МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого"

(ФГБОУ ВО "ТГПУ им. Л.Н. Толстого")

Уравнения математической физики

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	**общей и теоретической физики**
ОПОП	**01.03.01 Математика** **направленность (профиль) Математика**
Квалификация	**Бакалавр**
Год начала подготовки	**2023**
Форма обучения	**очная**
Общая трудоемкость	**3 з.е.**

Виды контроля по семестрам:
зачет 6

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	**6(3.2)**		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	18	18	18	18
Практические	34	34	34	34
Лабораторные				
Итого ауд.	52	52	52	52
КСР	2	2	2	2
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	54	54	54	54
Часы на контроль	0	0	0	0
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	108	108	108	108

Программу составил(и):

д.ф.-м.н., доцент, Бобылве Ю.В., к.ф.-м.н., зав. кафедрой, Нургулеев Д.А.

Рабочая программа дисциплины

Уравнения математической физики

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки **01.03.01 Математика** (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 8)

составлена на основании учебного плана:

01.03.01 Математика
направленность (профиль) Математика
утвержденного Учёным советом вуза от 27.10.2022 протокол № 13.

РПД утверждена Учёным советом университета
от 27.10.2022 протокол № 13.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
Достижение планируемых результатов обучения, соотнесенных с общими целями и задачами ОПОП, является целью освоения дисциплины.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
1.	Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Теоретическая механика
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
1.	Вычислительные сети, Комбинаторный анализ и алгоритмы, научно-исследовательская работа

3. СООТНЕСЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) С ИНДИКАТОРАМИ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ	
3.1 Компетенции обучающегося и индикаторы их достижения:	
ОПК-2: Способен разрабатывать, анализировать и внедрять новые математические модели в современных естествознании, технике, экономике и управлении	
ОПК-2.1	Обладает базовыми знаниями и методами анализа в области представления простейших объектов и процессов современных естествознания, техники, экономики и управления в виде математических моделей
	Знает об основных определениях, методах постановки задач математической физики
ОПК-2.2	Умеет представлять и анализировать простейшие объекты и процессы современных естествознания, техники, экономики и управления в виде математических моделей
	Умеет использовать методы решения задач математической физики
ОПК-2.3	Имеет навыки решения типовых задач профессиональной деятельности путем представления и анализа в виде математической модели соответствующих объектов и процессов
	Владеет навыками решения дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными
ПК-1: Способен понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и	
ПК-1.1	Знать базовый современный математический аппарат, базовые фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий, стандартный функционал современных инструментальных и вычислительных средств
	Знает об основных понятиях векторной алгебры, тензорного исчисления, математической теории поля, основные дифференциальные уравнения математической физики
ПК-1.2	Уметь использовать при решении конкретных научно-исследовательских и прикладных задач математический, информатический аппарат
	формулировать задачи математической физики (выводить уравнения, описывающие физическое явление или процесс, дополнять его соответствующими начальными и граничными условиями)
ПК-1.3	Владеть навыками применения математического и информатического аппарата при решении научно-
	Владеет навыками использования формализма методов математической физики применительно к постановкам задач математической физики и решениям соответствующих уравнений математической физики
3.2 Результаты обучения по дисциплине: **В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**	
	Знать:
З.1	об основных определениях, методах постановки задач математической физики; об основных понятиях векторной алгебры, тензорного исчисления, математической теории поля, основные дифференциальные уравнения математической физики
	Уметь:
У.1	использовать методы решения задач математической физики; формулировать задачи математической физики (выводить уравнения, описывающие физическое явление или процесс, дополнять его соответствующими начальными и граничными условиями)
	Владеть:
В.1	навыками решения дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными; навыками использования формализма методов математической физики применительно к постановкам задач математической физики и решениям соответствующих уравнений математической физики

