

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Снежинский физико-технический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(СФТИ НИЯУ МИФИ)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной  
и научно-методической работе

П. О. Румянцев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГАЗОВОЙ ДИНАМИКЕ**

наименование дисциплины

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Профиль подготовки \_\_\_\_\_ «Математическое моделирование и высокопроизводительные  
вычисления и технологии»

Наименование образовательной программы: \_\_\_\_\_

Квалификация (степень) выпускника: \_\_\_\_\_ магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

г. Снежинск, 2021 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебной дисциплины Математическое моделирование в газовой динамике является изучение принципов построения математических моделей для постановки и решения задач в различных предметных областях. Преподавание математических методов физики должно привести к усвоению математических понятий, посредством которых выражаются основные положения электродинамики, квантовой механики, статистической физики, а также овладение методами решения задач.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина относится к вариативной части общенаучного цикла основной образовательной программы подготовки магистров по направлению 01.04.02 “Прикладная математика и информатика”. Курс «Методы математической физики» связан с последующим изучением дисциплин профильного цикла.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», "Дифференциальные уравнения", «Уравнения математической физики», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Прикладная статистика», "Математические модели в естествознании" и др.

Знания, полученные при освоении дисциплины, необходимы для выполнения магистерской диссертации.

Изучение дисциплины осуществляется в ходе лекционных занятий с решением конкретных задач в различных информационных ситуациях на практических занятиях, в течение одного семестра (6 курс), в первом семестре производится промежуточная аттестация в виде зачета и процесс изучения завершается сдачей экзамена.

В результате изучения дисциплины студент должен *обладать*:

- способностью использовать углубленные теоретические и практические знания в области прикладной математики и информатики;
- способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты;
- способностью разрабатывать математические модели решаемых научных проблем и задач ;
- способностью углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности.

*Знать*:

математический аппарат теории математических моделей;  
основные методы построения моделей.

*Уметь*:

строить математические модели;  
ставить и решать задачи в различных предметных областях.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1	способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива
ПК-2	способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач
ПК-3	способностью углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности

<b>ПК-4</b>	способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности
-------------	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоемкость, кредит	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Лабораторные/ Практич. занятия, час.	КСР, час.	СРС, час.	Форма контроля, Экз./зачет
4	4	144	10	20	0	78	экз.

Занятия в интерактивной форме составляют 18 часов от общего объема аудиторных занятий. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 кредитов, 144 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Аттестация раздела ( <i>неделя, форма</i> )	Текущий контроль успеваемости ( <i>неделя, форма</i> )	Максимальный балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	КСР			
<b>4 семестр</b>								
1	Основные сведения об уравнениях с частными производными. Классификация уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.	1	1	2				5
2	Уравнения характеристик. Канонические формы уравнений.	2	1	2				5
3	Классификация уравнений второго порядка со многими независимыми переменными в точке. Уравнение колебаний струны.	3	1	2				5
4	Уравнение распространения тепла в изотропном твердом теле.	4	1	2				5
5	Задачи, приводящие к уравнениям Пуассона и Лапласа.	5	1	2				5
6	Характеристические уравнения и характеристики.	6	1	2				5
7	Постановка основных краевых задач для дифференциальных уравнений второго порядка.	7	1	2				5
8	Задача Коши.	8	1	2				5
9	Краевая задача для уравнений эллиптиче-	9-10	1	2				5

	ского типа. Смешанная задача.							
10	Корректность постановки задач математической физики. Теорема Ковалевской. Пример Адамара.	11-12	1	2				5
Всего:			10	20	-	-	-	50
Зачет, Экзамен								50
Итого за 4 семестр:								100

При сдаче отчетов и письменных работ проводится устное собеседование.

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УРАВНЕНИЯХ С ЧАСТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ  
Математика и математическое моделирование. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Иерархия математических моделей. Процесс создания математической модели.

Тема 2. КЛАССИФИКАЦИЯ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ДВУМЯ НЕЗАВИСИМЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ  
Основные этапы решения прикладной задачи с применением компьютера. Вычислительный эксперимент.

##### Тема 3. УРАВНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК

Задачи, приводящие к уравнению теплопроводности. Постановка начальных и краевых условий для уравнения теплопроводности.

##### Тема 4. КАНОНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ УРАВНЕНИЙ

Решение уравнения теплопроводности на неограниченной оси. Функция Грина точечного источника. Решение уравнения теплопроводности на полуограниченной оси.

Тема 5. КЛАССИФИКАЦИЯ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА СО МНОГИМИ НЕЗАВИСИМЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ В ТОЧКЕ

Принцип Дюамеля для уравнения теплопроводности. Решение уравнения теплопроводности на отрезке методом разделения переменных. Задача Штурма-Лиувилля.

