

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(МОДУЛЯ)**

Б1.О.24 «Уравнения и методы математической физики»

Направление подготовки	03.03.02 Физика
Направленность (профиль)	Фундаментальная физика
Форма обучения	очная
Квалификация	бакалавр

Краснодар 2026

Рабочая программа дисциплины «Уравнения математической физики» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки/ специальности 03.03.02 Физика

Программу составил:

К.А. Лебедев проф. кафедры теоретической физики
и компьютерных технологий, д.ф.–м.н., проф.


подпись

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

протокол № 10 от «21» апреля 2026 г.

Заведующий кафедрой теоретической физики
и компьютерных технологий В.В. Галуцкий


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол №11 от «28» апреля 2026 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов


подпись

Рецензенты:

М.С.,Коваленко кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и информационных систем

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон» кандидат физико-математических наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

На 2-м курсе дисциплина закладывает фундаментальный математический аппарат для описания волновых, тепловых и статических полей. Студенты осваивают постановку и методы решения краевых задач уравнений математической физики (колебания, диффузия, потенциал), включая метод Фурье и специальные функции. Это обеспечивает переход от общей математики к физическим приложениям и служит базой для параллельного изучения электродинамики, квантовой механики и теории колебаний, а также формирует навык самостоятельного построения математических моделей реальных процессов. Реализация этих целей направлена на формирование компетенций: ОПК-1 (применение естественно-научных знаний к физическим явлениям различной природы), ОПК-3 (использование математических методов для решения научных задач) и ПК-2 (построение математических моделей объектов и процессов на основе фундаментальных законов), что критически важно для дальнейшей научно-исследовательской работы как в области физики, так и радиофизики.

1.2 Задачи дисциплины

- усвоение фундаментальных идей, понятий и классификации уравнений математической физики, необходимых для решения теоретических и прикладных задач;
- формирование навыков корректной постановки краевых и начальных задач для уравнений гиперболического, параболического и эллиптического типов;
- освоение аналитических методов решения (разделение переменных, функции Грина, интегральные преобразования, специальные функции);
- создание и использование математических моделей колебательных, диффузионных, тепловых и волновых процессов, а также стационарных полей;
- расширение и углубление теоретических знаний, развитие строгости логических рассуждений и доказательной базы;
- повышение общего уровня математической культуры и подготовка к восприятию современного математического аппарата физики;
- развитие творческого, нестандартного подхода к изучению физических процессов и выбору методов их математического описания;
- формирование базы для последующего успешного освоения электродинамики, квантовой механики, теории колебаний, радиофизики и других смежных дисциплин физико-математического цикла.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Уравнения математической физики» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлениям подготовки 03.03.02 «Физика» и 03.03.03 «Радиофизика».

Место курса в системе подготовки выпускника определяется фундаментальной ролью уравнений в частных производных как универсального языка описания непрерывных физических систем. Методы и идеи математической физики лежат в основе современного естествознания и составляют тот аппарат, который позволяет перейти от качественного описания явлений к строгому количественному анализу. Освоение дисциплины формирует у студентов системное мышление, необходимое для решения широкого круга теоретических и прикладных задач — от моделирования полей и волн до прогнозирования поведения сложных динамических систем.

Курс занимает ключевое положение в структуре физико-математической подготовки, выполняя роль связующего звена между фундаментальными математическими

дисциплинами и специальными физическими курсами. Наиболее тесные межпредметные связи прослеживаются:

с теорией дифференциальных уравнений, поскольку большинство уравнений математической физики (волновое уравнение, уравнение теплопроводности, уравнение Лапласа и Пуассона) сводятся методом разделения переменных или интегральными преобразованиями к системам обыкновенных дифференциальных уравнений, исследование которых составляет основу вычислительных алгоритмов;

с математическим анализом и алгеброй и аналитической геометрией, так как аппарат функциональных рядов, ортогональных разложений, векторного анализа и теории поля непосредственно используется при построении и анализе решений;

с общей физикой (механика, электричество и магнетизм, оптика), где многие фундаментальные законы формулируются в виде дифференциальных уравнений в частных производных и требуют для своего решения методов, изучаемых в данном курсе.

Кроме того, многие дискретные и конечно-разностные модели, а также численные алгоритмы, используемые в прикладной радиофизике и физике конденсированного состояния (метод конечных элементов, метод конечных разностей, спектральные методы), имеют своим источником или предельным случаем соответствующие непрерывные («бесконечномерные») постановки. Поэтому свободное владение идеями и подходами математической физики является необходимым условием для осознанного применения численных методов и корректной интерпретации полученных результатов.

Необходимым требованием к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося при освоении данной дисциплины является успешное освоение следующих предшествующих дисциплин:

Математический анализ (дифференциальное и интегральное исчисление функций одной и нескольких переменных, теория рядов, несобственные интегралы, кратные и криволинейные интегралы);

Линейная алгебра и аналитическая геометрия (матрицы, системы линейных уравнений, собственные векторы и собственные значения, квадратичные формы, кривые и поверхности второго порядка);

Обыкновенные дифференциальные уравнения (методы решения линейных уравнений, системы дифференциальных уравнений, краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений, специальные функции).

Указанные дисциплины должны быть освоены в объеме, предусмотренном учебным планом для соответствующего направления подготовки. На их основе студенты должны уверенно владеть техникой дифференцирования и интегрирования, решать линейные дифференциальные уравнения и системы, а также иметь базовое представление о функциональных пространствах и ортогональных разложениях.