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)					
Код занятия	**Наименование разделов и тем /вид занятия/**	**Семестр / Курс**	**Часов**	**Литература**	**Содержание**
1	**Тема 1. Некоторые основные уравнения математической физики. Классификация уравнений с частными производными второго порядка. Решение уравнения свободных колебаний бесконечной струны методом характеристик** /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 6 Пр 10 Ср 8	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Уравнения с частными производными. Основные определения. Постановка задач математической физики. Начальные и граничные условия. Корректность постановки задач математической физики. Вывод уравнения малых колебаний струны. Уравнение колебаний мембраны. Уравнение теплопроводности. Волновые уравнения электромагнитного поля в вакууме. Уравнения Даламбера для электромагнитных потенциалов $\vec{A}$ и φ в вакууме. Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнение Шрёдингера. Замена переменных в уравнении второго порядка с двумя независимыми переменными. Классификация уравнений с частными производными второго порядка. Метод характеристик. Решение задачи Коши для уравнения свободных колебаний бесконечной струны методом характеристик. Анализ частных случаев колебаний бесконечной струны.
2	**Тема 2. Разложение функций в ряд Фурье. Интеграл Фурье. Преобразование Фурье** /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 2 Пр 4 Ср 8	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Основная тригонометрическая система функций, её ортогональность. Разложение функций в ряд Фурье по основной тригонометрической системе функций. Комплексная форма рядов Фурье. Двойные ряды Фурье. Интеграл Фурье в действительной и комплексной формах. Преобразование Фурье.
3	**Тема 3. Решение уравнения свободных колебаний закреплённой струны и прямоугольной мембраны методом Фурье.** /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 2 Пр 6 Ср 8	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Решение уравнения свободных колебаний закреплённой струны методом разделения переменных (метод Фурье). Решение уравнения свободных колебаний прямоугольной мембраны методом Фурье. Решение методом разделения переменных уравнения свободных колебаний закреплённой струны. Анализ решения уравнения свободных колебаний закреплённой струны. Единственность решения смешанной задачи для закреплённой струны. Разделение переменных в уравнении свободных колебаний прямоугольной мембраны. Собственные функции. Вторая часть метода Фурье. Стоячие волны прямоугольной мембраны.
4	**Тема 4. Импульсная функция Дирака. Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности**. /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 2 Пр 4 Ср 8	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	δ - функция Дирака. Решение задачи о распространении тепла в бесконечном стержне (задача Коши) с помощью преобразования Фурье. Анализ решения задачи о распространении тепла в бесконечном стержне для случая мгновенного точечного источника тепла

5	**Тема 5. Решение уравнения Лапласа методом разделения переменных в сферических координатах.**. /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 2 Пр 4 Ср 8	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Разделение переменных в уравнении Лапласа в сферических координатах. Уравнение Лежандра. Полиномы и присоединённые полиномы Лежандра. Сферические и шаровые функции.
6	**Тема 6. Ортогональные системы функций. Ряды по ортогональным системам функций** /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 2 Пр 4 Ср 8	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Ортогональные с весом системы функций. Понятие о получении ортогональных систем с помощью процедуры ортогонализации. Разложение функций в ряды по ортогональным системам функций. Равенство Парсеваля. Замечание о сходимости рядов Фурье. Примеры ортогональных систем функций и рядов Фурье по этим системам.
7	**Тема 7. Формулы Грина. Понятие о методе функций Грина для уравнения Лапласа.** /Лек//Пр/ /Ср/	6/3	Лек 2 Пр 2 Ср 6	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Формулы Грина. Гармонические функции и их основные свойства. Понятие о методе функций Грина решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа
8.	**Контроль самостоятельной работы студентов /Кср/**	6/3	2	Л1.1 Л1.2 Л2.1 Л2.2	Контроль самостоятельной работы студентов

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Типовые задания для проведения текущего контроля

Оценка знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности по дисциплине осуществляется при помощи следующих средств:

