

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

**Димитровградский инженерно-технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЗИКИ»**

Направление подготовки \_\_\_\_\_ *03.03.02 Физика*

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ *Бакалавр*

Профиль \_\_\_\_\_ *Медицинская физика*

Форма обучения \_\_\_\_\_ *очная*

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ *Кафедра общей и медицинской физики*

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ *Кафедра общей и медицинской физики*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет/кр)
6	(72) 2	17	34	-	21	Зачет
<b>Итого</b>	<b>(72) 2</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>21</b>	<b>Зачет</b>

Димитровград  
2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	3
3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	5
4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	11
7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	13
8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	24
10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	24

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели** освоения дисциплины: изучение основных понятий теории линейных и нелинейных уравнений физики, методов математической физики и их приложений в решении физических задач.

**Задачи:** овладение умениями и навыками построения математических моделей физических систем, аналитического и численного решения полученных при этом математических задач.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности 03.03.02 Физика.

### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики, биофизики и ядерной медицины, решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, используя новейший отечественный и зарубежный опыт	объекты и технические устройства, испускающие или способные испускать не ионизирующее и ионизирующее излучение	ПК-1 Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	З-ПК-1 Знать: Ортогональные полиномы, приращенные функции Лежандра, сферические функции, простейшие задачи для уравнения Шредингера, цилиндрические функции, движение электрона в кулоновском поле. У-ПК-1 Уметь: Находить простейшие полиномы различными способами, определять норму полиномов, находить сферические функции различных порядков, находить цилиндрические функции различных типов, получать решения для круглой мембраны В-ПК-1 Владеть: Навыками решения рекуррентных уравнений, интегрирования в различных системах координат, суммирования рядов Навыками решения рекуррентных уравнений, интегрирования в различных системах координат, суммирования рядов	Профессиональный стандарт «40.008. Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» Обобщенная трудовая функция А.6. Организация выполнения научно-исследовательских работ по закреплённой тематике
		ПК-2 Способен	З-ПК-2 Знать: основные	

		<p>проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>понятия и теоремы теории дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка, основные ортогональные полиномы, сферические и цилиндрические функции. У-ПК-2 Уметь: классифицировать уравнения и приводить к каноническому виду, применять основные методы решения дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка (метод Фурье, метод Даламбера и метод функций Грина), получать ортогональные полиномы и сферические функции, решать простейшие задачи для уравнения Шредингера. В-ПК-2 Владеть: навыками моделирования практических задач дифференциальными уравнениями с частными производными второго порядка; навыками интегрирования простейших дифференциальных уравнений первого порядка; навыками применения качественного анализа решений</p>	
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавра должен:

Знать:

- классификацию уравнений в частных производных методы решения основных классических уравнений математической физики, теорию специальных функций.

Уметь:

- записывать начальные и граничные условия для краевых задач при описании различных физических процессов упрощать уравнения с помощью замены переменной решать краевые задачи и задачи Коши для линейных уравнений с частными производными первого и второго порядка с использованием, соответствующего условиям метода.

Владеть:

- методами построения математических моделей, методом бегущих волн для решения задач Коши для уравнений гиперболического типа, методом разделения переменных для решения краевых задач, методом функций Грина (источника) для решения краевых задач и задач Коши, методом интегральных преобразований для решения краевых задач и задач Коши;

- навыками решения краевых задач для уравнений с частными производными.

### 3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Линейные и нелинейные уравнения физики относится к факультативной части учебного плана по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

### 4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	В18 - - формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

### 5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины Линейные и нелинейные уравнения физики составляет 2 зачетных единиц (ЗЕТ), 72 академических часов.

Таблица 5.1 - Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		6
<b>Контактная работа с преподавателем</b> в том числе: – аудиторная по видам учебных занятий	<b>51</b>	51
– лекции	<b>17</b>	17
– практические занятия	<b>34</b>	34
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> в том числе:	<b>21</b>	21
– изучение теоретического курса	<b>10</b>	10
– домашние задачи	<b>11</b>	11
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>	<b>Зачет</b>	Зачет
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>72</b>	72

Таблица 5.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы							Формируемые индикаторы освоения компетенций	
		Лекции	Практические занятия	в том числе в форме практической подготовки	Лабораторные работы	в том числе в форме практической подготовки	Самостоятельная работа	в том числе в форме практической подготовки		Всего часов
<b>6 семестр</b>										
1	Классификация уравнений в частных производных второго порядка	2	2				2		6	ПК-1, ПК-2
2	Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных	2	2				1		5	ПК-1, ПК-2
3	Уравнения гиперболического типа (методы решения)	2	5				3		10	ПК-1, ПК-2
4	Уравнения параболического типа	2	5				3		10	ПК-1, ПК-2
5	Уравнения эллиптического типа	2	4				3		9	ПК-1, ПК-2
6	Ортогональные полиномы	2	4				3		9	ПК-1, ПК-2
7	Сферические функции	1	2				2		5	ПК-1, ПК-2
8	Простейшие задачи для уравнения Шредингера	2	4				2		8	ПК-1, ПК-2
9	Цилиндрические функции	2	6				2		10	ПК-1, ПК-2
	<b>ИТОГО:</b>	<b>17</b>	<b>34</b>				<b>21</b>		<b>72</b>	

## 5.2 Содержание дисциплины

Таблица 5.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
<b>6 семестр</b>				
1	1	<b>Классификация уравнений в частных производных второго порядка</b> Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными. Линейные и не-	2	

		<p>линейные уравнения. Однородные и неоднородные уравнения. Типы уравнений. Классификация уравнений 2-го порядка со многими независимыми переменными</p> <p>Решение характеристических уравнений. Выбор новых переменных. Получение новых коэффициентов при производных первого и второго порядков. Приведение уравнений к каноническому виду</p>		
2	2	<p><b>Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных</b></p> <p>Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний ступеней и струн</p> <p>Поперечные колебания мембраны. Уравнения для напряженности электрического и магнитного поля в вакууме. Уравнение диффузии и теплопроводности.</p> <p>Граничные и начальные условия. Постановка краевых задач для случая многих переменных</p>	2	
3	3	<p><b>Уравнения гиперболического типа (методы решения)</b></p> <p>Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний ступеней и струн</p> <p>Поперечные колебания мембраны. Уравнения для напряженности электрического и магнитного поля в вакууме</p> <p>Краевые задачи и краевые условия. Задача Коши для одномерного волнового уравнения. Метод распространяющихся волн. Формула Даламбера. Метод разделения переменных. Метод Фурье для решения однородного и неоднородного волнового уравнения на отрезке</p>	2	
4	1	<p><b>Уравнения параболического типа</b></p> <p>Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач</p> <p>Линейная задача о распространении тепла. Распространение тепла в пространстве. Функция источника для уравнения параболического типа. Неоднородное уравнение теплопроводности. Краевые задачи для полуограниченной прямой. Метод Фурье для решения однородного и неоднородного уравнения теплопроводности на отрезке</p>	2	
5	2	<p><b>Уравнения эллиптического типа</b></p> <p>Уравнения Лапласа и Пуассона. Различные типы граничных условий для уравнений эллиптического типа. Задачи, приводящие к уравнению Лапласа. Постановка краевых задач. Метод Фурье для решения уравнения Лапласа в круге. Формулы Грина. Свойства</p>	2	