В свою очередь, материал данного курса является теоретической и методологической основой для последующего успешного освоения дисциплин профессионального цикла, включая: Электродинамику, Квантовую механику, Статистическую физику и термодинамику, Теорию колебаний, Распространение радиоволн, Теорию антенн, Акустику, а также дисциплин по выбору, связанных с математическим моделированием и вычислительной физикой.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выделяя её составные части и связи между ними	Знает: основные принципы системного анализа, структуру математических и физических теорий, логику построения инвариантных методов описания физических явлений.
ИУК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	Умеет: выявлять недостающие математические и физические данные в постановке задачи, самостоятельно находить необходимую информацию в учебной и научной литературе, формулировать корректные вопросы для решения проблемной ситуации.
ИУК-1.3. Критически оценивает надёжность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	Владеет: навыками критического анализа учебной и научной литературы по векторному и тензорному анализу, навыками сопоставления различных подходов и выбора адекватного математического аппарата для решения конкретной задачи.
ОПК-1. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов физики в профессиональной деятельности	
ИОПК-1.1. Применяет фундаментальные знания по физике и математике для постановки и решения профессиональных задач	Знает: основы векторного и тензорного анализа, включая определения скаляра, вектора и тензора; дифференциальные операции первого порядка (градиент, дивергенция, ротор); дифференциальные операции второго порядка (оператор Лапласа) для скалярного и векторного полей; основные тензорные тождества и формулы векторного анализа; свойства симметричных и антисимметричных тензоров; элементы тензорного анализа в криволинейных координатах; понятие ковариантной производной и символов Кристоффеля; структуру и свойства метрического тензора; основные приложения тензоров в механике и физике сплошных сред.
ИОПК-1.2. Использует математический аппарат для описания физических явлений и закономерностей	Умеет: использовать математический аппарат векторного и тензорного анализа для освоения теоретических основ и практического использования в современной физике; выполнять преобразования векторных и тензорных полей при переходе от декартовых к криволинейным системам координат; вычислять градиент, дивергенцию, ротор и лапласиан в ортогональных криволинейных координатах; применять тензорный формализм для записи физических законов в инвариантной форме; решать прикладные задачи на нахождение собственных значений и собственных векторов тензоров; применять тензор деформации и напряжений для описания механического состояния твёрдых тел и сплошных сред.
ИОПК-1.3. Демонстрирует навыки работы с современным физическим и математическим аппаратом	Владеет: практическими навыками использования векторного и тензорного анализа для решения физических задач; навыками работы с компонентами тензоров в различных системах координат; навыками вычисления ковариантных производных и символов Кристоффеля; навыками применения тензорного аппарата к уравнениям Максвелла, уравнениям механики сплошных сред и основным уравнениям теоретической физики; навыками самостоятельного анализа и интерпретации полученных математических результатов с физической точки зрения.
ПК-1. Способность использовать специализированные знания в области физики для решения научно-исследовательских и прикладных задач	
ИПК-1.1. Применяет математические методы и модели для решения задач в	Знает: специализированные разделы тензорного анализа, применяемые в теоретической механике, электродинамике, теории упругости, гидродинамике и общей теории относительности; методы тензорной алгебры для работы с группами линейных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))	
области физики и смежных наук	преобразований; основы теории кривизны пространства; способы представления физических полей через тензорные объекты.	
ИПК-1.2. Проводит математическое моделирование физических процессов с использованием тензорного аппарата	Умеет: строить математические модели физических процессов с использованием тензорных объектов; записывать уравнения движения и поля в тензорной форме; проводить вычисления и аналитические преобразования тензорных выражений; переходить от трёхмерного векторного описания к четырёхмерному тензорному описанию в специальной и общей теории относительности; интерпретировать результаты тензорных расчётов с физической точки зрения.	
ИПК-1.3. Анализирует и интерпретирует результаты математических расчётов в контексте физической задачи	Владеет: навыками решения прикладных задач механики и физики с использованием тензорного формализма; навыками анализа и интерпретации полученных тензорных выражений с точки зрения их физического смысла; навыками использования современных вычислительных средств для тензорных расчётов; опытом самостоятельного применения тензорного аппарата к конкретным физическим задачам.	
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности		
ИОПК-1.1 (06.016 А/30.6 Зн.3) применять фундаментальные знания, области математических и использовать их при анализе ИОПК-1.2 (40.001 А/02.5 Зн.2) международный опыт в в области и (или) естественных наук, и профессиональной деятельности ИОПК-1.4 (06.016 А/30.6 У.1) существующие типовые решения и анализе входных данных ИОПК-1.7 (40.001 А/02.5 Тд.2) наблюдений и измерений, и формулировка выводов ИОПК-1.8 (40.001 А/02.5 Др.2) направленная на решение задач характера, предполагающих выбор и актуальных способов решения использованием фундаментальных полученных в области естественных наук	Знает: основные задачи, уравнения и методы математической физики; физический смысл основных понятий и фактов математической физики и сферы их применения	
	Умеет: корректно поставить задачу и определить краевые условия; аналитически и численно решать основные задачи математической физики и корректно интерпретировать полученные результаты.	
	Владеет: основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных	
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности		
ИОПК-3.1 (06.016 А/30.6 Зн.3) проводимых исследований и математи-ческого моделирования задач в области профессиональной ИОПК-3.2 (40.001 А/02.5 Зн.1) проводимых исследований и математического моделирования для в области профессиональной ИОПК-3.3 (40.001 А/02.5 Зн.2) международный опыт в исследованиях, методы моделирования для решения задач профессиональной деятельности ИОПК-3.5 (06.016 А/30.6 У.1) входные данные, способен модифицировать математические решения задач в области деятельности ИОПК-3.6 (40.001 А/02.5 У.3) проведения экспериментов, делирование для решения задач в	Знает: математические формулировки основных понятий и утверждений; математические модели основных приложений теории дифференциальных уравнений; основные методы решения задач математической физики; основные прикладные пакеты, используемые для решения уравнений в частных производных.	
	Умеет: строить простейшие математические модели стандартных физических процессов; перевести задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными; находить решения: общие для основных типов дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка; выбирать методы решения поставленной задачи; содержательно интерпретировать результаты; использовать электронные тематические ресурсы для углубления	