I. Тестовых заданий.

Примеры итоговых тестовых заданий

1. Обобщение теоремы Остроградского – Гаусса на многосвязную область

[ ] $\int_V rot\,\vec{a}\,dV = \oint_{S_0}(\vec{a},\vec{n})dS_0 + \oint_{S_1}(\vec{a},\vec{n})dS_1 + ... + \oint_{S_n}(\vec{a},\vec{n})dS_n$

[ ] $\int_V div\,\vec{a}\,dV = \oint_{S_0}[\vec{a},\vec{n}]dS_0 + \oint_{S_1}[\vec{a},\vec{n}]dS_1 + ... + \oint_{S_n}[\vec{a},\vec{n}]dS_n$

[ ] $\int_V (rot\,\vec{a},\vec{n})dV = \oint_{S_0}(\vec{a},\vec{n})dS_0 + \oint_{S_1}(\vec{a},\vec{n})dS_1 + ... + \oint_{S_n}(\vec{a},\vec{n})dS_n$

[*] $\int_V div\,\vec{a}\,dV = \oint_{S_0}(\vec{a},\vec{n})dS_0 + \oint_{S_1}(\vec{a},\vec{n})dS_1 + ... + \oint_{S_n}(\vec{a},\vec{n})dS_n$

[ ] $\int_V grad(\vec{a},\vec{n})dV = \oint_{S_0}(\vec{a},\vec{n})dS_0 + \oint_{S_1}(\vec{a},\vec{n})dS_1 + ... + \oint_{S_n}(\vec{a},\vec{n})dS_n$

2. Найти правильную формулу

[ ] $rot[\vec{a},\vec{b}] = (\vec{b},\nabla)\vec{a} + (\vec{a},\nabla)\vec{b} + \vec{a}\,div\,\vec{b} + \vec{b}\,div\,\vec{a}$

[ ] $rot[\vec{a},\vec{b}] = (\vec{b},\nabla)\vec{a} + (\vec{a},\nabla)\vec{b} - \vec{a}\,div\,\vec{b} + \vec{b}\,div\,\vec{a}$

[*] $rot[\vec{a},\vec{b}] = (\vec{b},\nabla)\vec{a} - (\vec{a},\nabla)\vec{b} + \vec{a}\,div\,\vec{b} - \vec{b}\,div\,\vec{a}$

[ ] $rot[\vec{a},\vec{b}] = (\vec{a},\nabla)\vec{b} - (\vec{b},\nabla)\vec{a} + [\vec{a},rot\,\vec{b}] - [\vec{b},rot\,\vec{a}]$

[ ] $rot[\vec{a},\vec{b}] = (\vec{a},\nabla)\vec{b} + (\vec{b},\nabla)\vec{a} + (\vec{a},rot\,\vec{b}) + (\vec{b},rot\,\vec{a})$

3. Оператор Лапласа в сферической системе координат

[ ] $\Delta u = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \frac{1}{rSin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(Sin\theta\frac{\partial u}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{rSin^2\theta}\frac{\partial^2 u}{\partial\varphi^2}$

[*] $\Delta u = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2Sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(Sin\theta\frac{\partial u}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2Sin^2\theta}\frac{\partial^2 u}{\partial\varphi^2}$

[ ] $\Delta u = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2Sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(Sin\theta\frac{\partial u}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2Sin\theta}\frac{\partial^2 u}{\partial\varphi^2}$

[ ] $\Delta u = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \frac{1}{rSin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(Sin\theta\frac{\partial u}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2Sin^2\theta}\frac{\partial^2 u}{\partial\varphi^2}$

[ ] $\Delta u = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \frac{1}{rSin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(Sin\theta\frac{\partial u}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2Sin^2\theta}\frac{\partial^2 u}{\partial\varphi^2}$

4. Формула, связывающая три существующие в векторных полях ненулевые дифференциальные операции второго порядка:

[ ] $rotrot\,\vec{a} = \Delta\vec{a} - grad\,div\,\vec{a}$

[ ] $rotrot\,\vec{a} = div\,grad\,\vec{a} - \Delta\vec{a}$

[*] $rotrot\,\vec{a} = grad\,div\,\vec{a} - \Delta\vec{a}$

[ ] $rotrot\,\vec{a} = grad\,div\,\vec{a} + \Delta\vec{a}$

[ ] $rotrot\,\vec{a} = rot\,div\,\vec{a} - \Delta\vec{a}$

5. Канонический вид уравнения гиперболического типа

[*] $\frac{\partial^2 u}{\partial\xi\partial\eta} = \Phi(\xi,\eta,u,\frac{\partial u}{\partial\xi},\frac{\partial u}{\partial\eta})$

[ ] $\frac{\partial^2 u}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial\eta^2} = \Phi(\xi,\eta,u,\frac{\partial u}{\partial\xi},\frac{\partial u}{\partial\eta})$

[ ] $\frac{\partial^2 u}{\partial\xi^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial\eta^2} = \Phi(\xi,\eta,u,\frac{\partial^2 u}{\partial\xi^2},\frac{\partial^2 u}{\partial\eta^2})$

[ ] $\frac{\partial^2 u}{\partial\eta^2} = \Phi(\xi,\eta,u,\frac{\partial u}{\partial\xi},\frac{\partial u}{\partial\eta})$

[ ] $\frac{\partial u}{\partial\xi} + \frac{\partial u}{\partial\eta} = \Phi(\xi,\eta,u,\frac{\partial u}{\partial\xi},\frac{\partial u}{\partial\eta})$

6. Физический смысл разложения функции в ряд Фурье заключается в том, что

[ ] любой периодический процесс может быть представлен в виде суммы гармонических колебаний, частоты которых непрерывно заполняют действительную полуось

[ ] любой непериодический процесс может быть представлен в виде суммы гармонических колебаний с кратными частотами и различными амплитудами

[*] любой периодический процесс может быть представлен в виде суммы гармонических процессов с кратными частотами и различными амплитудами

[ ] любой непериодический процесс может быть представлен в виде суммы гармонических процессов, частоты которых непрерывно заполняют действительную полуось

[ ] правильного ответа нет

7. Определение δ-функции и ее свойства в одномерном случае:

[ ] $\delta(x)=\begin{cases}0, & x\neq 0\\ \infty, & x=0\end{cases};\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(x)dx=1;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x)dx=0;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x_0-x)dx=f(x_0)$

[*] $\delta(x)=\begin{cases}0, & x\neq 0\\ \infty, & x=0\end{cases};\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(x)dx=1;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x)dx=f(0);\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x_0-x)dx=f(x_0)$

[ ] $\delta(x)=\begin{cases}0, & x=0\\ \infty, & x\neq 0\end{cases};\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(x)dx=0;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x)dx=f(0);\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x_0-x)dx=f(x_0)$

[ ] $\delta(x)=\begin{cases}0, & x\neq 0\\ \infty, & x=0\end{cases};\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(x)dx=\infty;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x)dx=f(0);\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x_0-x)dx=0$

[ ] $\delta(x)=\begin{cases}0, & x\neq 0\\ \infty, & x=0\end{cases};\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(x)dx=1;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x)dx=\infty;\quad \int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)\delta(x_0-x)dx=\delta(x_0)$

8. Уравнение с частными производными 2-го порядка с 2-мя независимыми переменными

$$A\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+2B\frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+C\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+F\left(x,y,u,\frac{\partial u}{\partial x},\frac{\partial u}{\partial y}\right)=0$$

будет являться уравнением гиперболического типа, если:

[ ] $B^2-4AC=0$

[*] $B^2-AC>0$

[ ] $B^2-AC=0$

[ ] $B^2-4AC>0$

[ ] $B^2-AC<0$

9. Сферические функции:

[ ] $Y_{lm}(\theta,\varphi)=N_{lm}P_l^{|m|}(\cos\theta)e^{im\varphi},\qquad где\ N_{lm}\sqrt{\frac{(2l+1)!}{4\pi}\frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!}}\quad l=0;1;\ldots;\ m=0;\pm1;\pm2;\ldots;\pm l$