		и особенности функций Грина. Решение краевых задач методом функций Грина		
6	2	<b>Ортогональные полиномы</b> Классические ортогональные полиномы. Свойства классических ортогональных полиномов. Полиномы Лежандра. Полиномы Якоби. Полиномы Чебышёва-Эрмита. Полиномы Лагерра. Ортогональность. Норма. Рекуррентные формулы	2	
7	2	<b>Сферические функции</b> Сферические функции, сферические гармоники, шаровые функции. Ортогональность системы сферических функций	1	
8	2	<b>Простейшие задачи для уравнения Шредингера</b> Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Уравнение Шредингера для атома водорода. Метод разделения переменных в сферических координатах. Решение уравнения Эйлера для радиальной части волновой функции. Определение полной волновой функции и разрешенных значений энергии. Вырождение уровней энергии	2	
9	2	<b>Цилиндрические функции</b> Уравнение специальных функций. Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя. Рекуррентные формулы. Функции полуцелого порядка. Краевые задачи для Уравнения Бесселя. Функции Ханкеля первого и второго рода. Функция Неймана. Связь между функциями Ханкеля, Неймана и Бесселя	2	
<b>Итого:</b>			17	

Таблица 5.4 - Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
6 семестр				
1	1	<b>Классификация уравнений в частных производных второго порядка</b> Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными. Линейные и нелинейные уравнения. Однородные и неоднородные уравнения. Типы уравнений. Классификация уравнений 2-го порядка со многими независимыми переменными Решение характеристических уравнений. Выбор новых переменных. Получение новых коэффициентов при производных первого и второго порядков. Приведение уравнений к каноническому виду	2	



2	2	<p><b>Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных</b></p> <p>Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний ступеней и струн</p> <p>Поперечные колебания мембраны. Уравнения для напряженности электрического и магнитного поля в вакууме. Уравнение диффузии и теплопроводности.</p> <p>Граничные и начальные условия. Постановка краевых задач для случая многих переменных</p>	2	
3-4	3	<p><b>Уравнения гиперболического типа (методы решения)</b></p> <p>Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний ступеней и струн</p> <p>Поперечные колебания мембраны. Уравнения для напряженности электрического и магнитного поля в вакууме</p> <p>Краевые задачи и краевые условия.</p> <p>Задача Коши для одномерного волнового уравнения. Метод распространяющихся волн. Формула Даламбера. Метод разделения переменных. Метод Фурье для решения однородного и неоднородного волнового уравнения на отрезке</p>	5	
5-6	4	<p><b>Уравнения параболического типа</b></p> <p>Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач</p> <p>Линейная задача о распространении тепла. Распространение тепла в пространстве. Функция источника для уравнения параболического типа. Неоднородное уравнение теплопроводности. Краевые задачи для полуограниченной прямой. Метод Фурье для решения однородного и неоднородного уравнения теплопроводности на отрезке</p>	5	
7-8	5	<p><b>Уравнения эллиптического типа</b></p> <p>Уравнения Лапласа и Пуассона. Различные типы граничных условий для уравнений эллиптического типа. Задачи, приводящие к уравнению Лапласа. Постановка краевых задач. Метод Фурье для решения уравнения Лапласа в круге. Формулы Грина. Свойства и особенности функций Грина. Решение краевых задач методом функций Грина</p>	4	
9-10	6	<p><b>Ортогональные полиномы</b></p> <p>Классические ортогональные полиномы. Свойства классических ортогональных полиномов. Полиномы Лежандра. Полиномы Якоби. Полиномы Чебышёва-Эрмита.</p>	4	

		Полиномы Лагерра. Ортогональность. Норма. Рекуррентные формулы		
11	7	<b>Сферические функции</b> Сферические функции, сферические гармоники, шаровые функции. Ортогональность системы сферических функций	2	
12-13		<b>Простейшие задачи для уравнения Шредингера</b> Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Уравнение Шредингера для атома водорода. Метод разделения переменных в сферических координатах. Решение уравнения Эйлера для радиальной части волновой функции. Определение полной волновой функции и разрешенных значений энергии. Вырождение уровней энергии	4	
14-17		<b>Цилиндрические функции</b> Уравнение специальных функций. Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя. Рекуррентные формулы. Функции полуцелого порядка. Краевые задачи для Уравнения Бесселя. Функции Ханкеля первого и второго рода. Функция Неймана. Связь между функциями Ханкеля, Неймана и Бесселя	6	
Итого:			<b>34</b>	

Таблица 5.5 – Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Таблица 5.6 – Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	Подготовка к лекциям	2
	1.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	1.3	Самостоятельное изучение тем: Классификация уравнений в частных производных второго порядка	
2	2.1	Подготовка к лекциям	3
	2.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	2.3	Самостоятельное изучение тем: Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных	
3	3.1	Подготовка к лекциям	2
	3.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	3.3	Самостоятельное изучение тем: Уравнения гиперболического типа (методы решения)	
4	4.1	Подготовка к лекциям	2
	4.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	4.3	Самостоятельное изучение тем: Уравнения параболического типа	

5	5.1	Подготовка к лекциям	2
	5.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	5.3	Самостоятельное изучение тем: Уравнения эллиптического типа	
6	6.1	Подготовка к лекциям	2
	6.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	6.3	Самостоятельное изучение тем: Ортогональные полиномы	
7	7.1	Подготовка к лекциям	3
	7.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	7.3	Самостоятельное изучение тем: Сферические функции	
8	8.1	Подготовка к лекциям	2
	8.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	8.3	Самостоятельное изучение тем: Простейшие задачи для уравнения Шредингера	
9	9.1	Подготовка к лекциям	3
	9.2	Подготовка к аудиторным практическим занятиям	
	9.3	Самостоятельное изучение тем: Цилиндрические функции	
			Итого: 21

## 6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

**1. ЛЕКЦИЯ, мастер-класс** (Лк, МК) – передача учебной информации от преподавателя к студентам, как правило с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний. Наиболее распространенные виды (формы) организации учебного процесса для достижения определенных результатов обучения и компетенций:

### **Информационная лекция**

**Проблемная лекция** – в отличие от информационной лекции, на которой сообщаются сведения, предназначенные для запоминания, на проблемной лекции знания вводятся как «неизвестное», которое необходимо «открыть». Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. При этом выдвигаемая проблема требует не однотипного решения, готовой схемы которого нет. Данный тип лекции строится таким образом, что деятельность студента по ее усвоению приближается к поисковой, исследовательской. На подобных лекциях обязателен диалог преподавателя и студентов.