профессиональной деятельности ИОПК-3.9 (40.001 А/02.5 Тд.1) экспериментов с использованием математического моделирования в установленными полномочиями ИОПК-3.10 (40.001 А/02.5 Тд.2) наблюдений и измерений, составление их и формулировка выводов, с математических моделей ИОПК-3.11 (40.001 А/02.5 Др.2) направленная на решение задач характера, предполагающих выбор и актуальных способов решения задач на методов математического моделирования	знаний по изучаемой дисциплине
ПК-2 Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках	
ИПК-2.1 (06.016 А/30.6 Зн.3) Предметная область и методы математического моделирования в естественных науках ИПК-2.2 (40.001 А/02.5 Зн.1) Цели и задачи проводимых исследований и разработок в естественных науках ИПК-2.3 (40.001 А/02.5 Зн.2) Отечественный и международный опыт в исследовании мате- матических моделей в естест-венных науках ИПК-2.4 (40.001 А/02.5 Зн.4) Методы проведения экспери-ментов и наблюдений, обоб-щения и обработки информации в исследовании новых мате-матических моделей в естест- венных науках ИПК-2.6 (06.016 А/30.6 У.1) Анализировать входные данные при прове-дении исследований математических моделей в естественных науках ИПК-2.8 (06.001 Д/03.06 Тд.2) Проектирование структур данных при разработке и проведении исследований новых математических моделей в естественных науках	Знает: методы численного анализа, иметь четкое представление о видах математических моделей, основанных на численных методах, о способах их построений, о численных методах реализации математических моделей; методы и способы поиска необходимой информации, математические ресурсы библиотек и сети Интернет по методам математической физики. Умеет: разрабатывать алгоритм применяемого метода решения; применять на практике методы численного анализа; реализовать численный алгоритм программно с помощью инструментальных средств и прикладных программ; анализировать полученные результаты; пользоваться справочной математической литературой по математической физике и соответствующими ресурсами сети Интернет Владеет: умением самостоятельно осуществлять выбор методики решения и построения алгоритма той или иной задачи; навыками давать полный анализ результатов решения и оценивать границы применимости выбранного метода; основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных; методами и приемами получения и систематизации знаний в области математической физики

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утверждённым учебным планом. Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			3 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:		72,2	72,2
Аудиторные занятия (всего):		64	64
занятия лекционного типа		34	34
лабораторные занятия		—	—
практические занятия		34	34
семинарские занятия		—	—
Иная контактная работа:		8,2	8,2
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8	8
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		71,8	71,8
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		—	—
Контрольная работа		—	—
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		—	—
Реферат/эссе (подготовка)		11,8	11,8
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)		40	40
Подготовка к текущему контролю		20	20
Контроль:			
Подготовка к экзамену		30	30
Общая трудоёмкость	час.	144	144
	в том числе контактная работа	72,2	72,2
	зач. ед.	2	4

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре 3 курса (очная форма)

№	Наименование разделов (тем)	Всего	Количество часов			
			Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛЗ	СРС
1	Постановка и классификация задач математической физики	28	8	8	—	12
2	Уравнения параболического, гиперболического и эллиптического типов. Основные задачи и методы их решения	30	8	6	—	16
3	Использование математических пакетов	30	8	6	—	16
4	Вариационные методы	28	6	6	—	16
5	Обзор и повторение, выполнение проекта	28	4	4	—	20
	<i>Итого по разделам дисциплины:</i>	144	34	30	—	80
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	20				20
	Промежуточная аттестация (ИКР)					
	Подготовка к текущему контролю					

№	Наименование разделов (тем)	Всего	Количество часов			
			Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛЗ	СРС
	Общая трудоемкость по дисциплине	164	34	30		100

