МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
«28» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04«Уравнения в частных производных»

Направление подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Направленность (профиль) Технология программирования

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
4E23D21DF7CC6DF6D9D04D6AEAE74F342DA725D9
Владелец: Хагуров Темыр Айтечевич
Действителен: с 13.05.2021 до 13.08.2022

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины «Уравнения в частных производных» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.03Математическое обеспечение и администрирование информационных систем.

Программу составил:

Павлова А.В., д-р физ.-мат. наук, доцент, проф. кафедры математического моделирования КубГУ _____

Рабочая программа дисциплины «Уравнения в частных производных» утверждена на заседании кафедры математического моделирования протокол №10 от «20» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф.

В. А. Бабешко

_____
подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры информационных технологий протокол №15 от «20» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) канд. физ.-мат. наук, доцент,

В. В. Подколзин

_____
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики протокол №1 от «21» мая 2021 г.

Председатель УМК факультета

д-р техн. наук, доцент_А. В. Коваленко

_____
подпись

Рецензенты:

Евдокимова О.В., д-р физ.-мат. наук, зав. лабораторией математики и механики ЮНЦ РАН

Щербаков Е.А., д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры теории функций КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Данная дисциплина ставит своей целью изучение фундаментальных основ теории уравнений в частных производных в объеме, необходимом для общего развития и освоения смежных дисциплин физико-математического цикла, овладение аппаратом математической физики и подготовку к сознательному восприятию процедур прикладного анализа, освоение методов построения математических моделей на основе уравнений математической физики. Цели дисциплины соответствуют формируемым компетенциям ПК-1, ПК-2.

1.2 Задачи дисциплины

Основные **задачи** дисциплины:

– усвоение основных идей, понятий и фактов уравнений в частных производных, необходимых для решения теоретических и прикладных задач применения дисциплины, в том числе с помощью программного обеспечения;

– формирование навыков формулировать и решать задачи математической физики, создавать и использовать математические модели процессов и объектов, выбирать соответствующие программные средства для их реализации;

– расширение и углубление теоретических знаний и развитие логического мышления; подъем общего уровня математической культуры; формирование творческого подхода к изучению процессов и явлений.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Уравнения в частных производных» относится к «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Место курса в подготовке выпускника определяется ролью методов и идей уравнений математической физики в частных производных в формировании специалиста по любой области знаний, серьезно использующей математику. Уравнения в частных производных лежат в основе математических моделей реальных явлений, используются в моделировании процессов различной природы, а также в инженерно-технических приложениях. Данный курс наиболее тесно связан с теорией обыкновенных дифференциальных уравнений, поскольку большинство уравнений математической физики сводятся тем или иным способом к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

Использование математических пакетов для решения и анализа задач математической физики позволяет шире освоить и использовать прикладное программное обеспечение.

Необходимым требованием к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося при освоении данной дисциплины является освоения курсов математического анализа, функционального анализа и дифференциальных уравнений, в объеме, предусмотренном для соответствующего направления.

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

Программа определяет общий объем знаний, позволяющий сформировать у студента представление об основных моделях и методах математической физики, обеспечивающих широкие возможности их применения.

В процессе освоения дисциплины у студента формируются компетенции ПК-1, ПК-2..

Требования к уровню освоения содержания курса определяются вышесказанным.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на овладение обучающимихся профессиональными компетенциями:

ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий

Знать
ИПК-1.1 (D/03.6 Зн.2) Типовые решения, математические модели, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения
ИПК-1.3 (C/16.6 Зн.2) Инструменты и методы проектирования и дизайна ИС
ИПК-1.5 (C/16.6 Зн.8) Основы программирования и информационных технологий
ИПК-1.8 (A/01.5 Зн.2) Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий
ИПК-1.9 (A/01.5 Зн.3) Методы и средства планирования и организации исследований и разработок в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий
ИПК-1.10 (A/01.5 Др.1 Зн.) Деятельность, направленная на решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий

Уметь
ИПК-1.13 (A/27.6 У.1) Анализировать входные данные
ИПК-1.14 (A/01.5 У.3) Применять методы анализа научно-технической информации с использованием базовых знаний математических и естественных наук, программирования и информационных технологий

Владеть
ИПК-1.16 (A/01.5 Тд.3) Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в области знаний математических и естественных наук, программирования и информационных технологий

ПК-2 Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности

Знать
ИПК-2.1 (A/01.5 Зн.1) Цели и задачи проводимых исследований и разработок в конкретной области профессиональной деятельности
ИПК-2.2 (A/01.5 Зн.2) Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности
ИПК-2.3 (A/01.5 Зн.3) Методы и средства планирования и организации исследований и разработок в конкретной области профессиональной деятельности
ИПК-2.4 (A/01.5 Зн.4) Методы проведения экспериментов и наблюдений,

обобщения и обработки информации в конкретной области профессиональной деятельности

Уметь ИПК-2.5 (А/01.5 У.2) Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
ИПК-2.6 (А/01.5 У.3) Применять существующие методы анализа научно-технической информации в конкретной области профессиональной деятельности

Владеть ИПК-2.10 (А/01.5 Тд.4) Подготовка под научным руководством предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Код компетенции	Формулировка компетенции
ПК-1	Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий

ИПК-1.1 (D/03.6 Зн.2) Типовые решения, математические модели, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения **ИПК-1.3 (**С/16.6 Зн.2) Инструменты и методы проектирования и дизайна ИС **ИПК-1.3** (С/16.6 Зн.8) Основы программирования и информационных технологий **ИПК-1.8** (А/01.5 Зн.2) Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий **ИПК-1.9** (А/01.5 Зн.3) Методы и средства планирования и организации исследований и разработок в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий **ИПК-1.10** (А/01.5 Др.1 Зн.) Деятельность, направленная на решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий **ИПК-1.13** (А/27.6 У.1) Анализировать входные данные **ИПК-1.14** (А/01.5 У.3) Применять методы анализа научно-технической информации с использованием базовых знаний математических и естественных наук, программирования	**Знает**	– математические формулировки основных понятий и утверждений – математические модели основных приложений теории дифференциальных уравнений в частных производных
	Умеет	– перевести задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными. – корректно поставить задачу и определить краевые условия; аналитически и численно решать основные задачи математической физики и корректно интерпретировать полученные результаты. – выбирать методы решения поставленной задачи и средства программного обеспечения (в том числе специализированного) для их реализации – использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине
	Владеет	– основной терминологией и понятийным аппаратом уравнений в частных производных; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных – навыками построения простейших математических моделей физических процессов; – методами исследования моделей физических процессов, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения

ИПК-1.16 (А/01.5 Тд.3) Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в области знаний математических и естественных наук, программирования и информационных технологий		

ПК-2	Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности

ИПК-2.1 (А/01.5 Зн.1) Цели и задачи проводимых исследований и разработок в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.2** (А/01.5 Зн.2) Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.3** (А/01.5 Зн.3) Методы и средства планирования и организации исследований и разработок в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.4** (А/01.5 Зн.4) Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.5** (А/01.5 У.2) Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ **ИПК-2.6** (А/01.5 У.3) Применять существующие методы анализа научно-технической информации в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.10** (А/01.5 Тд.4) Подготовка под научным руководством предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов	**Знает**	– специфику задач решаемых с помощью уравнений в частных производных – 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 уравнений в частных производных.
	Умеет	– формулировать и содержательно интерпретировать результаты решения задач; – использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине – 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.
	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 – навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики

Процесс освоения дисциплины «Уравнения в частных производных» направлен на получения необходимого объема знаний, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное ведение бакалавром производственной и научно-исследовательской деятельности, владение методикой формулирования и решения прикладных задач, а также на выработку умений применять на практике методы прикладной информатики.

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 трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 академических часа. Курс «Уравнения в частных производных» состоит из лекционных и лабораторных занятий, сопровождаемых регулярной индивидуальной работой преподавателя со студентами в процессе самостоятельной работы. В конце 5 семестра проводятся зачет и экзамен. Программой дисциплины предусмотрены 34 часа лекционных, 34 часа лабораторных занятий

Вид учебной работы		Всего часов	Семестр (часы)
			5
Контактная работа (всего)		**76,5**	**76,5**
В том числе:			
Занятия лекционного типа		34	34
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		–	–
Лабораторные занятия		34	34
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8	8
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,5
Самостоятельная работа (всего)		**31,8**	**31,8**
В том числе:			
Курсовая работа		–	–
Проработка учебного (теоретического) материала		15	15
Подготовка к текущему контролю		16,8	16,8
Контроль: зачет, экзамен			
Подготовка к экзамену		35,7	35,7
Общая трудоемкость	**час.**	**144**	**144**
	в том числе контактная работа	**76,5**	**76,5**
	зач. ед	**5**	**5**

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

№	Наименование разделов	Количество часов			
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа
			Л	ЛР	СРС
1	Вывод основных уравнений математической физики. Постановка и классификация задач	7	4	2	1
2	Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	14	4	6	4

№	Наименование разделов	Количество часов			
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа
			Л	ЛР	СРС
3	Уравнения гиперболического типа. Задача Коши	14	4	6	4
4	Начально-граничные задачи для уравнений гиперболического и параболического типа	16	6	6	4
5	Задача Коши для уравнения теплопроводности	12	4	4	4
6	Гармонические функции. Краевые задачи для уравнений эллиптического типа.	14	6	4	4
7	Теория потенциала	10	4	2	4
8	Вариационные методы в математической физике	8	2	2	4
9	Обзор пройденного материала и проведение зачета	4,8	–	2	2,8
Итого по разделам дисциплины		**99,8**	**34**	**34**	**31,8**
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8			
Подготовка к промежуточному контролю		**35,7**			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5			
Итого трудоемкость		**144**			

2.3 Содержание разделов дисциплины:

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1.	Вывод основных уравнений математической физики. Постановка и классификация задач	Основные уравнения математической физики. Вывод уравнений и постановка краевых задач: задачи о малых колебаниях струны, упругого стержня. Вывод уравнений распространения тепла, диффузии. Начальные и граничные условия. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара. Принцип суперпозиции для линейных задач математической физики	Проверка домашних и самост. заданий
2.	Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	Классификация линейных дифференциальных уравнения в частных производных второго порядка. Уравнения характеристик для дифференциальных уравнения в частных производных второго порядка, линейных относительно старших производных. Приведение дифференциального уравнения в частных производных второго порядка линейного относительно старших производных, к каноническому виду. Лемма о характеристиках.	Контрольная работа
3.	Уравнения гиперболического типа. Задача Коши	Решение задачи Коши для дифференциального уравнения второго порядка гиперболического типа. Формула Даламбера. Обобщенное решение. Решение задачи Коши для волнового уравнения на плоскости и в пространстве..	Контрольная работа
4.	Начально-граничные задачи для уравнений	Основные понятия Задачи Штурма–Лиувилля. Нахождение собственных значений и собственных функций оператора Штурма–Лиувилля. Определение	КР, Защита индивиду-