**Лекция-визуализация** – учит студента преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи и т.п., к подготовке которых привлекаются обучающиеся. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала. Данный тип лекции хорошо использовать на введения студентов в новый раздел, тему, дисциплину.

**Лекция с разбором конкретной ситуации**, изложенной в устно или в виде короткого диафильма, видеозаписи и т.п.; студенты совместно анализируют и обсуждают представленный материал.

**2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА** (СР) – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, лабораторным работам, практическим и семинарским занятиям, оформление конспектов лекций, написание рефератов, отчетов, курсовых работ, проектов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения *новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений.*

**3. КОНСУЛЬТАЦИЯ, тьюторство** (Конс., тьют.) – индивидуальное общение преподавателя со студентом, руководство его деятельностью с целью передачи опыта, углубления *теоретических и фактических знаний*, приобретенных студентом на лекциях, в результате самостоятельной работы, в процессе выполнения курсового проектирования и др.

**4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ** (Пр. зан.) – решение конкретных задач (математическое моделирование, расчеты и др.) на основании теоретических и фактических знаний, направленное в основном на приобретение новых *фактических знаний и теоретических умений*.

**5. СЕМИНАР, коллоквиум** (Сем., колл.) – систематизация теоретических и фактических знаний в определенном контексте (подготовка и презентация материала по определенной теме, обсуждение ее, формулирование выводов и заключения), направленная в основном на приобретение новых *фактических знаний и теоретических умений*.

**Типы практических занятий, используемых при изучении дисциплины:**

**Кейс-метод.** Его название происходит от английского слова «кейс» – папка, чемодан, портфель (в то же время «кейс» можно перевести и как «случай, ситуация»). Процесс обучения с использованием кейс-метода представляет собой имитацию реального события, сочетающую в целом адекватное отражение реальной действительности, небольшие материальные и временные затраты и вариативность обучения. Учебный материал подается студентам виде проблем (кейсов), а знания приобретаются в результате активной и творческой работы: самостоятельного осуществления целеполагания, сбора необходимой информации, ее анализа с разных точек зрения, выдвижения гипотезы, выводов, заключения, самоконтроля процесса получения знаний и его результатов.

### **Основные виды образовательных технологий**

**Дистанционные образовательные технологии** – образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Для проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда НИЯУ МИФИ – Режим доступа <https://eis.mephi.ru/>;
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/>;
- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/>;
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- социальная сеть ВКонтакте;
- электронная почта преподавателей и студентов.

Примерами применения дистанционных образовательных технологий являются занятия, на которых обучающийся не присутствует (скажем, по болезни), но выполняет задания и общается с преподавателем по электронной почте, или преподаватель консультирует обучающихся во внеурочное время через блог или сайт.

Виды дистанционного обучения: лекции (сетевые или видеозапись), виртуальные экскурсии, практические работы (семинары), проектная деятельность, телеконференции со специалистами, форумы, обсуждения, дискуссии, консультации индивидуальные или групповые, тестирование.

**Кейсовая** – технология основывается на использовании наборов (кейсов) текстовых, аудиовизуальных и мультимедийных учебно-методических материалов и их рассылке для самостоятельного изучения учащимся при организации регулярных консультаций у преподавателей.

Телевизионно-спутниковая технология основана на применении интерактивного телевидения: теле- и радиолекции, видеоконференции, виртуальные практические занятия и т.д.

Сетевые технологии используют телекоммуникационные сети для обеспечения учащихся учебно-методическим материалом и взаимодействия с различной степенью интерактивности между преподавателем и учащимся.

**Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам (теоретически к неограниченному объему и скорости доступа), увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

**Работа в команде** – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности.

**Проблемное обучение** – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

**Контекстное обучение** – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. При этом знания, умения, навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач.

**Обучение на основе опыта** – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

**Индивидуальное обучение** – выстраивание студентом собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной образовательной программы с учетом интересов студента.

**Междисциплинарное обучение** – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

**Опережающая самостоятельная работа** – изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

## 7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Фонд оценочных средств, включающий все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать сформированность у обучающихся компетенций и индикаторов их достижения, предусмотренных ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 03.03.02 Физика, ООП и рабочей программой дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики», приведен в Приложении.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Входной контроль** по дисциплине.

- в форме тестирования.

Входной контроль планируется в начале изучения учебной дисциплины (междисциплинарных курсов) в каждом семестре каждого учебного года с целью установления базового уровня знаний, умений и навыков студентов, необходимых для изучения данной учебной дисциплины (междисциплинарных курсов).

Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения конкретной группы обучающихся. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

*Примерный вариант входного контроля:*

1. Уравнение  $y' = \frac{4x - 2y}{-2x - y}$  является...

а)	б)	в)	г)
однородным дифференциальным уравнением 1-го порядка	линейным дифференциальным уравнением 1-го порядка	уравнением в полных дифференциалах	уравнением Бернулли

2. Общее решение дифференциального уравнения имеет вид  $y = C_1 \sin 2x + C_2 \cos 2x$ . Тогда частным решением, удовлетворяющим начальным условиям  $y(0) = -1$ ,  $y'(0) = 4$  является функция ...

а)	б)	в)	г)
----	----	----	----

$y = \sin 2x + 2\cos 2x$	$y = \sin 2x - 2\cos 2x$	$y = 2\sin 2x - \cos 2x$	$y = \sin 2x - \cos 2x$
--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

3. Общий интеграл уравнения  $x^2 \cdot y' + 2y = 0$  имеет вид...

а)	б)	в)	г)
$-\frac{2}{x} = \ln y + C$	$\frac{2}{x} = \ln y + C$	$-\frac{1}{x} = \ln y + C$	$\frac{1}{x} = \ln y + C$

4. Общее решение уравнения  $(2y^2x - 3x^2)dx + 2x^2ydy = 0$  имеет вид...