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Постановка и классификация задач математической физики	Предмет и задачи математической физики. Классификация задач (корректно поставленные, некорректные). Начальные и граничные условия (условия Дирихле, Неймана, смешанные). Постановка краевых и начально-краевых задач. Задача Коши. Теорема Ковалевской. Классификация уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных (гиперболические, параболические, эллиптические). Характеристики. Приведение уравнений к каноническому виду.	Опрос по результатам выполнения домашних заданий, контрольная работа
2	Уравнения параболического типа. Основные задачи и методы их решения	Уравнение теплопроводности. Начально-краевые задачи для уравнения теплопроводности. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Метод Фурье (разделения переменных) решения краевых задач. Фундаментальное решение. Метод функций Грина. Принцип максимума. Численные методы: конечно-разностные схемы (явная, неявная, схема Кранка-Николсона). Метод конечных элементов (введение).	Контрольные вопросы, промежуточный тест
3	Уравнения гиперболического типа	Волновое уравнение. Задача Коши для волнового уравнения. Формула Даламбера (одномерный случай). Решение задач на полупрямой (метод отражений). Формулы Пуассона (двумерный случай) и Кирхгофа (трёхмерный случай). Задача Коши для неоднородного волнового уравнения (принцип Дюамеля). Краевые задачи для волнового уравнения (метод Фурье). Формулы Грина. Задача Штурма–Лиувилля (собственные значения и собственные функции). Решение неоднородных задач методом разложения по собственным функциям. Функции Бесселя и их свойства. Задача о колебании круглой мембраны. Численные методы: конечно-разностные схемы для волнового уравнения.	Контрольные вопросы, расчётное задание (аудиторно)
4	Интегральные преобразования в математической физике	Преобразование Фурье и его применение к решению задач математической физики. Преобразование Лапласа. Применение интегральных преобразований к решению уравнений теплопроводности и волнового уравнения. Связь с функциями Грина.	Контрольные вопросы, домашнее задание
5	Вариационные методы в математической физике	Основные понятия вариационного исчисления: постановка задачи, функционалы. Уравнение Эйлера–Лагранжа (вывод и применение). Экстремумы функционалов. Вариация функционала. Вариационные задачи в математической физике (принцип наименьшего действия, минимум энергии). Вариационная задача для интеграла энергии. Приближённые методы (Ритца, Галёркина).	Опрос, индивидуальные задания

№	Наименование раздела	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
6	Уравнения эллиптического типа. Теория потенциала	Уравнения Лапласа и Пуассона. Общие свойства гармонических функций (принцип максимума, теорема о среднем). Оператор Лапласа в криволинейных координатах (полярные, цилиндрические, сферические). Краевые задачи (Дирихле, Неймана). Теоремы единственности решения. Функции Грина для задач электростатики. Метод разделения переменных в различных координатных системах. Полиномы Лежандра, сферические гармоники. Теория потенциала (потенциал простого и двойного слоя). Численные методы (метод сеток, метод конечных элементов).	Коллоквиум, итоговое тестирование
7	Обзор программного обеспечения для решения задач математической физики	Обзор и сравнительный анализ ПО: MathCAD (символьные и численные расчёты, решение ОДУ и УМФ в простых постановках); MATLAB (пакеты расширения PDE Toolbox, численное решение краевых задач, визуализация); Comsol Multiphysics (конечно-элементное моделирование, связанные задачи, визуализация физических полей); Python (библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib, FEniCS — решение уравнений в частных производных). Решение конкретных задач в каждой среде.	Демонстрация выполненных проектов, отчёт
8	Повторение и выполнение итогового проекта	Обобщение и систематизация изученного материала. Выбор индивидуального проекта: постановка, аналитическое и/или численное решение задачи математической физики. Оформление результатов. Подготовка к зачёту/экзамену.	Защита проекта (презентация + отчёт), зачёт/экзамен

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические)

№	Наименование раздела	Содержание практического занятия (задачи и упражнения)	Форма текущего контроля
1	Постановка и классификация задач математической физики	1. Определение типа уравнения в частных производных второго порядка (гиперболический, параболический, эллиптический). 2. Приведение уравнений к каноническому виду. 3. Нахождение характеристик уравнений. 4. Постановка краевых задач: запись начальных и граничных условий для конкретных физических процессов (струна, стержень, мембрана). 5. Проверка корректности постановки задачи (существование, единственность, устойчивость).	Проверка домашних заданий у доски, опрос
2	Уравнения параболического типа	1. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности методом разделения переменных. 2. Решение начально-краевых задач для стержня с различными граничными условиями (Дирихле, Неймана, смешанные). 3. Построение фундаментального решения уравнения теплопроводности. 4. Использование принципа максимума для оценки решения. 5. Применение интегрального преобразования Фурье для решения задач на бесконечной прямой. 6. Решение простейшей разностной схемы (явная схема) вручную для 1D случая.	Проверка индивидуальных расчётных заданий, тест
3	Уравнения гиперболического типа	1. Решение задачи Коши для волнового уравнения методом Даламбера (одномерный случай). 2. Решение задач на полупрямой методом отражений.	Расчётное задание (аудиторно и на дом), контрольная работа

№	Наименование раздела	Содержание практического занятия (задачи и упражнения)	Форма текущего контроля
		3. Построение решения по формулам Пуассона (2D) и Кирхгофа (3D). 4. Решение краевых задач для волнового уравнения методом Фурье (разделение переменных). 5. Решение задачи Штурма–Лиувилля: нахождение собственных значений и функций для различных краевых условий. 6. Решение задачи о колебаниях струны с закреплёнными концами. 7. Решение задачи о колебаниях круглой мембраны с использованием функций Бесселя. 8. Исследование решения неоднородного волнового уравнения методом разложения по собственным функциям.	
4	Интегральные преобразования	1. Применение преобразования Фурье к решению уравнения теплопроводности. 2. Применение преобразования Фурье к решению волнового уравнения. 3. Использование преобразования Лапласа для решения начально-краевых задач. 4. Связь между интегральными преобразованиями и функциями Грина. 5. Решение краевых задач с использованием косинус- и синус-преобразований Фурье.	Проверка домашнего задания, опрос
5	Вариационные методы	1. Вывод уравнения Эйлера–Лагранжа для простейшего функционала. 2. Решение вариационных задач: поиск экстремалей. 3. Применение вариационных методов к задачам математической физики (принцип минимума энергии). 4. Построение интеграла энергии для уравнений Лапласа и Пуассона. 5. Приближённое решение задач методом Ритца. 6. Приближённое решение задач методом Галёркина. 7. Сравнение точного решения и приближённого.	Индивидуальные задания, опрос
6	Уравнения эллиптического типа. Теория потенциала	1. Проверка свойств гармонических функций (принцип максимума, теорема о среднем). 2. Решение краевых задач для уравнения Лапласа методом разделения переменных в прямоугольнике и круге. 3. Решение задачи Дирихле для круга (интеграл Пуассона). 4. Разложение по полиномам Лежандра и сферическим гармоникам. 5. Построение потенциала простого и двойного слоя. 6. Применение метода функций Грина для решения задач Дирихле и Неймана. 7. Решение задач в криволинейных координатах (полярные, цилиндрические, сферические).	Коллоквиум (защита задач у доски), итоговое тестирование
7	Численные методы в задачах математической физики	1. Реализация явной и неявной разностной схемы для уравнения теплопроводности вручную (шаг за шагом). 2. Реализация разностной схемы для волнового уравнения. 3. Исследование устойчивости разностных схем (условие Куранта–Фридрихса–Леви). 4. Решение краевой задачи для уравнения Пуассона	Расчётное задание (аудиторно), отчёт