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
	гиперболического и параболического типа	функции Грина для оператора Штурма–Лиувилля. Решение начально-краевых задач для дифференциального уравнения второго порядка гиперболического типа. Метод Фурье (метод разделения переменных). Задача о свободных колебаниях струны, закрепленной на концах. Решение начально-краевых задач для уравнений параболического типа. Метод Фурье (метод разделения переменных). Принцип максимума.	ального задания
5.	Задача Коши для уравнения теплопроводности	Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности, формула Пуассона. Корректность постановки задачи Коши. Функция Грина. Задачи на полупрямой.	Проверка самост. заданий
6.	Гармонические функции. Краевые задачи для уравнений эллиптического типа.	Гармонические функции. Свойства гармонических функций. Краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа на плоскости методом разделения переменных (в круге и кольце). Принцип максимума для гармонических функций. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом разделения переменных (внутренние задачи в шаре и сферическом слое). Сферические (шаровые) функции. Полиномы Лежандра, сферические функции Лежандра. Производящая функция для полиномов Лежандра, рекуррентные формулы, задача Штурма–Лиувилля, связанная с Полиномами Лежандра	Проверка домашних и самост. заданий
7.	Теория потенциала	Ньютонов (объёмный) потенциал как решение уравнения Пуассона. Свойства объемного потенциала. Потенциалы простого и двойного слоя. Свойства поверхностных потенциалов. Сведение краевых задач для уравнения Лапласа к интегральным типа Фредгольма уравнениям II рода.	Проверка домашних и самост. заданий
8.	Вариационные методы в математической физике	Основные понятия вариациионного исчисления: постановка задачи, уравнение Эйлера-Лагранжа Экстремумы функционалов. Вариация функционала. Вариационные задачи в математической физике. Вариационная задача для интеграла энергии и задача Дирихле.	Проверка домашних и самост. заданий

2.3.1 Занятия лекционного типа

Раздел 1. Основные уравнения математической физики. Вывод уравнений и постановка краевых задач: задачи о малых колебаниях струны, упругого стержня. (**2 ч.**). Вывод уравнений распространения тепла, диффузии. Начальные и граничные условия. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара. Принцип суперпозиции для линейных задач математической физики. (**2 ч.**).

Раздел 2. Классификация линейных дифференциальных уравнения в частных производных второго порядка. Уравнения характеристик для дифференциальных уравнения в частных производных второго порядка, линейных относительно старших

производных (**2** ч.). Приведение дифференциального уравнения в частных производных второго порядка линейного относительно старших производных, к каноническому виду. Лемма о характеристиках (**2** ч.)

Раздел 3. Решение задачи Коши для дифференциального уравнения второго порядка гиперболического типа, формула Даламбера Корректность постановки задачи. Обобщенное решение (**2** ч.). Решение задачи Коши для волнового уравнения в пространстве и на плоскости. Формулы Кирхгофа и Пуассона. (**2** ч.).

Раздел 4. Основные понятия Задачи Штурма–Лиувилля. Нахождение собственных значений и собственных функций оператора Штурма–Лиувилля. (**2** ч.). Решение начально-краевых задач для дифференциального уравнения второго порядка гиперболического типа. Метод Фурье (метод разделения переменных) (**2** ч.). Задача о свободных колебаниях струны, закрепленной на концах Решение начально-краевых задач для дифференциального уравнения второго порядка параболического типа. Метод Фурье (метод разделения переменных). Принцип максимума. Решение неоднородных задач (**2** ч.).

Раздел 5. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности, формула Пуассона. Корректность постановки задачи Коши. Функция Грина. (**2**ч.). Задачи на полупрямой. Метод отражения. Распространение краевого режима. (**2**ч.).

Раздел 6. Гармонические функции. Свойства гармонических функций. Краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа на плоскости методом разделения переменных (в круге и кольце) (**2** ч.). Принцип максимума для гармонических функций. Следствия. (**2** ч.). Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом разделения переменных (внутренние задачи в шаре и сферическом слое) Сферические (шаровые) функции. Полиномы Лежандра, сферические функции Лежандра. (**2** ч.).

Раздел 7. Ньютонов (объёмный) потенциал как решение уравнения Пуассона. (**2** ч.). Свойства объемного потенциала. Потенциалы простого и двойного слоя. Свойства поверхностных потенциалов (**2** ч.). Сведение краевых задач для уравнения Лапласа к интегральным типа Фредгольма уравнениям II рода (**2** ч.).

Раздел 8. Основные понятия вариационного исчисления: постановка задачи, уравнение Эйлера-Лагранжа Экстремумы функционалов. Вариация функционала. Вариационные задачи в математической физике. Вариационная задача для интеграла энергии и задача Дирихле. (**2** ч.).

2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебный план не предусматривает занятий семинарского типа по дисциплине «Уравнения в частных производных».

2.3.3 Лабораторные занятия

Раздел 1. Лабораторные занятия: **2** часа.

Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике

1. Уравнения в частных производных, порядок, линейность, однородность, примеры.

В аудитории: №№ 24–27 (1, глава 1),

На дом: №№ 28, 29, 2, 4,5 (1, глава 1)

Раздел 2. Лабораторные занятия: **6** часов.

1) Бицадзе А.В., Калиниченко Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. 1985, 2) Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. Краснодар: Изд-во Кубанского госуниверситета, 2002.

1) Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике, 2) Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. Использование системы Matlab (Maple) для приведения уравнений с двумя независимыми переменными к каноническому виду

В аудитории: 1–5, 7,9, 14–18 стр. 14 (2)

На дом: №№ 6–9, 19–25 (2) (2)

2. Приведение уравнений с двумя независимыми переменными к каноническому виду (уравнения с переменными коэффициентами). Использование системы Matlab (Maple) для приведения уравнений с двумя независимыми переменными к каноническому виду

В аудитории: 6–11 (1, глава 1), 1,5,7 стр. 13 (2)

На дом: №№ 12–16 (1, глава 1)

3. Контрольная работа.

Раздел 3. Лабораторные занятия: **6** часов.

1. Метод характеристик решения уравнений гиперболического типа. Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера. Решение типовых задач в системе Matlab (Maple).