а)	б)	в)	г)
$x^2y^2 - x^3 = c$	$xy^3 - y^2 = c$	$x^2 + y^2x = c$	$x^2y^2 + y^3 = c$

5. Общее решение уравнения  $y' = \frac{y}{x} + \frac{x}{\cos^2 x}$  имеет вид...

а)	б)	в)	г)
$y = \frac{1}{x}(tgx + C)$	$y = \frac{1}{x}(-tgx + C)$	$y = x(-tgx + C)$	$y = x(tgx + C)$

6. Общее решение уравнения  $y''' + 2y'' + y' = 0$  имеет вид...

а) $y = C_1 + C_2x + C_4e^{-x}$	б) $y = C_1 + C_2e^x$
в) $y = C_1 + C_2e^x + C_3xe^x$	г) $y = C_1 + C_2e^{-x} + C_3xe^{-x}$

7. Уравнение  $y'' - 4y' = 4x - 3$  является...

а) неоднородным линейным дифференциальным уравнением $n$ -го порядка с переменными коэффициентами	б) неоднородным линейным дифференциальным уравнением $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами и специальной правой частью первого типа
в) неоднородным линейным дифференциальным уравнением $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами и специальной правой частью общего вида	г) неоднородным линейным дифференциальным уравнением $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами и специальной правой частью второго типа

8. Частное решение уравнения  $y'' - 4y' = x^2 - 1$  методом неопределенных коэффициентов ищется в виде...

а) $y_{\text{част}} = Ax^2 + B$	б) $y_{\text{част}} = Ax^2 + Bx + C$
в) $y_{\text{част}} = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$	г) $y_{\text{част}} = Ax^3 + Bx^2 + Cx$

9. Для нахождения частного решения уравнения  $y'' + y' - 2y = \sqrt{x}$  методом вариации произвольных постоянных составляется система...

а)	б)	в)	г)
$\begin{cases} C_1e^x + C_2e^{-2x} = 0 \\ C_1e^x - C_2e^{-2x} = \frac{1}{2\sqrt{x}} \end{cases}$	$\begin{cases} C_1e^x + C_2e^{-2x} = 0 \\ C_1e^x - 2C_2e^{-2x} = \sqrt{x} \end{cases}$	$\begin{cases} C_1e^x + C_2e^{-2x} = 0 \\ C_1e^x + C_2e^{-2x} = \sqrt{x} \end{cases}$	$\begin{cases} C_1e^{2x} + C_2e^{-2x} = 0 \\ C_1e^{2x} - C_2e^{-2x} = \sqrt{x} \end{cases}$

10. Система дифференциальных уравнений  $\begin{cases} \dot{x} = x + y \\ \dot{y} = -5x - y \end{cases}$  методом последовательного исключения переменных сводится к уравнению...

а) $\ddot{x} - 6\dot{x} + 9x = 0$	б) $\ddot{x} - 2\dot{x} + x = 0$	в) $\ddot{x} + 4x = 0$	г) $\ddot{x} + 2\dot{x} + x = 0$
-----------------------------------	----------------------------------	------------------------	----------------------------------

11. Квазилинейным уравнением первого порядка в частных производных является уравнение...

а) $yz \frac{\partial u}{\partial x} + xz \frac{\partial u}{\partial y} + 2xy \frac{\partial u}{\partial z} = 0$	б) $x \frac{\partial u}{\partial x} + y \frac{\partial u}{\partial y} - xy \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$
в) $x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} = z - 2xy$	г) $x \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 - 2y \frac{\partial z}{\partial y} = x^2 + 4y^2$

12. Для уравнения в частных производных  $x \frac{\partial u}{\partial x} + y \frac{\partial u}{\partial y} + 2xy \frac{\partial u}{\partial z} = 0$  уравнения характеристик имеют вид...

а) $\frac{dx}{-x} = \frac{dy}{2y} = \frac{dz}{x^2 + y^2}$	б) $\frac{dx}{x} = \frac{dy}{-2y} = \frac{dz}{xy}$
в) $\frac{dx}{x} = \frac{dy}{2y} = \frac{dz}{x^2 + y^2}$	г) $\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y} = \frac{dz}{2xy}$

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- устные опросы.

*Примерные вопросы к устному опросу:*

1. Дайте определение ряда Фурье.
2. Сформулируйте достаточные условия представимости функции рядом Фурье.
3. Чему равна сумма ряда Фурье в точках разрыва функции?
4. Как выглядят коэффициенты Фурье для четных и нечетных функций?
5. Запишите ряд Фурье для функций с периодом  $2l \neq 2\pi$ .
6. Что называется собственными значениями и собственными функциями задачи Штурма-Лиувилля?
7. Перечислите их свойства.
8. Запишите формулу Даламбера решения волнового уравнения для бесконечной струны.
9. В чем суть метода разделения переменных?
10. Чему равны собственные значения задачи Штурма – Лиувилля для конечной струны?
11. Сформулируйте смешанную задачу для уравнения теплопроводности в случае конечной стержня.
12. Как ставится задача Коши для неограниченного стержня?
13. Приведите выражение для функции Лапласа.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:

- контрольная работа.

*Примерные задачи контрольной работы:*

Задача № 1

Решить задачу Штурма – Лиувилля.

1.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 3/2 \leq x \leq 2, \\ y(3/2) = y'(2) = 0. \end{cases}$
2.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/2 \leq x \leq \pi, \\ y(\pi/2) = y'(\pi) = 0. \end{cases}$
3.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/4 \leq x \leq \pi/2, \\ y(\pi/4) = y'(\pi/2) = 0. \end{cases}$
4.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 1/2 \leq x \leq 1, \\ y(1/2) = y'(1) = 0. \end{cases}$
5.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 3/4 \leq x \leq 1, \\ y(3/4) = y'(1) = 0. \end{cases}$
6.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi \leq x \leq 2\pi, \\ y(\pi) = y'(2\pi) = 0. \end{cases}$
7.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/2 \leq x \leq 3\pi/4, \\ y(\pi/2) = y'(3\pi/4) = 0. \end{cases}$
8.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 1 \leq x \leq 3/2, \\ y(1) = y'(3/2) = 0. \end{cases}$
9.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 1/4 \leq x \leq 1/2, \\ y(1/4) = y'(1/2) = 0. \end{cases}$
10.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/2 \leq x \leq 3\pi/2, \\ y(\pi/2) = y'(3\pi/2) = 0. \end{cases}$
11.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 3/4 \leq x \leq 5/4, \\ y(3/4) = y'(5/4) = 0. \end{cases}$
12.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 1/2 \leq x \leq 3/2, \\ y(1/2) = y'(3/2) = 0. \end{cases}$
13.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/2 \leq x \leq 5\pi/4, \\ y(\pi/2) = y'(5\pi/4) = 0. \end{cases}$
14.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi \leq x \leq 3\pi/2, \\ y(\pi) = y'(3\pi/2) = 0. \end{cases}$
15.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 3\pi/4 \leq x \leq 5\pi/2, \\ y(3\pi/4) = y'(5\pi/2) = 0. \end{cases}$
16.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 1 \leq x \leq 2, \\ y'(1) = y(2) = 0. \end{cases}$
17.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 3/2 \leq x \leq 2, \\ y'(3/2) = y(2) = 0. \end{cases}$
18.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/2 \leq x \leq \pi, \\ y'(\pi/2) = y(\pi) = 0. \end{cases}$
19.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & \pi/4 \leq x \leq \pi/2, \\ y'(\pi/2) = y(3\pi/4) = 0. \end{cases}$
20.  $\begin{cases} y'' + \lambda y = 0, & 1/2 \leq x \leq 1, \\ y'(1/2) = y(1) = 0. \end{cases}$