№	Наименование раздела	Содержание практического занятия (задачи и упражнения)	Форма текущего контроля
		методом конечных разностей в 1D. 5. Введение в метод конечных элементов: построение простейшей сетки. 6. Сравнение аналитического и численного решения.	
8	Практика работы в ПО	1. Решение задачи Коши для волнового уравнения в MATLAB (PDE Toolbox). 2. Построение решения уравнения теплопроводности в MathCAD/Python. 3. Моделирование распределения электрического потенциала (уравнение Пуассона) в Comsol Multiphysics. 4. Визуализация решения и анализ результатов. 5. Сравнение результатов, полученных в разных средах. 6. Настройка параметров модели (граничные условия, источники).	Демонстрация выполненного проекта на компьютере, защита отчёта
9	Подготовка и выполнение итогового проекта	1. Выбор темы индивидуального проекта. 2. Постановка физической задачи. 3. Вывод математической модели (уравнение, начальные и граничные условия). 4. Выбор метода решения (аналитический или численный). 5. Проведение расчётов. 6. Анализ и интерпретация результатов. 7. Оформление отчёта и подготовка презентации.	Защита проекта (устная презентация + письменный отчёт), дифференцированный зачёт / экзамен

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Лабораторные занятия.

По дисциплине лабораторные занятия не планируются

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Подготовка к текущему контролю	1. Сабитов К.Б. Уравнения математической физики : учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Лаборатория знаний, 2024. — 569 с. [citations: 6] 2. Байков В.А., Жибер А.В. Уравнения математической физики : учебник и практикум для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Юрайт, 2026. — 254 с. [citations: 11]
2	Проработка материала	1. Деревич И.В. Практикум по уравнениям математической физики : учебное пособие для вузов. — 3-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2025. — 428 с. [citations: 4] 2. Васильева Е.А. Уравнения математической физики. Часть 1 : сборник задач. — Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2025. — 62 с. [citations: 3] Уравнения математической физики (электронный ресурс, среда модульного обучения http://moodle.kubsu.ru)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
3	Выполнение практических (расчётных) заданий	1. Сборник задач по методам математической физики : учебное пособие / В.Г. Крупин, А.Л. Павлов, Л.Г. Попов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательский дом МЭИ, 2019. [citations: 13] 2. Аленицын А.Г., Благовещенский А.С., Лялинов М.А. Методы математической физики. Сборник задач для студентов 3 курса. — СПб. : Изд-во СПбГУ. [citations: 9]
4	Подготовка к коллоквиуму и итоговому тестированию	1. Иванов Ю.В., Саранин В.А. Методы математической физики. Сборник задач и тестовых заданий : учебно-методическое пособие. — Глазов : ГИПУ им. В.Г. Короленко, 2012. [citations: 2] 2. Корнеев В.С. Методы математической физики. Основные уравнения и задачи : учебное пособие. — Новосибирск : СГУГиТ, 2020. — 80 с. [citations: 12]
5	Выполнение индивидуального проекта	1. Лесин В.В. Уравнения математической физики : учебник. — М. : КУРС, 2026. — 240 с. [citations: 1] 2. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач : учебное пособие для вузов. — 5-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2025. — 216 с. [citations: 8]

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В соответствии с требованиями ФГОС, программа дисциплины «Уравнения математической физики» предусматривает использование в учебном процессе различных образовательных технологий, направленных на формирование заявленных компетенций (ОПК-1, ОПК-3, ПК-2). Реализация компетентного подхода осуществляется через сочетание традиционных и интерактивных методов обучения, активное вовлечение студентов в учебный процесс и развитие навыков самостоятельной исследовательской работы

Лекционные занятия

Чтение лекций сопровождается использованием **мультимедийных технологий** (презентации, анимационные схемы, визуализация решений уравнений в частных производных, демонстрация графиков и полей). Компьютерные технологии предоставляют средства разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала, что особенно важно при изучении трёхмерных задач (волновые процессы, потенциалы, распределение температуры). Визуализация позволяет студентам наглядно увидеть связь между аналитическим решением и его физической интерпретацией.