[ ] $Y_{lm}(\theta,\varphi)=N_{lm}P_l^{|m|}(\cos\theta)e^{im\varphi},\qquad где\ N_{lm}=\sqrt{\frac{2l+1}{4\pi}\frac{(l+|m|)!}{(l-|m|)!}}\quad l=0;1;\ldots;\ m=0;\pm1;\ldots;\pm l$

[ ] $Y_{lm}(\theta,\varphi)=N_{lm}P_l^{|m|}(tg\theta)e^{im\varphi},\qquad где\ N_{lm}=\sqrt{\frac{2l+1}{4\pi}\frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!}}\quad l=0;1;\ldots;\ m=0;1;2;\ldots;l$

[ ] $Y_{lm}(\theta,\varphi)=N_{lm}P_l^{|m|}(\cos\theta)e^{im\varphi},\qquad где\ N_{lm}=\sqrt{\frac{2l+1}{4\pi}\frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!}}\quad l=0;1;\ldots;\ m=1;2;\ldots$

[*] $Y_{lm}(\theta,\varphi)=N_{lm}P_l^{|m|}(\cos\theta)e^{im\varphi},\qquad где\ N_{lm}=\sqrt{\frac{2l+1}{4\pi}\frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!}}\quad l=0;1;\ldots;\ m=0;\pm1;\ldots;\pm l$

10. Вторая формула Грина:

[*] $$\int_V (\varphi\Delta\psi - \psi\Delta\varphi)dV = \oint_S \left(\varphi\frac{\partial\psi}{\partial n} - \psi\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)dS$$

[ ] $$\int_V (\varphi\nabla\psi - \psi\nabla\varphi)dV = \oint_S \left(\varphi\frac{\partial\psi}{\partial n} - \psi\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)dS$$

[ ] $$\int_V (\varphi\Delta\psi + \psi\Delta\varphi)dV = \oint_S \left(\varphi\frac{\partial\psi}{\partial n} + \psi\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)dS$$

[ ] $$\int_V (\varphi\Delta\psi - \psi\nabla\varphi)dV = \oint_S \left(\psi\frac{\partial\varphi}{\partial n} - \varphi\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)dS$$

[ ] $$\int_V (\varphi\nabla\psi - \psi\Delta\varphi)dV = \oint_S \left(\varphi\frac{\partial\psi}{\partial n} - \psi\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)dS$$

II. Контрольных работ.

Пример контрольной работы:

1) Привести к каноническому виду следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - 3\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + 2\frac{\partial u}{\partial x} + 6\frac{\partial u}{\partial y} = 0.$$

2) Найти закон колебания струны l, расположенной на отрезке [0; l], если в начальный момент струне придана форма кривой $u = u_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)$, и всем точкам струны сообщена скорость, равная $a = \frac{a_0}{10} \cdot \sin\left(\frac{5\pi x}{l}\right)$ (где a - постоянная, фигурирующая в уравнении струны). затем струна отпущена без начальной скорости. Струна закреплена на концах. Внешние силы отсутствуют.