В аудитории: №№ 61,62 (1, глава 2), 3,10 стр. 22 (2).

На дом: №№ 73, 74 (1 глава 2), 2,4,9 стр. 22 (2).

2. Метод продолжения решения задач на полупрямой для одномерного волнового уравнения. Решение типовых задач в системе Matlab (Maple).

В аудитории: №№ 3,10 стр. 22 (2), 61,62 (1, глава 2),

На дом: №№ 2,4,9 стр. 22 (2), 73, 74 (1, глава 2)

3. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности. Формула Пуассона. Использование системы Matlab (Maple) для решения задач теплопереноса.

В аудитории: №№ 66,68 (1, глава 3), 1,2 стр. 24 (2)

На дом: №№ 72,73 (1, глава 3), 3 стр. 24 (2)

Раздел 4. Лабораторные занятия: **6** часов.

1) Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания; 2) Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике.

1. Метод Фурье решения начально-краевых задач для уравнений гиперболического типа. Решение начально-краевых задач в системе Matlab (Maple)

В аудитории: №№ 10,12 стр. 33 (1), 104, 110 (2, глава 2),

На дом: №№ 2,13,15 стр. 33 (1), 50–52 (2, глава 6)

2. Решение начально-краевых задач для уравнений параболического типа. Метод Фурье. Решение типовых задач в системе Matlab (Maple)

В аудитории: №№ 33, 34 (1, глава 5), 1–5 стр. 33 (2)

На дом: №№ 30 (1, глава 3), 4,6,7, стр. 33 (2)

3. Решение неоднородных задач для уравнений гиперболического и параболического типа

В аудитории: №№ 111 (2, глава 2), 9 (1, глава 5)

На дом: №№ 18 стр. 33 (1), 35 (1, глава 3), 11 стр. 33 (2)

4. Контрольная работа

Раздел 5 Лабораторные занятия: **4** часа.

1. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности. Формула Пуассона

В аудитории: №№ 66,68 (1, глава 3), 1,2 стр. 24 (2)

На дом: №№ 72,73 (1, глава 3), 3 стр. 24 (2)

2. Метод продолжений решения задач на полупрямой

В аудитории: №№ 79,80,86 (1, глава 3), 4 стр. 24 (2)

На дом: №№ 84,89 (1, глава 3), 5 стр. 24 (2)

Раздел 6. Лабораторные занятия: **6** часов.

1) Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике; 2) Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания.

1. Решение краевых задач для уравнения Лапласа на плоскости в простейших областях (круг, кольцо).

В аудитории: №№ 14 (а,в,д), 70 (1 глава 4), 30 стр. 34 (2)

На дом: №№ 13 (б–е), 17 (1 глава 4), 29 стр. 34 (2)

2. Решение краевых задач для уравнения Лапласа в пространстве в простейших областях.

В аудитории: №№ 20,33,103 (1 глава 4)

На дом: №№ 34,104 (1 глава 4)

3. Метод Фурье решения краевых задач для уравнения Пуассона в круге и кольце.

В аудитории: №№ 30, 31, 34 (1 глава 4)

На дом: №№ 32 (1 глава 4), 31 стр. 34 (2)

4. Контрольная работа

Раздел 7. Лабораторные занятия: **2** часа.

Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике.

1. Метод потенциалов.

В аудитории: №№ 149 (а,б), 150, 151 (глава 4)

На дом: №№ 147, 149 (в) (глава 4)

Раздел 8. Лабораторные занятия: **2** часа.

Бицадзе А.В., Калиниченко Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики.

1. Вариационные задачи.

В аудитории: №№ 848,850,853

На дом: №№ 851,854,855

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебный план не предусматривает курсовых работ по дисциплине «Уравнения в частных производных».

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Изученние теоретического материала	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой информационных технологий, протокол №1 от 30.08.2019
2	Решение задач	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой информационных технологий, протокол №1 от 30.08.2019
3	Подготовка к текущему контролю	Уравнения математической физики (электронный ресурс, среда модульного обучения http://moodle.kubsu.ru)

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.

2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Целью самостоятельной работы является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий, выработка навыков индивидуальной работы, закрепление навыков, сформированных во время лабораторных занятий.

Содержание приведенной основной (о) и дополнительной (д) литературы позволяет охватить широкий круг задач и методов математической физики.

Раздел 1. Постановка задач математической физики. Некорректные задачи. [2о, 3д, 8д]

Раздел 2. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Канонические формы. Сопряженные операторы. [1о, 2о, 8д]

Раздел 3. Задача с данными на характеристиках (задача Гурса). Существование и единственность решения задачи с данными на характеристиках; Метод Римана; Специальные функции математической физики. [1о,2о, 1д, 3д, 8д]

Раздел 4. Задача о свободных колебаниях круглой мембраны. Цилиндрические функции в математической физике. [2о,3д,8д]

Раздел 5. Задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Предельные случаи; Функция источника для уравнения параболического типа. [1о,2о, 1д, 3д, 8д]

Раздел 6. Формулы Грина для гармонических функций. Свойства последовательностей гармонических функций. Ортогональные многочлены, многочлены Лежандра [2о, 8д]

Раздел 7 Уравнение Гельмгольца в неограниченной области. Условия излучения. [8д]

Раздел 8 Основные понятия вариационного исчисления (функционал, линейные и квадратичные функционалы, экстремумы функционала); Простейшие задачи вариационного исчисления (задача о брахистохроне, изопериметрическая задача). [3д, 7д, 8д]

3. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС в программа дисциплины предусматривает использование в учебном процессе различных образовательных технологий: чтение лекций с использованием мультимедийных технологий; метод малых групп, разбор практических задач и кейсов.