Практические занятия и семинары

На практических занятиях реализуются следующие методы:

Разбор конкретных задач и ситуаций — широко используется как преподавателем, так и студентами во время занятий и при анализе результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе математического моделирования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует; при исследовании каждой конкретной задачи имеется, как правило, несколько методов решения, что требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

Работа в малых группах (командах) — совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путём творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с распределением полномочий и ответственности. Используется при решении комплексных задач (например, сравнение аналитического и численного решения одной задачи разными методами).

Мозговой штурм — применяется при коллективном разборе сложных краевых задач, выборе оптимального метода решения и обсуждении нестандартных подходов.

Проблемное обучение — постановка и решение физических задач с использованием аппарата уравнений в частных производных (волноводы, теплоперенос, электростатика), что формирует навык самостоятельного построения математических моделей.

Технологии организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов организуется с использованием следующих технологий:

Модульная технология — предусматривает деление содержания дисциплины на достаточно автономные разделы (модули), интегрированные в общий курс. Каждый модуль включает теоретический материал, практические задания и формы контроля.

Технология разноуровневого (дифференцированного) обучения — предполагает осуществление познавательной деятельности студентов с учётом их индивидуальных способностей, возможностей и интересов, поощряя реализацию творческого потенциала. Создание и использование диагностических тестов является неотъемлемой частью данной технологии.

Технология индивидуализации обучения — помогает реализовывать личностно-ориентированный подход, учитывая индивидуальные особенности и потребности учащихся (например, выбор уровня сложности расчётных заданий или темы индивидуального проекта).

Проектная технология — ориентирована на моделирование исследовательской деятельности студентов с целью решения задачи, определённой в рамках профессиональной подготовки (физика или радиофизика). Включает выполнение индивидуального проекта: постановка физической задачи, построение математической модели, выбор метода решения, проведение расчётов (аналитических и/или численных), анализ результатов и защита.

Технология обучения в сотрудничестве — реализует идею взаимного обучения, осуществляя как индивидуальную, так и коллективную ответственность за решение учебных задач. Применяется при выполнении групповых расчётных заданий и подготовке к коллоквиумам.

Технология развития критического мышления — способствует формированию разносторонней личности, способной критически относиться к информации, умению отбирать информацию для решения поставленной задачи, оценивать корректность постановки задачи и достоверность полученного решения.

Технология коммуникативного обучения — направлена на формирование коммуникативной компетентности студентов, необходимой для адаптации к современным условиям профессиональной деятельности (навыки публичной защиты решений, участие в дискуссиях, аргументация выбора метода).

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и Интернет-ресурсы

Информационно-коммуникационные технологии расширяют рамки образовательного процесса, повышая его практическую направленность, способствуют интенсификации самостоятельной работы и повышению познавательной активности. При изучении дисциплины используются:

Электронная информационно-образовательная среда университета — доступ к учебным материалам (лекции, методические указания, тестовые задания, фонд оценочных средств);

Интернет-технологии — предоставляют широкие возможности для поиска информации, разработки научных проектов, ведения учебных исследований;

Электронно-библиотечные системы (eLIBRARY.RU, «Лань», «Университетская библиотека онлайн», «Юрайт») — доступ к учебной и научной литературе по математической физике;

Программное обеспечение для численного моделирования — использование специализированных пакетов (MathCAD, MATLAB, Python с библиотеками SciPy/NumPy, Comsol Multiphysics) для решения задач математической физики, визуализации и сравнительного анализа методов.

Адаптивные образовательные технологии

При изучении дисциплины предусмотрена организация образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- организация консультаций с использованием электронной почты и дистанционных форм взаимодействия;
- предоставление учебных материалов в электронном виде, адаптированных к индивидуальным особенностям восприятия (увеличенный шрифт, аудиоформат);
- при необходимости — дополнительное время при выполнении контрольных мероприятий и сдаче экзамена.

Данные меры обеспечивают равный доступ к образованию и полноценное освоение дисциплины всеми категориями обучающихся.

Комплексное применение технологий

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий стимулирует личностную и интеллектуальную активность студентов, развивает познавательные процессы, способствует формированию компетенций (ОПК-1, ОПК-3, ПК-2), необходимых будущему специалисту в области физики и радиофизики. Сочетание аудиторной работы (лекции, практические занятия, коллоквиумы) с внеаудиторной

самостоятельной работой и систематическими консультациями обеспечивает глубокое освоение аппарата уравнений математической физики и его применение в профессиональной деятельности.

Если нужно **сократить** до 1 страницы, **разбить по компетенциям** (какая технология на какую компетенцию работает) или **добавить конкретные примеры заданий для каждой технологии** — скажите!

Численные методы и использование математических пакетов

В ходе изучения дисциплины «Уравнения математической физики» значительное внимание уделяется **численным методам** решения уравнений в частных производных и их реализации с использованием современных **математических пакетов**. Это обусловлено тем, что многие задачи математической физики (особенно трёхмерные, с неоднородными коэффициентами или сложной геометрией) не имеют аналитического решения и требуют применения численных подходов.

Численные методы, изучаемые в курсе

В рамках практических занятий и самостоятельной работы студенты осваивают следующие численные методы:

Метод	Тип уравнений	Применение
Метод конечных разностей (МКР)	Параболические, гиперболические, эллиптические	Явные и неявные схемы для уравнения теплопроводности, волнового уравнения, уравнения Пуассона. Исследование устойчивости (условие Куранта–Фридрихса–Леви).
Метод конечных элементов (МКЭ)	Эллиптические (стационарные)	Введение в МКЭ: построение сетки, выбор базисных функций, решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
Метод Галёркина	Вариационные задачи	Приближённое решение краевых задач с использованием пробных функций.
Метод Рунге	Вариационные задачи	Поиск минимума энергетического функционала.