## Задача № 2

Методом Даламбера найти форму струны, определяемую волновым уравнением  $u''_{tt} = a^2 u''_{xx}$ , если в начальный момент времени ее форма и скорость удовлетворяют условиям Коши  $u(x,0) = f(x)$ ,  $u'_t(x,0) = \bar{f}(x)$ .

1.  $\begin{cases} f(x) = x(2-x), \\ \bar{f}(x) = e^{-x}. \end{cases}$
2.  $\begin{cases} f(x) = x^2, \\ \bar{f}(x) = \sin x. \end{cases}$
3.  $\begin{cases} f(x) = e^x, \\ \bar{f}(x) = 3x. \end{cases}$
4.  $\begin{cases} f(x) = \cos x, \\ \bar{f}(x) = 2x. \end{cases}$
5.  $\begin{cases} f(x) = \sin x, \\ \bar{f}(x) = x^2. \end{cases}$
6.  $\begin{cases} f(x) = x, \\ \bar{f}(x) = \cos x. \end{cases}$



$$7. \begin{aligned} f(x) &= \sin x, \\ \bar{f}(x) &= \cos x. \end{aligned}$$

$$8. \begin{aligned} f(x) &= x(x-2), \\ \bar{f}(x) &= e^x. \end{aligned}$$

$$9. \begin{aligned} f(x) &= \cos x, \\ \bar{f}(x) &= \sin x. \end{aligned}$$

$$10. \begin{aligned} f(x) &= e^{-x}, \\ \bar{f}(x) &= x. \end{aligned}$$

$$11. \begin{aligned} f(x) &= \sin x, \\ \bar{f}(x) &= e^x. \end{aligned}$$

$$12. \begin{aligned} f(x) &= \operatorname{arctg} x, \\ \bar{f}(x) &= x. \end{aligned}$$

$$13. \begin{aligned} f(x) &= x^3, \\ \bar{f}(x) &= e^x. \end{aligned}$$

$$14. \begin{aligned} f(x) &= \operatorname{arcctg} x, \\ \bar{f}(x) &= x. \end{aligned}$$

$$15. \begin{aligned} f(x) &= e^x, \\ \bar{f}(x) &= x^2. \end{aligned}$$

$$16. \begin{aligned} f(x) &= \sin x, \\ \bar{f}(x) &= x^3. \end{aligned}$$

$$17. \begin{aligned} f(x) &= e^{-x}, \\ \bar{f}(x) &= -x. \end{aligned}$$

$$18. \begin{aligned} f(x) &= \cos x, \\ \bar{f}(x) &= x^3. \end{aligned}$$

$$19. \begin{aligned} f(x) &= \operatorname{arctg} x, \\ \bar{f}(x) &= x^2. \end{aligned}$$

$$20. \begin{aligned} f(x) &= x^2, \\ \bar{f}(x) &= \cos x. \end{aligned}$$

### Задача № 3

Методом Фурье решить смешанную задачу для волнового уравнения  $u''_{tt} = a^2 u''_{xx}$  на отрезке  $[0; l]$ , если

- |  |  |
|--|--|
| $u''_{tt} = u''_{xx}, 0 < x < 1, 0 < t < \infty,$                    | $u''_{tt} = 9u''_{xx}, 0 < x < 3, 0 < t < \infty,$                   |
| 1. $u(x,0) = x(x-1), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(1,t) = 0.$     | 2. $u(x,0) = x(x-3), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(3,t) = 0.$     |
| $u''_{tt} = u''_{xx}, 0 < x < 3/2, 0 < t < \infty,$                  | $u''_{tt} = 4u''_{xx}, 0 < x < 2, 0 < t < \infty,$                   |
| 3. $u(x,0) = x(x-3/2), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(3/2,t) = 0.$ | 4. $u(x,0) = x(x-2), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(2,t) = 0.$     |
| $u''_{tt} = 1/4 u''_{xx}, 0 < x < 1/2, 0 < t < \infty,$              | $u''_{tt} = 4u''_{xx}, 0 < x < 1, 0 < t < \infty,$                   |
| 5. $u(x,0) = x(x-1/2), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(1/2,t) = 0.$ | 6. $u(x,0) = x(x-1), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(1,t) = 0.$     |
| $u''_{tt} = 4/9 u''_{xx}, 0 < x < 2/3, 0 < t < \infty,$              | $u''_{tt} = 4u''_{xx}, 0 < x < 1/2, 0 < t < \infty,$                 |
| 7. $u(x,0) = x(x-2/3), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(2/3,t) = 0.$ | 8. $u(x,0) = x(x-1/2), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(1/2,t) = 0.$ |
| $u''_{tt} = u''_{xx}, 0 < x < 2, 0 < t < \infty,$                    | $u''_{tt} = 16u''_{xx}, 0 < x < 3, 0 < t < \infty,$                  |
| 9. $u(x,0) = x(x-2), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(2,t) = 0.$     | 10. $u(x,0) = x(x-3), u_t(x,0) = 0,$<br>$u(0,t) = 0, u(3,t) = 0.$    |

$$u''_{tt} = 16u''_{xx}, \quad 0 < x < 2, \quad 0 < t < \infty, \quad u''_{tt} = 9u''_{xx}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < \infty,$$