При обучении используются следующие образовательные технологии:

– Технология коммуникативного обучения – направлена на формирование коммуникативной компетентности студентов, которая является базовой, необходимой для адаптации к современным условиям межкультурной коммуникации.

– Технология разноуровневого (дифференцированного) обучения – предполагает осуществление познавательной деятельности студентов с учётом их индивидуальных способностей, возможностей и интересов, поощряя их реализовывать свой творческий потенциал..

– Технология модульного обучения – предусматривает деление содержания дисциплины на достаточно автономные разделы (модули), интегрированные в общий курс.

– Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) - расширяют рамки образовательного процесса, повышая его практическую направленность, способствуют интенсификации самостоятельной работы учащихся и повышению познавательной активности.

– Интернет-технологии – предоставляют широкие возможности для поиска информации, разработки научных проектов, ведения научных исследований.

– Технология индивидуализации обучения – помогает реализовывать личностно-ориентированный подход, учитывая индивидуальные особенности и потребности учащихся.

– Проектная технология – ориентирована на моделирование социального взаимодействия учащихся с целью решения задачи, которая определяется в рамках профессиональной подготовки, выделяя ту или иную предметную область.

– Технология обучения в сотрудничестве – реализует идею взаимного обучения, осуществляя как индивидуальную, так и коллективную ответственность за решение учебных задач.

– Технология развития критического мышления – способствует формированию разносторонней личности, способной критически относиться к информации, умению отбирать информацию для решения поставленной задачи.

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий стимулируют личностную, интеллектуальную активность, развивают познавательные процессы, способствуют формированию компетенций, которыми должен обладать будущий специалист.

Основные виды интерактивных образовательных технологий включают в себя:

– работа в малых группах (команде) - совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путём творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности;

– проектная технология - индивидуальная или коллективная деятельность по отбору, распределению и систематизации материала по определенной теме, в результате которой составляется проект;

– анализ конкретных ситуаций - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений;

– развитие критического мышления – образовательная деятельность, направленная на развитие у студентов разумного, рефлексивного мышления, способного выдвинуть новые идеи и увидеть новые возможности.

Подход разбора конкретных задач и ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами во время лекций, лабораторных занятий и анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что при исследовании и решении каждой конкретной задачи имеется, как правило, несколько методов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

<table>
<tr><td>Семестр</td><td>Вид занятия</td><td colspan="2">Используемые интерактивные образовательные технологии</td><td>Общее количество часов</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5</td><td rowspan="3">Л</td><td colspan="2">Слайд-лекции. Обсуждение сложных вопросов.</td><td>4</td></tr>
<tr><td>№</td><td>Тема</td><td>количество часов</td></tr>
</table>

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии		Общее количество часов
		1	Основные уравнения математической физики. Вывод уравнений и постановка краевых задач: задачи о малых колебаниях струны, упругого стержня	2
		2	Вывод уравнений распространения тепла, диффузии. Начальные и граничные условия. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара. Принцип суперпозиции для линейных задач математической физики	2
		3	Приведение дифференциального уравнения в частных производных второго порядка линейного относительно старших производных, к каноническому виду. Лемма о характеристиках	2
		4	Решение задачи Коши для дифференциального уравнения второго порядка гиперболического типа, формула Даламбера Корректность постановки задачи. Обобщенное решение	2
		5	Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности, формула Пуассона Корректность постановки задачи Коши. Функция Грина.	2
		6	Гармонические функции. Свойства гармонических функций. Краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа на плоскости методом разделения переменных (в круге и кольце)	2
		7	Принцип максимума для гармонических функций. Следствия	2
		8	Свойства объемного потенциала. Потенциалы простого и двойного слоя. Свойства поверхностных потенциалов	2
Итого:				16

Цель ***лекции*** – обзор методов построения математических моделей на основе уравнений в частных производных, знакомство с проблемами и аппаратом математической физики. На лекциях студенты получают общее представление о подходах и методах исследования и решения задач математической физики.

Цель ***лабораторного занятия*** – научить применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач.

Темы, задания и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лекционных и практических занятий.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами при проведении анализа результатов самостоятельной работы.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

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.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

4. Оценочные и методические материалы

4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, решения задач и подготовки индивидуального задания.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. примерные варианты самостоятельных заданий, задач и вопросов) и промежуточной аттестации (зачета и экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов по разделам, которые прорабатываются в процессе освоения курса, а также варианты контрольных работ. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы.

Оценка успеваемости осуществляется по результатам: контрольных работ, устного опроса при сдаче выполненных самостоятельных заданий.

Аттестация по учебной дисциплине проводится в виде зачета и экзамена. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Студент готовит ответы на билет в письменной форме в течение установленного времени. Далее экзамен протекает в форме собеседования.