Математические пакеты и программное обеспечение

Для выполнения расчётных заданий, курсовых работ и индивидуальных проектов студенты используют следующие математические пакеты:

Пакет	Назначение	Типовые задачи
MathCAD	Символьные и численные расчёты, визуализация	Решение ОДУ и УМФ в простых постановках, построение графиков решений, работа с функциями Бесселя и Лежандра.
MATLAB	Численные расчёты, визуализация, PDE Toolbox	Решение краевых задач методом конечных элементов, моделирование теплопереноса, волновых процессов, визуализация полей и анимация колебаний.
Python (NumPy, SciPy, Matplotlib, FEniCS)	Свободно распространяемое ПО для научных вычислений	Построение разностных схем, решение систем линейных уравнений, визуализация 2D и 3D полей, решение УМФ методом конечных элементов (FEniCS).
Comsol Multiphysics	Конечно-элементное моделирование связанных физических задач	Моделирование распределения температуры, электростатических полей, акустических волн; визуализация результатов в удобном интерфейсе.

Формы работы с математическими пакетами

Работа с математическими пакетами организована в следующих формах:

Демонстрационные примеры на лекциях — преподаватель показывает, как визуализировать решение уравнения теплопроводности или волнового уравнения, строить графики, анимировать колебания мембраны.

Лабораторные / практические занятия в компьютерном классе — студенты под руководством преподавателя решают конкретные задачи с использованием MATLAB или Python.

Самостоятельная работа — выполнение расчётных заданий, включающих численное решение и визуализацию, с последующей сдачей отчёта.

Индивидуальный проект — выбор физической задачи (например, расчёт распределения температуры в радиоэлектронном компоненте или распространение радиоволн в волноводе), построение математической модели, численное решение в одном из пакетов, анализ и защита результатов.

Связь с профессиональными компетенциями

Освоение численных методов и работы с математическими пакетами направлено на формирование компетенций:

ОПК-3 — способность применять современные математические методы и вычислительную технику для решения научно-исследовательских и прикладных задач;

ПК-2 — готовность к построению математических моделей и их численной реализации.

Это даёт студентам практический инструментарий, необходимый в дальнейшей научной и производственной деятельности (моделирование физических процессов, обработка экспериментальных данных, расчёт радиофизических систем).

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Векторный и тензорный анализ».

Оценочные средства включают контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме тестовых заданий по отдельным разделам дисциплины, устных опросов на практических занятиях, проверки и защиты домашних расчётных заданий, доклада-презентации по темам рефератов, разноуровневых задач (от репродуктивного уровня до творческого), ситуационных задач, моделирующих прикладные физические проблемы, а также коллоквиумов по наиболее сложным разделам курса, и промежуточной аттестации в форме устного экзамена по билетам, включающим два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины и одну практическую задачу.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Формы промежуточного контроля— экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме **устного экзамена** в 3 семестре.

Экзамен проводится по **экзаменационным билетам**, каждый из которых включает:

- **два теоретических вопроса** из разных разделов дисциплины;
- **одну практическую задачу** (по материалу практических занятий).

Время подготовки ответа — **30–40 минут**. Ответ на каждый вопрос оценивается отдельно, затем выводится итоговая оценка.

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ (1–9)

1. Вывод уравнения теплопроводности.
2. Постановка краевых задач для уравнения теплопроводности. Типы краевых условий.
3. Принцип максимума. Корректность смешанных задач для уравнения теплопроводности.

4. Решение однородного уравнения теплопроводности методом Фурье.
5. Решение неоднородного уравнения теплопроводности методом Фурье.
6. Решение уравнения теплопроводности методом функций Грина.
7. Решение уравнения теплопроводности методом конечных разностей.
8. Решение уравнения теплопроводности методом конечных элементов.
9. Решение уравнения теплопроводности с помощью пакетов.

ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ (10–14)

10. Вывод уравнения колебаний струны.
11. Решение волнового уравнения методом Фурье.
12. Решение волнового уравнения методом конечных разностей.
13. Решение волнового уравнения методом конечных элементов.
14. Решение волнового уравнения с помощью пакетов.

ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ (15–19)

15. Основные типы краевых задач для эллиптических уравнений. Принцип максимума для гармонических функций. Формулы Грина.
16. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге методом Фурье.
17. Решение уравнения эллиптического типа методом конечных разностей.
18. Решение уравнения эллиптического типа методом конечных элементов.
19. Решение уравнения эллиптического типа с помощью пакетов.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ (20–26)

20. Понятие дифференциального уравнения с частными производными. Постановка задач математической физики.
21. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара.
22. Классификация линейных ДУЧП второго порядка. Характеристическая поверхность.
23. Приведение к каноническому виду ДУЧП второго порядка с двумя независимыми переменными. Лемма о характеристиках.
24. Объёмные и поверхностные потенциалы и их свойства.
25. Решение задач Дирихле и Неймана с помощью потенциалов.
26. Вариация функционала. Экстремум функционала. Вариационные задачи в математической физике.

ВАРИАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ (27–33)

27. Вариация функционала. Определение и физический смысл.
28. Экстремум функционала. Уравнение Эйлера-Лагранжа.
29. Вариационная постановка задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
30. Вариационная постановка задачи Неймана для уравнения Пуассона.
31. Метод Ритца как приближённый вариационный метод.
32. Связь метода Ритца и метода конечных элементов.
33. Вариационные принципы в механике и физике (принцип минимума энергии).