5.2. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

Собеседования на промежуточной аттестации (зачете):
Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Уравнения с частными производными. Основные определения.
2. Постановка задач математической физики. Начальные и граничные условия. Корректность постановки задач математической физики.
3. Вывод уравнения малых колебаний струны.
4. Вывод уравнения теплопроводности для случая свободного теплообмена внутри тонкого однородного изотропного стержня постоянного сечения, если стенки этого стержня изолированы от окружающей среды.
5. Вывод уравнения теплопроводности (общий случай).
6. Волновые уравнения электромагнитного поля в вакууме. Уравнения Лапласа и Пуассона.
7. Уравнения Даламбера для электромагнитных потенциалов $\vec{A}$ и φ в вакууме. Уравнение колебаний мембраны. Уравнение Шрёдингера.
8. Замена переменных в уравнении второго порядка с двумя независимыми переменными.
9. Классификация уравнений с частными производными второго порядка.
10. Метод характеристик.
11. Решение задачи Коши для уравнения свободных колебаний бесконечной струны методом характеристик.
12. Анализ частных случаев колебаний бесконечной струны.
13. Основная тригонометрическая система функций, её ортогональность.
14. Разложение функций в ряд Фурье по основной тригонометрической системе функций.
15. Комплексная форма рядов Фурье. Двойные ряды Фурье.
16. Интеграл Фурье в действительной и комплексной формах. Преобразование Фурье.
17. Решение методом разделения переменных уравнения свободных колебаний закреплённой струны.
18. Анализ решения уравнения свободных колебаний закреплённой струны.
19. Решение методом разделения переменных уравнения свободных колебаний прямоугольной мембраны.
20. Единственность решения смешанной задачи для закреплённой струны, функция Дирака.
21. Решение задачи о распространении тепла в бесконечном стержне (задача Коши) с помощью преобразования Фурье.
22. Анализ решения задачи о распространении тепла в бесконечном стержне для случая мгновенного точечного источника тепла.
23. Разделение переменных в уравнении Лапласа в сферических координатах. Уравнение Лежандра.
24. Полиномы и присоединённые полиномы Лежандра. Сферические и шаровые функции.
25. Ортогональные с весом системы функций. Понятие о получении ортогональных систем с помощью процедуры ортогонализации.
26. Разложение функций в ряды по ортогональным системам функций. Равенство Парсеваля. Замечание о сходимости рядов Фурье.
27. Примеры ортогональных систем функций и рядов Фурье по этим системам.
28. Линейные операторы и операции над ними. Коммутатор операторов.
29. Собственные числа и собственные функции линейных операторов. Спектр оператора.
30. Связь между тензорами второго ранга и линейными операторами.
31. Формулы Грина.
32. Гармонические функции и их основные свойства.
33. Понятие о методе функций Грина решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа.

5.3. Перечень видов оценочных средств
Тестовые задания, контрольные работы, зачет.
5.4. Процедура применения оценочных материалов

Оценка успеваемости студентов по дисциплине «Уравнения математической физики» складывается из баллов, набранных студентом в течение семестра:
1) баллы, набранные в течение семестра за посещение лекционных и практических занятий (52 часа), – 13 баллов максимум;
2) баллы, набранные при выполнении тестовых заданий – 12 балла максимум;
3) баллы, набранные в течение семестра на текущем контроле при выполнении контрольной работы – 35 баллов максимум;
4) баллы, набранные за прохождение промежуточной аттестации (зачет) - 40 баллов максимум.
Баллы, набранные студентом в течение семестра   Баллы за промежуточную аттестацию (зачет) Общая сумма баллов за дисциплину в семестр Отметка на зачете
0 – 60   0 – 40   41 – 100   зачтено

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во	Ссылка на электронное издание
Л1.1	Араманович И.Г., Левин В.И.	Араманович, И. Г. Уравнения математической физики / И. Г. Араманович, В. И. Левин ; под ред. О. М. Белоцерковского ; пер. с фр. Ф. В. Шугаева. – Изд. 2-е, стереотип. – Москва : Наука, 1969. – 288 с. : ил. – (Избранные главы высшей математики для инженеров и студентов втузов). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468165 (дата обращения: 10.06.2022). – Текст : электронный.	М.: Наука, 1969	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468165
Л1.2	Владимиров В. С.	Владимиров, В. С. Уравнения математической физики : учебник / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. – Москва : Физматлит, 2000. – 400 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68126 (дата обращения: 10.06.2022). – ISBN 5-9221-0011-4. – Текст : электронный.	М.: Физматлит, 2000	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=6812