##### Тема 6. УРАВНЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ

Модель продольных колебаний стержня и поперечных колебаний струны. Постановка начальных и краевых условий для волнового уравнения. Решение задачи Коши для волнового уравнения на неограниченной струне. Формула Даламбера. Решение начально-краевой задачи для волнового уравнения на полуограниченной струне. Метод отражений. Принцип Дюамеля для волнового уравнения.

Тема 7. УРАВНЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА В ИЗОТРОПНОМ ТВЕРДОМ ТЕЛЕ  
Разложение колебаний на гармоники. Решение начально-краевой задачи для волнового уравнения на отрезке методом разделения переменных.

##### Тема 8. ЗАДАЧИ, ПРИВОДЯЩИЕ К УРАВНЕНИЯМ ПУАССОНА И ЛАПЛАСА

Задача об определении электрического потенциала. Уравнения Лапласа и Пуассона. Задача на собственные функции и собственные значения для оператора Лапласа на прямоугольнике и в случае периодических граничных условий. Решение краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона в круге и прямоугольнике.

##### Тема 9. ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

##### Тема 10. ПОСТАНОВКА ОСНОВНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Принцип Дюамеля для уравнения теплопроводности. Решение уравнения теплопроводности на отрезке методом разделения переменных. Задача Штурма-Лиувилля.

##### Тема 11. ЗАДАЧА КОШИ

Тема 12. КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТИПА. СМЕШАННАЯ ЗАДАЧА

Решения с мультипликативным и аддитивным разделением переменных. Структура решений с обобщенным разделением переменных. Структура решений с функциональным разделением переменных.

### Тема 13. КОРРЕКТНОСТЬ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ. ТЕОРЕМА КОВАЛЕВСКОЙ. ПРИМЕР АДАМАРА

Метод, основанный на использовании пар П. Лакса. Условия совместности. Пары П. Лакса. Примеры пар Лакса для нелинейных уравнений математической физики.

#### 4.3. Структура и содержание практической части курса

Занятие 1. Найти общее решение линейного однородного уравнения 1-го порядка.

Нахождение общего решения линейного однородного уравнения 1-го порядка

Занятие 2. Определить тип уравнения 2-го порядка и привести его к каноническому виду.

Определение типа уравнения 2-го порядка и приведение его к каноническому виду

Занятие 3. Решение краевой задачи для однородного волнового уравнения.

Краевая задача для однородного волнового уравнения,

Занятие 4. Решение краевой задачи для неоднородного волнового уравнения.

Краевая задача для однородного уравнения теплопроводности

Занятие 5. Численные методы решения неоднородного уравнения теплопроводности. Численные методы решения задач по уравнениям математической физики.

#### 5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности магистрантов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности			
	ЛК	Семинар	ЛБ	СРС
Дискуссия	х	х		
IT-методы	х		х	х
Командная работа		х	х	х
Разбор кейсов		х		
Опережающая СРС	х	х	х	х
Индивидуальное обучение			х	х
Проблемное обучение		х	х	х
Обучение на основе опыта		х	х	х

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении лабораторных работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий.

#### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### а) основная литература:

- Ибрагимов Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности. – 2-е изд., доп. и испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 – 332 с.

##### б) дополнительная литература:

- Карманов В.Г. Математическое программирование: учебное пособие. – Изд. 6-е, испр.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 – 264 с.
- Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001 – 576 с.
- Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в системе MATLAB.– М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 592с.

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/home;jsessionid=2e1f56dad5e63541356653818b3d?0>

<http://kuperbook.biblioclub.ru/>

<http://www.studentlibrary.ru/>

[http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK)

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.**

Самостоятельная работа студентов составляет 54,17% от общего объема занятий, предусмотренных рабочим учебным планом направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» – 78 часа.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце каждого занятия и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством проверки домашних заданий и конспекта текущей лекции.

Аттестация раздела проводится в виде контрольной работы. Максимальный балл за каждый раздел установлен п.4. настоящей рабочей программы.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Мультимедийная аудитория (Л-318). Компьютерный класс, оснащённый компьютерами с выходом в Интернет, а также принтером, сканером, ксероксом:

- Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) - 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) - 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.
- Ноутбук Samsung (2008)
- Проектор ASER X1260 (2008)

## **9. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», ОС ВО НИЯУ МИФИ протокол № 13/06 от 07.11.2021 г.

Автор: \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор, Скоркин Николай Андреевич \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании кафедры высшей и прикладной математики 29 июня  
2021 г., протокол № \_\_\_\_\_