4.2. Критерии оценивания на экзамене

Оценка «отлично» ставится студенту, который:

глубоко и полно знает теоретический материал;
свободно владеет терминологией и понятийным аппаратом;
правильно решает практическую задачу с полным обоснованием каждого шага;
логично и последовательно излагает ответ;
демонстрирует понимание физического смысла математических операций.

Оценка «хорошо» ставится студенту, который:

знает теоретический материал в полном объёме;
допускает незначительные неточности в формулировках;
решает практическую задачу с небольшими поправками, самостоятельно их исправляет;
излагает материал грамотно, но с незначительными нарушениями последовательности.

Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, который:

в основном знает теоретический материал в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы;
усвоил основную литературу;
приводит нечёткие формулировки физических понятий и законов;
решает практическую задачу с помощью наводящих вопросов преподавателя;
допускает существенные погрешности, но демонстрирует понимание основных принципов.

Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту, который:

не знает теоретический материал;
не владеет терминологией и понятийным аппаратом;
не может решить практическую задачу даже с помощью преподавателя;
допускает грубые ошибки в ответах на вопросы;
демонстрирует полное отсутствие понимания дисциплины.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента

5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Учебная литература

1. Тихонов А.Н., А.А. Самарский. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 2004. 798 с
2. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных. Математической физики. М.: Высшая школа. 1970. 710 с.
3. Алтунин К.К. Методы математической физики. М.: Директ-Медиа, 2014. 123 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240552>.
4. Карчевский М.М. Лекции по уравнениям математической физики. СПб.: Лань, 2016. 164 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72982>.
5. Кудряшов С.Н. Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» / С.Н. Кудряшов, Т.Н. Радченко. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2011. 308 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241103>.
6. Олейник О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Изд-во "Лаборатория знаний", 2015. 263 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70703>.
7. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Физматлит, 2009. 404 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59551>.
8. Будаков Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 688 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63669>.
9. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 399 с.
10. Голоскоков, Д.П. Курс математической физики с использованием пакета MAPLE. СПб.: Лань, 2015. 575 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67461>.
11. Деревич И.В. Практикум по уравнениям математической физики. СПб.: Лань, 2017. 428 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95131>
12. Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. Краснодар: Изд-во Кубанского государственного университета, 2002.
13. Сборник задач по уравнениям математической физики / А.А. Вашарин [и др.]. М.: Физматлит, 2003. 288 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59314>.
14. Свешников А.Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Лекции по математической физике. М.: Изд-во МГУ, 2004. 416 с.
15. Ильин А.М. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 192 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2181>.

5.2. Периодическая литература

- | | | |
|---|---|--------|
| 1 | Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия | МГУ |
| 2 | Журнал прикладной механики и технической физики | СО РАН |
| 3 | Журнал технической физики | РАН |
| 4 | Известия вузов. Серия: Физика | ТГУ |
| 5 | Инженерная физика | МАИ |
| 6 | Успехи физических наук | РАН |
| 7 | Физика. Реферативный журнал | ВИНИТИ |
| 8 | Теоретическая и математическая физика | РАН |
| 9 | Доклады Российской академии наук (серия физика) | РАН |

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);

4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84dlf.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов отводится 80 часов, что составляет 55,6% от общей трудоёмкости дисциплины; рекомендуемые виды самостоятельной работы включают: проработку теоретического материала по конспектам лекций (40 часов), подготовку к практическим занятиям с решением домашних задач (20 часов), написание реферата и подготовку презентации (12 часов) и подготовку к экзамену (8 часов); лекционный материал следует изучать систематически, ведя подробный конспект с выделением основных определений, теорем и формул; практические занятия требуют предварительной подготовки, необходимо прорешивать задачи, предложенные на предыдущем занятии, и разбирать примеры из учебников; самостоятельная работа предполагает работу с основной и дополнительной литературой, включая электронные ресурсы; текущий контроль включает проверку домашних заданий, ответы на контрольные вопросы и защиту реферата; итоговый контроль — экзамен, состоящий из двух теоретических вопросов и одной практической задачи; при работе с литературой рекомендуется использовать основную литературу как фундаментальную базу курса, начиная изучение каждого раздела с этих источников, дополнительную литературу для углубления понимания материала и возможности взглянуть на проблему с разных точек зрения, периодические издания для получения представления о современных научных исследованиях в области векторного и тензорного анализа, а также интернет-ресурсы, расширяющие доступ к литературе и позволяющие оперативно находить необходимую информацию.

7 Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащённые необходимым специализированным и лабораторным оборудованием. При заполнении таблицы учитываются все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия), а также консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 211 С)	Мебель: учебная мебель (столы, стулья, доска магнитно-маркерная). Технические средства обучения: переносной проектор, экран, компьютер.	Не требуется
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. 144 С)	Мебель: учебная мебель (столы, стулья, доски магнитно-маркерные — 2 шт.). Технические средства обучения: компьютер, проектор, экран.	Не требуется
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория _____	Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены	—
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовое проектирование по дисциплине не предусмотрено	—

Помещения для самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащённые компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащённость помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель; комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi).	Windows 7/10/11; Microsoft Office / LibreOffice; MathCad; Adobe Acrobat Reader
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 144 С)	Мебель: учебная мебель; комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное	Windows 7/10/11; Microsoft Office / LibreOffice; MathCad; Adobe Acrobat Reader; браузер для выхода в Интернет

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащённость помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
	соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi).	