11.  $u(x,0) = x(x-2), \quad u_t(x,0) = 0,$       12.  $u(x,0) = x(x-1), \quad u_t(x,0) = 0,$   
 $u(0,t) = 0, \quad u(2,t) = 0.$        $u(0,t) = 0, \quad u(1,t) = 0.$

$$u''_{tt} = 1/9 u''_{xx}, \quad 0 < x < 1/2, \quad 0 < t < \infty, \quad u''_{tt} = u''_{xx}, \quad 0 < x < 3, \quad 0 < t < \infty,$$

13.  $u(x,0) = x(x-1/2), \quad u_t(x,0) = 0,$       14.  $u(x,0) = x(x-3), \quad u_t(x,0) = 0,$   
 $u(0,t) = 0, \quad u(1/2,t) = 0.$        $u(0,t) = 0, \quad u(3,t) = 0.$

$$u''_{tt} = 16u''_{xx}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < \infty, \quad u''_{tt} = 9u''_{xx}, \quad 0 < x < 3/2, \quad 0 < t < \infty,$$

15.  $u(x,0) = x(x-1), \quad u_t(x,0) = 0,$       16.  $u(x,0) = x(x-3/2), \quad u_t(x,0) = 0,$   
 $u(0,t) = 0, \quad u(1,t) = 0.$        $u(0,t) = 0, \quad u(3/2,t) = 0.$

$$u''_{tt} = 4u''_{xx}, \quad 0 < x < 3, \quad 0 < t < \infty, \quad u''_{tt} = 1/4 u''_{xx}, \quad 0 < x < 2, \quad 0 < t < \infty,$$

17.  $u(x,0) = x(x-3), \quad u_t(x,0) = 0,$       18.  $u(x,0) = x(x-2), \quad u_t(x,0) = 0,$   
 $u(0,t) = 0, \quad u(3,t) = 0.$        $u(0,t) = 0, \quad u(2,t) = 0.$

$$u''_{tt} = 1/4 u''_{xx}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < \infty, \quad u''_{tt} = u''_{xx}, \quad 0 < x < 1/2, \quad 0 < t < \infty,$$

19.  $u(x,0) = x(x-1), \quad u_t(x,0) = 0,$       20.  $u(x,0) = x(x-1/2), \quad u_t(x,0) = 0,$   
 $u(0,t) = 0, \quad u(1,t) = 0.$        $u(0,t) = 0, \quad u(1/2,t) = 0.$

#### Задача № 4

Найти решение смешанной задачи для уравнения теплопроводности  $u'_{tt} = a^2 u''_{xx}$  на отрезке  $[0; l]$ , удовлетворяющее начальному условию  $u(x,0) = \varphi(x)$ , если

$$u'_t = 16u''_{xx}, \quad 0 < x < 3, \quad t > 0, \quad u'_t = u''_{xx}, \quad 0 < x < 3, \quad t > 0,$$

1.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 3/2, \\ 3-x, & 3/2 < x \leq 3, \end{cases}$       2.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1, \\ 2-x, & 1 < x \leq 2, \end{cases}$   
 $u(0,t) = u(3,t) = 0.$        $u(0,t) = u(2,t) = 0.$

$$u'_t = 25u''_{xx}, \quad 0 < x < 5, \quad t > 0, \quad u'_t = 16u''_{xx}, \quad 0 < x < 4, \quad t > 0,$$

3.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 5/2, \\ 5-x, & 5/2 < x \leq 5, \end{cases}$       4.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 2, \\ 4-x, & 2 < x \leq 4, \end{cases}$   
 $u(0,t) = u(5,t) = 0.$        $u(0,t) = u(4,t) = 0.$

$$u'_t = 4u''_{xx}, \quad 0 < x < 5, \quad t > 0, \quad u'_t = u''_{xx}, \quad 0 < x < 3, \quad t > 0,$$

5.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 5/2, \\ 5-x, & 5/2 < x \leq 5, \end{cases}$       6.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 3/2, \\ 3-x, & 3/2 < x \leq 3, \end{cases}$   
 $u(0,t) = u(5,t) = 0.$        $u(0,t) = u(3,t) = 0.$

$$u'_t = 25u''_{xx}, \quad 0 < x < 8, \quad t > 0, \quad u'_t = 9u''_{xx}, \quad 0 < x < 2, \quad t > 0,$$

7.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 4, \\ 8-x, & 4 < x \leq 8, \end{cases}$       8.  $u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1, \\ 2-x, & 1 < x \leq 2, \end{cases}$   
 $u(0,t) = u(8,t) = 0.$        $u(0,t) = u(2,t) = 0.$

- $$u'_t = 16u''_{xx}, \quad 0 < x < 1, \quad t > 0,$$
- $$9. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1/2, \\ 1-x, & 1/2 < x \leq 1, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(1,t) = 0.$$
- $$u'_t = 4u''_{xx}, \quad 0 < x < 4, \quad t > 0,$$
- $$10. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 2, \\ 4-x, & 2 < x \leq 4, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(4,t) = 0.$$
- $$u'_t = 9u''_{xx}, \quad 0 < x < 10, \quad t > 0,$$
- $$11. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 5, \\ 10-x, & 5 < x \leq 10, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(10,t) = 0.$$
- $$u'_t = 25u''_{xx}, \quad 0 < x < 9, \quad t > 0,$$
- $$12. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 9/2, \\ 9-x, & 9/2 < x \leq 9, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(9,t) = 0.$$
- $$u'_t = 9u''_{xx}, \quad 0 < x < 3, \quad t > 0,$$
- $$13. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 3/2, \\ 3-x, & 3/2 < x \leq 3, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(3,t) = 0.$$
- $$u'_t = u''_{xx}, \quad 0 < x < 5, \quad t > 0,$$
- $$14. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 5/2, \\ 5-x, & 5/2 < x \leq 5, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(5,t) = 0.$$
- $$u'_t = 4u''_{xx}, \quad 0 < x < 7, \quad t > 0,$$
- $$15. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 7/2, \\ 7-x, & 7/2 < x \leq 7, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(7,t) = 0.$$
- $$u'_t = 25u''_{xx}, \quad 0 < x < 1, \quad t > 0,$$
- $$16. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1/2, \\ 1-x, & 1/2 < x \leq 1, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(1,t) = 0.$$
- $$u'_t = 9u''_{xx}, \quad 0 < x < 4, \quad t > 0,$$
- $$17. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 2, \\ 4-x, & 2 < x \leq 4, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(4,t) = 0.$$
- $$u'_t = u''_{xx}, \quad 0 < x < 10, \quad t > 0,$$
- $$18. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 5, \\ 10-x, & 5 < x \leq 10, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(10,t) = 0.$$
- $$u'_t = 4u''_{xx}, \quad 0 < x < 2, \quad t > 0,$$
- $$19. u(x,0) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1, \\ 2-x, & 1 < x \leq 2, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(2,t) = 0.$$
- $$u'_t = 16u''_{xx}, \quad 0 < x < 8, \quad t > 0,$$
- $$20. u(x,0) = \begin{cases} x, & 4 \leq x \leq 4, \\ 8-x, & 5 < x \leq 8, \end{cases}$$
- $$u(0,t) = u(8,t) = 0.$$