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во	Ссылка на электронное издание
Л2.1	. Кошляков Н.С. Глинер Э.Б. Смирнов М.М	Кошляков, Н. С. Уравнения в частных производных математической физики / Н. С. Кошляков, Э. Б. Глинер, М. М. Смирнов. – Изд. 2-е. – Москва : Высшая школа, 1970. – 712 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468207 (дата обращения: 10.06.2022). – Текст : электронный.	М.: Высшая школа, 1970	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468207
Л2.2	Кирхгоф Г.	Кирхгоф, Г. Механика: лекции по математической физике : [16+] / Г. Кирхгоф ; под ред. А. Т. Григорьян, Л. С. Полак ; Академия наук СССР. – Москва : Издательство Академии Наук СССР, 1962. – 404 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435491 (дата обращения: 16.06.2022). – ISBN 978-5-	М. АН СССР, 1962	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435491

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс] : федеральный портал. – Режим доступа: http://schoolcollection.edu.ru , свободный (дата обращения: 10.06.2022).

6.3.Информационные технологии

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

1.	Операционная система ROSA Enterprise Linux Desktop № RL00450-1-110518-01. RL00450-1-110518-17 от 11 мая 2018 г.
2.	Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian. Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
3.	Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian. Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
4.	Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian. Контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
5.	Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian. Лицензия №46138962 от 16.11.2009
6.	Программное обеспечение Microsoft Office 2013 Professional. Контракт № 405535 от 2 ноября 2015 года, контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г.

7.	Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition. Лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
8.	Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
9.	Комплексная система антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License. Лицензия № 13C8-190514-084943-783-1256 от 15.05.2019
10.	Файловый архиватор 7z. Свободно распространяемое ПО
11.	Браузеры Google Chrome, Mozilla, Opera. Свободно распространяемое ПО
12.	Текстовый редактор NotePad++. Свободно распространяемое ПО
13.	Инструмент для очистки и оптимизации операционных систем Microsoft Windows C Cleaner. Свободно распространяемое ПО
14.	Программа для записи видео и потокового вещания Open Broadcaster Software. Свободно распространяемое ПО
6.3.2 Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
1.	Базы данных издательства Springer (https://link.springer.com)
2.	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН) (http://neicon.ru)
3.	Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных (http://webofscience.com)
4.	Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» (http://www.ict.edu.ru)
5.	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (http://fgosvo.ru)
6.	Официальный интернет-портал базы данных правовой информации (http://pravo.gov.ru)
7.	Компьютерная информационно-правовая система «Гарант»

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Ауд.	Назначение	Оборудование и технические средства обучения	Вид
4-304	Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: комплект учебной мебели, переносной ноутбук HP, мультимедийный комплекс, проектор ViewSonic	Лек, Пр, Кср, зачет
4-305	Помещение для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой, подключенной к сети Интернет, обеспечен доступ к электронно-образовательной среде Университета: комплект учебной мебели, персональные компьютеры (ноутбуки) с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду Университета, доска, компьютер стационарный (моноблок)	Ср

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

К началу изучения дисциплины обучающимся необходимо:
– ознакомиться с нормативной правовой базой, устанавливающей требования к реализации ОПОП направления, используя современные профессиональные базы данных и/или информационные справочные системы и/или внутривузовское сетевое окружение;
– ознакомиться с настоящими методическими указаниями для обучающихся по освоению дисциплины; перечнем основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины; перечнем ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины; перечнем учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине; методическими материалам по дисциплине.

Лекционные занятия проводятся в интерактивной форме. При подготовке к лекционным занятиям обучающимся необходимо ознакомиться с методическими материалами с целью выявления индивидуальных наиболее сложных тем для изучения.

Подготовка студентов к практическим занятиям направлена на:
- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальных умений у обучающихся: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В процессе освоения дисциплины обучающимся необходимо посещать учебные занятия, выполнять задания, предусмотренные настоящей рабочей программой; самостоятельно использовать основную, при необходимости дополнительную учебную литературу, необходимую для освоения дисциплины; ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины; учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине. Также в процессе освоения дисциплины обучающимся не реже чем раз в неделю отслеживать текущую информацию, при необходимости размещаемую в системе в электронной информационной образовательной среде вуза.