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 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 обучающихся.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	компетенции	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Вывод основных уравнений математической физики. Постановка и классификация задач	**ИПК-1.1** (D/03.6 Зн.2) **ИПК-1.3 (**C/16.6 Зн.2) **ИПК-1.8** (A/01.5 Зн.2) **ИПК-1.9** (A/01.5 Зн.3) **ИПК-1.13** (A/27.6 У.1) **ИПК-1.16** (A/01.5 Тд.3) **ИПК-2.1** (A/01.5 Зн.1) **ИПК-2.2** (A/01.5 Зн.2) **ИПК-2.3** (A/01.5 Зн.3) **ИПК-2.10** (A/01.5 Тд.4)	*ПДР*	*ЭВ* (1–4)
2	Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	**ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) **ИПК-2.4** (A/01.5 Зн.4) **ИПК-2.6** (A/01.5 У.3)	*КР, ПДР*	*ЭВ* (5–7)
3	Уравнения гиперболического типа. Задача Коши	**ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) **ИПК-2.1** (A/01.5 Зн.1) **ИПК-2.6** (A/01.5 У.3)	*КР*	*ЭВ* (7–10)
4	Начально-граничные задачи для уравнений гиперболического и параболического типа	**ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) **ИПК-1.14** (A/01.5 У.3) **ИПК-2.1** (A/01.5 Зн.1) **ИПК-2.6** (A/01.5 У.3)	*ПДР, КР*	*ЭВ* (11–15)
5	Задача Коши для уравнения теплопроводности	**ИПК-1.3 (**C/16.6 Зн.2), **ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) **ИПК-2.6** (A/01.5 У.3)	*ПДР,УО*	*ЭВ* (16–17)
6	Гармонические функции. Краевые задачи для уравнений эллиптического типа.	**ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) **ИПК-1.14** (A/01.5 У.3) **ИПК-2.1** (A/01.5 Зн.1)	*ПДР*	*ЭВ* (18–24)
7	Теория потенциала	**ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) **ИПК-1.14** (A/01.5 У.3) **ИПК-2.2** (A/01.5 Зн.2) **ИПК-2.6** (A/01.5 У.3)	*ПДР*	*ЭВ* (25–29)
8	Вариационные методы в математической физике	**ИПК-1.5** (C/16.6 Зн.8 **ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.)) **ИПК-1.13** (A/27.6 У.1) **ИПК-1.14** (A/01.5 У.3) **ИПК-1.16** (A/01.5 Тд.3) **ИПК-2.1** (A/01.5 Зн.1) **ИПК-2.3** (A/01.5 Зн.3) **ИПК-2.4** (A/01.5 Зн.4) **ИПК-2.10** (A/01.5 Тд.4)	*ПД, УО*	*ЭВ* 30

Сокращения: *УО* – устный опрос, *ПДР* – проверка самостоятельной неаудиторной работы, *КР* – контрольная работа, *КЛ* – коллоквиум, *Т* – тест, *ЭВ* – экзаменационные вопросы

Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий			
Знать: **ИПК-1.1** (D/03.6 Зн.2) Типовые решения, математические модели, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения **ИПК-1.3** (C/16.6 Зн.2) Инструменты и методы проектирования и дизайна ИС **ИПК-1.5** (C/16.6 Зн.8) Основы программирования и информационных технологий **ИПК-1.8** (A/01.5 Зн.2) Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий **ИПК-1.9** (A/01.5 Зн.3) Методы и средства планирования и организации исследований и разработок в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий **ИПК-1.10** (A/01.5 Др.1 Зн.) Деятельность, направленная на решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач в области знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий *Уметь*: **ИПК-1.13** (A/27.6 У.1) Анализировать	*Знать:* основные понятия, категории, принципы и теоремы соответствующих разделов уравнений в частных производных, модели и приложения; *Уметь:* использовать математические методы и компьютерные технологии для решения стандартных задач математической физики. *Владеть:* методами решения стандартных задач математической физики, анализа уравнений математической физики. *Обучающийся показывает* не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при анализе уравнений математической физики. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания.	*Знать:* основные понятия, категории, принципы и теоремы соответствующих разделов уравнений в частных производных, модели и приложения и связи между ними; *Уметь:* выбрать и использовать математические методы и компьютерные технологии для решения стандартных задач математической физики, обосновать полученные результаты. *Владеть:* методами решения стандартных задач математической физики, в том числе повышенной сложности, анализа уравнений математической физики. *Обучающийся показывает* достаточный уровень профессиональных знаний, но допускает некоторые неточности и погрешности. Ответ построен достаточно логично, грамотно используются предметные термины, но в ответе присутствуют незначительные ошибки. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений.	*Знать*: основные понятия, категории, принципы и теоремы соответствующих разделов уравнений в частных производных, модели и приложения и связи между ними; *Уметь*: выбрать и использовать математические методы и компьютерные технологии для решения задач математической физики, в том числе нестандартных и повышенной сложности, обосновать и интерпретировать полученные результаты. *Владеть*: методами решения задач математической физики, в том числе нестандартных и повышенной сложности, анализа и интерпретации уравнений математической физики. *Обучающийся показывает* не только высокий уровень теоретических знаний по дисциплине, свободно оперирует понятиями, категориями, принципами и теоремами уравнений математической физики, но и умеет анализировать сложные задачи математической физики, увязывать знания, полученные при изучении различных дисциплин. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, аргументировано, грамотно используются термины математической физики.

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
входные данные **ИПК-1.14** (А/01.5 У.3) Применять методы анализа научно-технической информации с использованием базовых знаний математических и естественных наук, программирования и информационных технологий *Владеть :* **ИПК-1.16** (А/01.5 Тд.3) Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в области знаний математических и естественных наук, программирования и информационных технологий			На вопросы отвечает уверенно, по существу.
ПК2 Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности			
Знать: **ИПК-2.1** (А/01.5 Зн.1) Цели и задачи проводимых исследований и разработок в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.2** (А/01.5 Зн.2) Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности **ИПК-2.3** (А/01.5 Зн.3) Методы и средства планирования и организации исследований и разработок в конкретной области профессиональной деятельности ИПК-2.4 (А/01.5 Зн.4) Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации в конкретной области профессиональной деятельности	*Знать:* специфику задач решаемых с помощью уравнений в частных производных; методы решения линейных уравнений в частных производных; *Уметь:* формулировать и результаты решения задач; использовать электронные тематические ресурсы по изучаемой дисциплине *Владеть:* навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики *Обучающийся показывает* не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются	*Знать:* специфику задач решаемых с помощью уравнений в частных производных; методы решения линейных уравнений в частных производных; *Уметь:* формулировать и результаты решения задач; использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине *Владеть:* навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики *Обучающийся показывает* достаточный уровень профессиональных знаний, но допускает некоторые неточности и погрешности. Ответ построен достаточно логично, грамотно используются	*Знать:* специфику задач решаемых с помощью уравнений в частных производных; методы решения линейных уравнений в частных производных; *Уметь:* формулировать и результаты решения задач; использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине *Владеть:* навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики *Обучающийся показывает* систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы, безупречное владение