### Задача № 5

Найти решение уравнения теплопроводности  $u'_t = a^2 u''_{xx}$  для неограниченного стержня ( $-\infty < x < \infty, t > 0$ ), удовлетворяющее начальному условию  $u(x,0) = \varphi(x)$ , если

- $$u'_t = 4u''_{xx},$$
- $$1. u(x,0) = \begin{cases} 5, & 0 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < 0, \quad x > 3. \end{cases}$$
- $$u'_t = u''_{xx},$$
- $$2. u(x,0) = \begin{cases} 3, & -1 \leq x \leq 1, \\ 0, & x < -1, \quad x > 1. \end{cases}$$
- $$u'_t = 2u''_{xx},$$
- $$3. u(x,0) = \begin{cases} 4, & 1 \leq x \leq 4, \\ 0, & x < 1, \quad x > 4. \end{cases}$$

$$u'_t = 5u''_{xx},$$

$$5. \quad u(x,0) = \begin{cases} 2, & 2 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < 2, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 3u''_{xx},$$

$$4. \quad u(x,0) = \begin{cases} 4, & -2 \leq x \leq 1, \\ 0, & x < -2, \quad x > 1. \end{cases}$$

$$u'_t = 7u''_{xx},$$

$$7. \quad u(x,0) = \begin{cases} 5, & 1 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < 1, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 6u''_{xx},$$

$$6. \quad u(x,0) = \begin{cases} 1, & 1 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < 1, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 9u''_{xx},$$

$$9. \quad u(x,0) = \begin{cases} 4, & 1 \leq x \leq 2, \\ 0, & x < 1, \quad x > 2. \end{cases}$$

$$u'_t = 8u''_{xx},$$

$$8. \quad u(x,0) = \begin{cases} 6, & 3 \leq x \leq 5, \\ 0, & x < 3, \quad x > 5. \end{cases}$$

$$u'_t = 11u''_{xx},$$

$$11. \quad u(x,0) = \begin{cases} 2, & -3 \leq x \leq 0, \\ 0, & x < -3, \quad x > 0. \end{cases}$$

$$u'_t = 10u''_{xx},$$

$$10. \quad u(x,0) = \begin{cases} 3, & -4 \leq x \leq -1, \\ 0, & x < -4, \quad x > -1. \end{cases}$$

$$u'_t = u''_{xx},$$

$$13. \quad u(x,0) = \begin{cases} 7, & -2 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < -2, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 12u''_{xx},$$

$$12. \quad u(x,0) = \begin{cases} 1, & -2 \leq x \leq 2, \\ 0, & x < -2, \quad x > 2. \end{cases}$$

$$u'_t = 3u''_{xx},$$

$$15. \quad u(x,0) = \begin{cases} 5, & 2 \leq x \leq 4, \\ 0, & x < 2, \quad x > 4. \end{cases}$$

$$u'_t = 2u''_{xx},$$

$$14. \quad u(x,0) = \begin{cases} 6, & -1 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < -1, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 5u''_{xx},$$

$$17. \quad u(x,0) = \begin{cases} 4, & -1 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < -1, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 4u''_{xx},$$

$$16. \quad u(x,0) = \begin{cases} 3, & -2 \leq x \leq 3, \\ 0, & x < -2, \quad x > 3. \end{cases}$$

$$u'_t = 7u''_{xx},$$

$$19. \quad u(x,0) = \begin{cases} 6, & 1 \leq x \leq 4, \\ 0, & x < 1, \quad x > 4. \end{cases}$$

$$u'_t = 6u''_{xx},$$

$$18. \quad u(x,0) = \begin{cases} 2, & -1 \leq x \leq 2, \\ 0, & x < -1, \quad x > 2. \end{cases}$$

$$u'_t = 8u''_{xx},$$

$$20. \quad u(x,0) = \begin{cases} 7, & -2 \leq x \leq 0, \\ 0, & x < -2, \quad x > 0. \end{cases}$$

**Итоговый контроль** по результатам 6 семестра по дисциплине проходит в форме письменного зачета (теоретические вопросы).

*Вопросы к зачету:*

1. Что такое уравнение с частными производными 2-го порядка с двумя не зависимыми переменными.
2. Какое уравнение называется линейным относительно старших производных.
3. Какое уравнение называется линейным.
4. Какое уравнение называется квазилинейным.

5. Что такое однородное и неоднородное уравнение.
6. Какое уравнение называется характеристическим.
7. Канонический вид уравнения гиперболического типа.
8. Как перейти ко второй канонической форме для уравнения гиперболического типа.
9. Канонический вид уравнения параболического типа.
10. Канонический вид уравнения эллиптического типа.
11. Канонические формы уравнений с постоянными коэффициентами.
12. Выбор параметров для дальнейшего упрощения канонических форм.
13. Одномерное волновое уравнение.
14. Малые продольные и поперечные колебания струны.
15. Энергия колебаний струны.
16. Поперечные колебания мембраны.
17. Начальные и граничные условия.
18. Три основных типа граничных условий.
19. Редукция общей задачи.
20. Постановка краевых задач для случая многих переменных.
21. Формула Даламбера.
22. Физическая интерпретация Формулы Даламбера.
23. Неоднородное уравнение.
24. Полуограниченная прямая и метод продолжений.
25. Метод разделения переменных или метод Фурье.
26. Интерпретация решения.
27. Характеристики стоячей волны.
28. Неоднородное уравнение гиперболического типа.
29. Общая первая краевая задача.
30. Краевые задачи со стационарными неоднородностями.
31. Общая схема метода разделения переменных.
32. Основные свойства собственных функций и собственных значений.
33. Решение задачи о колебаниях прямоугольной мембраны.
34. Понятие вырождения и явление резонанса.
35. Решение линейного уравнения теплопроводности.
36. Неоднородное уравнение теплопроводности.
37. Решение краевых задач для уравнений параболического типа методом Функций Грина.
38. Формулы Грина. Свойства гармонических функций.
39. Функция Грина для уравнений эллиптического типа.
40. Свойства и особенности функции Грина для 2-х и 3-х мерного пространства.
41. Решение краевых задач методом функций Грина.
42. Метод электростатических изображений.
43. Функции источника для полупространства, круга и сферы.

