4
3.	Тема 3. Задача Коши	5	2	0	0	0	4	0	4
4.	Тема 4. Формулы Грина. Задача на собственные значения.	5	4	0	0	0	2	0	2
5.	Тема 5. Уравнения гиперболического типа. Смешанная задача для уравнения колебаний.	5	4	0	0	0	4	0	6
6.	Тема 6. Задача Коши для волнового уравнения.	5	4	0	0	0	4	0	6
7.	Тема 7. Уравнения параболического типа. Смешанная задача для уравнения диффузии.	5	4	0	0	0	4	0	4
8.	Тема 8. Задача Коши для уравнения теплопроводности.	5	2	0	0	0	2	0	6
9.	Тема 9. Уравнения эллиптического типа. Постановка граничных задач для стационарного типа.	5	4	0	0	0	4	0	6
10.	Тема 10. Свойства гармонических функций.	6	6	0	0	0	4	0	3
11.	Тема 11. Задача Дирихле.	6	4	0	0	0	4	0	4
12.	Тема 12. Задача Неймана.	6	2	0	0	0	4	0	4
13.	Тема 13. Теория потенциалов.	6	4	0	0	0	4	0	4
14.	Тема 14. Метод интегральных преобразований.	6	4	0	0	0	4	0	6
15.	Тема 15. Обобщенные решения краевых задач.	6	6	0	0	0	4	0	0
16.	Тема 16. Решение уравнений математической физики в системе "Mathematica".	6	4	0	0	0	6	0	0
	Итого		62	0	0	0	62	0	65

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Постановка задач математической физики. Корректность постановок задач математической физики.

Вывод уравнения колебаний струны. Постановка смешанной задачи (задачи Коши-Адамара) и задачи Коши для уравнения колебаний струны. Уравнение колебаний мембраны, колебание упругого тела. Общее уравнение колебаний. Колебание балки.

Вывод уравнения теплопроводности. Постановка задач для уравнения теплопроводности. Задача распространения тепла в однородном стержне. Уравнение диффузии. Уравнение конвективной диффузии. Общее уравнение диффузии. Стационарное тепловое поле. Уравнение Пуассона, Лапласа. Постановка граничных задач.

Вывод уравнения неразрывности. Уравнение пьезопроводности. Движение несжимаемой однородной жидкости. Задача обтекания твердого тела.

Корректность постановок задач математической физики. Пример Адамара.

##### Тема 2. Классификация и приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных.

Классификация дифференциальных уравнений второго порядка в случае  $n$  независимых переменных. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений второго порядка в случае  $n$  независимых переменных.

Классификация и приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в случае двух независимых переменных.

### **Тема 3. Задача Коши**

Понятие характеристики. Анализ процессов, определяемых дифференциальным законом эволюции и начальным состоянием. Постановка задачи Коши для дифференциального уравнения второго порядка. Отличие задачи Коши от других краевых задач. Роль характеристик в постановке задачи Коши. Теорема Коши-Ковалевской.

### **Тема 4. Формулы Грина. Задача на собственные значения.**

Представление решения начально-краевой задачи для уравнения колебаний в ограниченной области через функцию Грина, определение функции Грина. Формулы Грина для самосопряженного дифференциального оператора. Постановка задачи на собственные значения. Свойства собственных значений. Свойства собственных функций.

### **Тема 5. Уравнения гиперболического типа. Смешанная задача для уравнения колебаний.**

Постановка смешанной задачи. Общая схема решения смешанной задачи для однородного уравнения колебаний методом Фурье.

Свободные колебания конечной струны, закрепленной на концах. (решение задачи методом Фурье, обоснование решения, физическая интерпретация решения).

Решение задачи для неоднородного уравнения. Случай неоднородных граничных условий.

Вывод энергетического равенства смешанной задачи для уравнения колебаний. Вывод априорных оценок для решения смешанной задачи. Теоремы единственности и устойчивости.

### **Тема 6. Задача Коши для волнового уравнения.**

Решение задачи Коши для волнового уравнения методом усреднения. Физическая интерпретация решения.

Метод спуска. Колебание бесконечной мембраны. Физическая интерпретация. Колебание бесконечной струны. Физическая интерпретация.

Применение формулы Даламбера к задачам о колебаниях полубесконечной и конечной струны.

Решение задачи Коши для неоднородного волнового уравнения.

Теоремы единственности и устойчивости задачи Коши.

Метод Римана решения задачи Коши.

### **Тема 7. Уравнения параболического типа. Смешанная задача для уравнения диффузии.**

Постановка смешанной задачи для уравнения диффузии.

Принцип максимума и минимума для уравнения диффузии.