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Уметь: **ИПК-2.5** (А/01.5 У.2) Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ **ИПК-2.6** (А/01.5 У.3) Применять существующие методы анализа научно-технической информации в конкретной области профессиональной деятельности *Владеть* : **ИПК-2.10** (А/01.5 Тд.4) Подготовка под научным руководством предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов	недостаточно веские. Знает назначение прикладных пакетов, не использует их.	физические термины, но в ответе присутствуют незначительные ошибки. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений	инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении задач

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

Вопросы для устных опросов, тесты

Примерные задачи для самостоятельного решения по механике

1. Решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 4\,\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 16\,t^2,\ t > 0,\ x > 0,$$

$$u\big|_{t=0} = \frac{1}{6}x^4,\ \frac{\partial u}{\partial t}\bigg|_{t=0} = 2\sin x,\ u\big|_{x=0} = 4t^2.$$

2. Решить задачу:

$$y^2\,\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{2}{y}\,\frac{\partial u}{\partial y} = 0,\ y > 0,$$

$$u\big|_{y=1} = 1 - x,\ \frac{\partial u}{\partial y}\bigg|_{y=1} = 3.$$

3. Решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 4\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 6xt, x > 0, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = x^3, \left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0} = 0, u\big|_{x=0} = t^3.$$

4. Решить задачу:
$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2\frac{\partial u}{\partial x} + x + 2t, 0 < x < 1, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = e^x \sin \pi x, u\big|_{x=1} = u\big|_{x=0} = t.$$

5. Решить задачу:
$$\frac{\partial u}{\partial t} = 4\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + t + e^t, -\infty < x < \infty, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = 2.$$

6. Решить задачу:
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + e^x, -\infty < x < \infty, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = \sin x, \left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0} = x + \cos x.$$

7. Решить задачу:
$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 3t^2, -\infty < x < \infty, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = \sin x.$$

8. Решить задачу:
$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 9u = 4\sin^2 t \cos 3x - 9x^2 - 2, 0 < x < \pi,$$
$$u\big|_{t=0} = x^2 + 2, \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=0} = 0, \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=\pi} = 2\pi.$$

9. Решить задачу:
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2\frac{\partial u}{t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - u, t > 0, 0 < x < p,$$
$$u(x,0) = 0, \ \frac{\partial u(x,0)}{\partial t} = x, u(0,t) = u(p,t) = 0.$$

10. Решить задачу:
$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + e^{-t}\cos x, -\infty < x < \infty, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = \cos x.$$

11. Решить задачу:
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 9\left(\frac{\partial^2 u}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 u}{\partial^2 y}\right), t > 0, -\infty < x, y < \infty,$$
$$u(x, y, 0) = x^2 - y^2, \ \frac{\partial u(x, y, 0)}{\partial t} = xy.$$

12. Решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \Delta u + 2xyz, t > 0, -\infty < x, y, z < \infty,$$

$$u(x, y, 0) = x^2 + y^2 - 2z^2, \ \frac{\partial u(x, y, 0)}{\partial t} = 1.$$

13. Пользуясь интегральным преобразованием Лапласа решить задачу:

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u + B\cos x, 0 < x, y < \infty,$$

$$u(0, y) = Ae^{-3y}, \ \frac{\partial u(0, y)}{\partial x} = 0.$$

14. Пользуясь интегральным преобразованием Лапласа решить задачу:

$$4\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 9\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 36e^{2x}\sin 3t,$$

$$0 < x < \infty, t > 0, \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} = \sin 3t$$

$$u(0, t) = 0, \ u(x, 0) = 0, \frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 3xe^{2x}.$$

15. Найти функцию гармоническую внутри круга с центром в начале координат радиуса r=2 такую, что $u\big|_{r=2} = \sin 3\varphi \cos^2 \varphi$.

16. Найти функцию гармоническую внутри круга с центром в начале координат радиуса r=2 такую, что $u\big|_{r=2} = \sin 4\varphi \cos 8\varphi$.

17. Найти функцию гармоническую внутри кольца с центром в начале координат $1 < r < 2$ такую, что $u\big|_{r=1} = 3 + 2\sin 3\varphi$, $u\big|_{r=2} = \sin \varphi$.

18. Пользуясь интегральными преобразованиями Фурье с конечными пределами решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 9\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \sin t, 0 < x < l, t > 0,$$

$$u(x, 0) = \frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 0,$$

$$u(0, t) = \frac{\partial u(l, t)}{\partial x} = 0.$$

19. Пользуясь интегральными преобразованиями Фурье с конечными пределами решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + Ae^{-t}\cos\frac{\pi}{2l}x,$$

$$0 < x < l, \ t > 0, \ u(x, 0) = \frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 0,$$

$$\frac{\partial u(0, t)}{\partial x} = u(l, t) = 0.$$

20. Найти функцию, гармоническую внутри квадрата $0 < x < \pi, 0 < y < \pi$, постоянную на стороне $y = \pi$ ($u = u_0 = const$) и равную нулю на остальных сторонах.

Примерное содержание контрольных работ

1. Контрольная №1 (Приведение к каноническому и простейшему виду уравнений с двумя независимыми переменными).

Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания.

№№ 9–25 стр. 14, 16–25 стр.15.

2. Контрольная №2 (Метод Фурье решения смешанных и краевых задач).

Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания.

№№ 14,16 стр. 33, 19,21–23,26–29 стр.34.