Дополнительные вопросы к зачету:

1. Производящая функция и полиномы Лежандра.
2. Рекуррентные формулы.
3. Уравнение Лежандра.
4. Ортогональность и норма полиномов Лежандра.
5. Присоединенные функции Лежандра.
6. Норма присоединенных функций Лежандра.
7. Решение уравнения Лапласа в сферических координатах.
8. Частные решения уравнения Эйлера.
9. Сферические гармоники и шаровые функции.
10. Ортогональность системы сферических функций.
11. Производящая функция и дифференциальная формула для полиномов Чебышёва-Эрмита.
12. Рекуррентные формулы.

13. Уравнение Чебышёва-Эрмита.
14. Норма полиномов Чебышева-Эрмита.
15. Функции Чебышёва-Эрмита.
16. Производящая функция и дифференциальная формула для полиномов Чебышёва-Лагерра.
17. Рекуррентные соотношения для полиномов Чебышёва-Лагерра
18. Уравнение Чебышёва-Лагерра.
19. Ортогональность и норма полиномов Чебышёва-Лагерра.
20. Обобщенные полиномы Чебышева-Лагерра.
21. Стационарное уравнение Шредингера.
22. Гармонический осциллятор.
24. Движение электрона в кулоновском поле.
25. Общее уравнение теории специальных функций.
26. Вывод уравнения Бесселя.
27. Функции Бесселя.
28. Рекуррентные формулы
29. Функции полуцелого порядка
30. Краевые задачи для уравнения Бесселя
31. Функции Ханкеля и Неймана.

## 8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 8.1 – Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Ильин А.М.	Уравнения математической физики	Москва	Физматлит	2009	[ <a href="https://e.lanbook.com/book/2181">https://e.lanbook.com/book/2181</a> ]
2	Владимиров В.С.	Сборник задач по уравнениям математической физики	Москва	ФИЗМАТЛИТ	2016	[ <a href="https://e.lanbook.com/book/104995">https://e.lanbook.com/book/104995</a> ]
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Владимиров В.С.	Уравнения математической физики	Москва	Наука	2000	[ <a href="https://e.lanbook.com/book/2363">https://e.lanbook.com/book/2363</a> ]
2	Гусева И.Л., Шерстюкова О.В.	Сборник домашних заданий по уравнениям математической физики: учебно-методическое пособие для вузов	Москва	НИЯУ МИФИ	2012	[ <a href="https://e.lanbook.com/book/75842">https://e.lanbook.com/book/75842</a> ]

### 8.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

1. ЭБС «Лань» на сайте <http://e.lanbook.com>.
2. ЭБС НИЯУ МИФИ на сайте <http://library.mephi.ru/>
3. ЭБС «Консультант студента на сайте <https://www.studentlibrary.ru/>

4. <https://urait.ru/> (Образовательная платформа Юрайт)
5. <https://www.studentlibrary.ru/> (Электронная библиотечная система "Консультант студента")
6. <http://www.knigafund.ru/> Электронно-библиотечная система «КнигаФонд»
7. <ftp://elib.diti-mephi.ru> Электронно-библиотечная система ДИТИ НИЯУ МИФИ

Таблица 8.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	ЭБС «Лань»	Физико-математические науки Технические науки
2	ЭБС НИЯУ МИФИ	Физико-математические науки Технические науки
3	ЭБС «Консультант студента	Физико-математические науки Технические науки
4	Электронно-библиотечная система ДИТИ НИЯУ МИФИ	Физико-математические науки

### 8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	MS Office (Word, Excel, Power Point)	оформление текста, создание презентаций
2	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете
3	<a href="https://docs.google.com/">https://docs.google.com/</a> Документы, Таблицы, Формы, Презентации	оформление текста, создание презентаций

Таблица 8.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Физика	Физико-математические науки	<a href="https://og-ti.ru/">https://og-ti.ru/</a>
2	Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Техническая физика	<a href="https://journals.ioffe.ru/">https://journals.ioffe.ru/</a>
3	Образовательная платформа Юрайт	Физико-математические науки	<a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
1	<b>Учебная аудитория для проведения занятий № 101</b> посадочных мест — 16; площадь 59.42 кв.м. Специализированная мебель: учебная доска – 1 шт., стол студенческий – 12 шт., стол преподавательский – 2 шт., стол компьютерный – 12 шт., стулья – 31 шт., кондиционер – 1 шт. Технические средства обучения: компьютеры (монитор, системный блок, клавиатура, мышка) – 10 шт., проектор – 1 шт., экран – 1 шт. Программное обеспечение: ОС Windows XP, Microsoft Office 10	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева, д. 297

## 10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Конституцией Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020 – ст. 43 – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/);
- Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 №273-ФЗ (ред. от 17.02.2021), ст. 5, 71, 79 – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/);
- Федеральным законом от 24.11.1995 №181-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» – Глава III. Ст. 9. ,Ст. 11. Глава IV. Ст. 1 – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8559/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/);
- Федеральным законом «О ратификации Конвенции о правах инвалидов» от 03.05.2012 №46-ФЗ – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_129200/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129200/);
- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017 г. [https://mephi.ru/content/public/uploads/files/education/docs/pl\\_7.5-15\\_ver\\_2.2\\_0.pdf](https://mephi.ru/content/public/uploads/files/education/docs/pl_7.5-15_ver_2.2_0.pdf);
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (приложение к письму Минобрнауки от 16 апреля 2014 г. №05-785) [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_159405/73804ce294dfe53d86ae9d22b5afde310dc506f7/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159405/73804ce294dfe53d86ae9d22b5afde310dc506f7/);
- Требованиями к организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в профессиональных образовательных организациях, в том числе оснащённости образовательного процесса» (приложение к письму Минобрнауки от 18 марта 2014 г. №06-281) [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_57872/7d7f56523837be788b6cfa5578482a6b178918d3/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57872/7d7f56523837be788b6cfa5578482a6b178918d3/) .



**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой)*

**СОГЛАСОВАНО:**  
Заведующий выпускающей кафедрой

_____	_____	_____	_____
<i>наименование кафедры</i>	<i>личная подпись</i>	<i>расшифровка подписи</i>	<i>дата</i>
<b>Руководитель ООП,</b> _____	_____	_____	_____
<b>ученая степень, должность</b>	<i>личная подпись</i>	<i>расшифровка подписи</i>	<i>дата</i>