Теоремы единственности и устойчивости решений смешанной при граничных условиях первого рода.

Метод Фурье решения смешанной задачи.

Распространение тепла в конечном стержне с концами, поддерживаемыми при нулевой температуре (решение задачи методом Фурье, физическая интерпретация, функция Грина).

### **Тема 8. Задача Коши для уравнения теплопроводности.**

Постановка уравнения теплопроводности. Постановка задачи Коши для уравнения теплопроводности. Единственность решения задачи Коши для уравнения теплопроводности в ограниченной области (Теорема единственности). Задача распространения тепла в неограниченном стержне. Решение задачи с помощью функции Грина.

### **Тема 9. Уравнения эллиптического типа. Постановка граничных задач для стационарного типа.**

Определение уравнений эллиптического типа. Постановка граничных задач для стационарного уравнения. Постановка граничных задач для уравнения Пуассона. Постановка уравнения Лапласа. Фундаментальное решение уравнения Лапласа. Интегральное представление дважды непрерывно-дифференцируемых в замкнутой области функций

### **Тема 10. Свойства гармонических функций.**

Определение гармонической функции. Актуальность гармонических функций при решении задач математической физики. Свойства гармонических функций. Принцип максимума гармонической функции. Свойство среднего гармонической функции. Дифференцируемость гармонической функции. Примеры постановок и решения задач с использованием гармонической функции.

### **Тема 11. Задача Дирихле.**

Теоремы единственности и устойчивости решений задачи Дирихле.

Решение задачи Дирихле для круга методом Фурье. Интеграл Пуассона.

Метод функции Грина решения задачи Дирихле. Методы построения функции Грина. Решение задачи Дирихле для шара.

Поведение гармонических функций и их производных на бесконечности.

### **Тема 12. Задача Неймана.**

Постановка краевой задачи с заданными граничными условиями для производной искомой функции на границе области (постановка второй краевой задачи в теории дифференциальных уравнений - задачи Неймана). Типы областей задачи Неймана: внутренняя и внешняя. Корректность задачи Неймана. Примеры постановок и решения задач.

### **Тема 13. Теория потенциалов.**

Введение в теорию потенциалов. Свойства дифференциальных уравнений в частных производных в областях с достаточно гладкой границей Потенциалы простого слоя. Потенциалы двойного слоя. Ньютонов потенциал. Свойства потенциалов. Применение потенциалов к решению задач Дирихле. Применение потенциалов к решению задач Неймана.

### **Тема 14. Метод интегральных преобразований.**

Актуальность решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных методом интегральных преобразований. Понятие интегральных преобразований Лапласа. Понятие интегральных преобразований Фурье. Понятие интегральных преобразований Меллина. Применение интегральных преобразований к решению задач.

### **Тема 15. Обобщенные решения краевых задач.**

Понятие и свойства обобщенных функций. Актуальность применения обобщенных функций при решении краевых задач. Операции над обобщенными функциями: производная от обобщенной функции, операция умножения на бесконечно дифференцируемую функцию.

Обобщенные решения линейных дифференциальных уравнений. Обобщенные решения краевых задач.

### **Тема 16. Решение уравнений математической физики в системе "Mathematica".**

Актуальность использования пакетов программ для решения задач математической физики, в частности, дифференциальных уравнений в частных производных. Возможности системы "Mathematica". Основные операции системы "Mathematica", используемые при решении уравнений математической физики. Численное решение краевых задач математической физики в системе "Mathematica".

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

EqWorld Мир математических уравнений - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/education/edu-pde.htm>

EqWorld Мир математических уравнений УЧП - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/methods/meth-pde.htm>

Математическая физика Википедия -

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%F2%E5%EC%E0%F2%E8%F7%E5%F1%EA%E0%FF\\_%F4%E8%E7%E8%EA%E0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%F2%E5%EC%E0%F2%E8%F7%E5%F1%EA%E0%FF_%F4%E8%E7%E8%EA%E0)

Портал Естественных Наук Форум - <http://e-science.ru/forum/index.php?>

2. Глушко В.П. Курс уравнений математической физики с использованием пакета Mathematica. Теория и технология решения задач. + CD. ISBN 978-5-8114-0983-9 2010 год 320 с. - [http://lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=58&pl1\\_id=549](http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=58&pl1_id=549)

### 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

EqWorld Мир математических уравнений - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/education/edu-pde.htm>

EqWorld Мир математических уравнений УЧП - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/methods/meth-pde.htm>

Математическая физика Википедия -

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%F2%E5%EC%E0%F2%E8%F7%E5%F1%EA%E0%FF\\_%F4%E8%E7%E8%EA%E0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%F2%E5%EC%E0%F2%E8%F7%E5%F1%EA%E0%FF_%F4%E8%E7%E8%EA%E0)

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие суть тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля для пометок. . Не следует стесняться задавать лектору вопросы, если какие-либо аспекты лекционного материала оказались непонятными.

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	Участие в лабораторных работах предполагает систематическую и планомерную подготовку к занятию. После лекции следует познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы даются преподавателем в конце предыдущего практического занятия.
самостоятельная работа	САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА требует, прежде всего, изучения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки - работа с учебником. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре. При работе с терминами необходимо обращаться к словарям, в том числе доступным в Интернете, например, на сайте <a href="http://dic.academic.ru">http://dic.academic.ru</a> .
зачет	При подготовке к ЗАЧЕТУ необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые разбирались на семинарах в течение семестра. Ответ на зачете предполагает полное и последовательное изложение изученного материала, а также демонстрацию способности и готовности применить полученные теоретические знания к предлагаемым практическим заданиям.
экзамен	При подготовке к ЭКЗАМЕНУ необходимо тщательно проработать лекции. Следует также обратить внимание на дополнительную литературу и источники, которые разбирались на семинарах в течение семестра. Ответ на экзамене предполагает полное и последовательное изложение изученного материала, а также демонстрацию способности и готовности применить полученные теоретические знания к предлагаемым практическим заданиям.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;



- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки "Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.02 Уравнения математической физики

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

**Основная литература:**

1. Салехова И. Г. Методическое пособие для проведения практических занятий по курсу 'Уравнения математической физики' / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост.: к.ф.-м.н., доц. И. Г. Салехова, к.ф.-м.н. С. Г. Аблаева] . - Казань : [Казанский (Приволжский) федеральный университет], 2010. - 149 с.
2. Широкова Е. А. Уравнения математической физики : методическое пособие / Е. А. Широкова, В. А. Сочнева ; ФГАОУВПО 'Казан. (Приволж.) федер. ун-т' . Казань : [Казанский университет], 2010. - 51 с.
3. Салехова И. Г. Методическое пособие для проведения практических занятий по курсу 'Уравнения математической физики' [Текст: электронный ресурс] / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост.: к.ф.-м.н., доц. И. Г. Салехова, к.ф.-м.н. С. Г. Аблаева] . - Электронные данные (1 файл: 1,47 Мб) . - (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) . - Загл. с экрана . - Режим доступа: открытый.  
URL:[http://kpfu.ru/portal/docs/F\\_695915647/Salehova.\\_Urvneniya.matematicheskoy.fiziki.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F_695915647/Salehova._Urvneniya.matematicheskoy.fiziki.pdf)
4. Салехова И. Г. Уравнения математической физики-1. Курс лекций / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост.: к.ф.-м.н., доц. И. Г. Салехова] . - Электронные данные (1 файл: 0,46 Мб) . - (Казань : Казанский федеральный университет, 2016) . - Загл. с экрана . - Режим доступа: открытый . URL:[https://repository.kpfu.ru/?p\\_id=132061](https://repository.kpfu.ru/?p_id=132061)
5. Салехова И. Г. Уравнения математической физики. II : курс лекций / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост.: к.ф.-м.н., доц. И. Г. Салехова] . - Электронные данные (1 файл: 9,74 Мб) . - (Казань : Казанский федеральный университет, 2019) . - Загл. с экрана . - Режим доступа: открытый .  
URL:<https://dspace.kpfu.ru/xmlui/viewer?file=149870;%d0%a3%d0%9c%d0%a4-2%20%d0%bd%d0%be%d0%b2%d0%be%d0%b5.pdf>

**Дополнительная литература:**

1. Хуснутдинов Н. Р. Уравнения математической физики. Уравнение теплопроводности [Текст: электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н. Р. Хуснутдинов ; Казан. гос. ун-т, Физ. фак. - Электронные данные (1 файл: 0,28 Мб). - (Казань : Казанский государственный университет, 2009). - Загл. с экрана. - Режим доступа: открытый.  
URL:<http://kpfu.ru/portal/docs/F1424438748/heat.pdf>
2. Хуснутдинов Н. Р. Уравнения математической физики. Уравнение колебаний струны [Текст: электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н. Р. Хуснутдинов ; Казан. гос. ун-т, Физ. фак. - Электронные данные (1 файл: 0,36 Мб). - (Казань : Казанский государственный университет, 2009). - Загл. с экрана.  
URL:[http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06\\_48\\_2009\\_000210.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_48_2009_000210.pdf)

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.02 Уравнения математической физики*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.