Примерные задачи контрольной работы №1

Вариант 1

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $x<0$ б) $x^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6xy\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - 7y^2\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$u''_{xx} + 4u''_{xy} + 4u''_{yy} + 3u'_x + 6u'_y = 0.$

Вариант 2

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $x>0$ б) $x\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2\sqrt{xy}\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + y\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{1}{2}\frac{\partial u}{\partial y} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$u''_{xx} + 2u''_{xy} + 5u''_{yy} + \frac{1}{2}u'_x + 2u'_y = 0.$

Вариант 3

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $x^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2xy\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + y^2\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ б) $x^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - y\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 2\frac{\partial u}{\partial x} + u = 0.$ $y<0$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$3u''_{xx} - 5u''_{xy} - 2u''_{yy} + 3u'_x + u'_y = 0.$

Вариант 4

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $y^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + 4\frac{\partial u}{\partial y} + 2\frac{\partial u}{\partial x} - u = 0.$ $x<0$ б) $y^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6xy\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 9x^2\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$$u''_{xx} + 4u''_{xy} + 5u''_{yy} + u'_x - u'_y + 4u = 0.$$

Вариант 5

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $x\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $x<0$ б)

$$y\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2\sqrt{xy}\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sqrt{x}} - \sqrt{y}\right)\frac{\partial u}{\partial y} = 0.$$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$$2u''_{xx} - 7u''_{xy} + 6u''_{yy} + 3u'_x + 5u = 0.$$

Вариант 6

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $x\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $x>0$ б) $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2x\dfrac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + x^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 2\dfrac{\partial u}{\partial y} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$$u''_{xx} - 6u''_{xy} + 25u''_{yy} + 4u'_x + 8u'_y = 0.$$

Вариант 7

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $y^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2xy\dfrac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + x^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ б) $y\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $x>0,\ y>0$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$$u''_{xx} - 2u''_{xy} - 3u''_{yy} + u'_y = 0.$$

Вариант 8

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + y\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $y>0$ б) $y^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6xy\dfrac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 5x^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$$u''_{xx} + 2u''_{xy} + u''_{yy} + 3u'_x - 5u'_y + 4u = 0.$$

Вариант 9

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + y\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $y<0$ б) $y^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} + 2x\dfrac{\partial u}{\partial x} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

$$4u''_{xx} - 4u''_{xy} + u''_{yy} + 6u'_x + 5u'_y = 0.$$

Вариант 10

1. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2y\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + y^2\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 2\frac{\partial u}{\partial x} = 0.$ б) $x\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + y\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$ $x<0, y<0$

2. Привести к простейшему виду уравнение:
$u''_{xx} + 3u''_{xy} + 2u''_{yy} + 3u'_x - 3u'_y - u = 0.$

Вариант 11

1. Привести к каноническому виду уравнения:
а) $xy\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{y}{2}\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{2y}\frac{\partial u}{\partial y} = 0.$ $x>0, y<0$ б)

$y^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 4xy\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 5x^2\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:
$u''_{xx} - 2u''_{xy} + u''_{yy} + 9u'_x + 9u'_y - 9u = 0.$

Вариант 12

1. Привести к каноническому виду уравнения:
а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + xy\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{x}{2}\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{1}{2x}\frac{\partial u}{\partial x} = 0.$ $x<0, y<0$ б)

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

2. Привести к простейшему виду уравнение:
$u''_{xx} + 4u''_{xy} + 3u''_{yy} + 5u'_x + u'_y + 4u = 0.$

Примерные задачи контрольной работы №2

Вариант 1

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = 36u_{xx}, t > 0, 0 < x < 1,\ u(0,t) = 0,\ u(1,t) = 0,\ u(x,0) = 5\sin \pi x 0,\ u_t(x,0) = 0.$

б) $u_t = u_{xx} + u + xt(2-t), t > 0, 0 < x < \pi,\ u_x(0,t) = t^2,\ u_x(\pi,t) = t^2, u(x,0) = \cos 2x.$

Вариант 2

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = 16u_{xx}, t > 0, 0 < x < 1,\ u_x(0,t) = 0,\ u(1,t) = 0,\ u(x,0) = \cos\frac{3\pi}{2}x,\ u_t(x,o) = \cos\frac{\pi}{2}x.$

б) $u_t = u_{xx} + u, t > 0, 0 < x < l,\ u(0,t) = 0,\ u(l,t) = 0, u(x,0) = 1.$

Вариант 3

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = 4u_{xx} + t, t > 0, 0 < x < l,\ u_x(0,t) = 0,\ u_x(l,t) = t, u(x,0) = 0,\ u_t(x,0) = 0.$

б) $u_t = 9u_{xx} + 2u, t > 0, 0 < x < l,\ u(0,t) = 0,\ u(l,t) = 0, u(x,0) = 1.$

Вариант 4

Решить смешанную задачу

а) $u_{tt} = 9u_{xx} + e^{-t}, t > 0, 0 < x < \pi$, $u(0,t) = 0$, $u_x(\pi,t) = 0, u(x,0) = 0$, $u_t(x,o) = 1 - x.$

б) $u_t = u_{xx} - 4u + sin\frac{2\pi}{l}, t > 0, 0 < x < l$, $u(0,t) = 0$, $u(l,t) = 0, u(x,0) = x.$

Вариант 5

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} + 2u_t = u_{xx} - u, t > 0, 0 < x < \pi$, $u(0,t) = 0$, $u(\pi,t) = t, u(x,0) = \pi x - x^2$, $u_t(x,0) = 0.$

б), $u_{tt} = 9u_{xx}, t > 0, 0 < x < 1$, $u(0,t) = t + 1$, $u(1,t) = t^3 + 2, u(x,0) = x + 1$, $u_t(x,0) = 0.$

Вариант 6

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = u_{xx} - 2u_t - u, t > 0, 0 < x < \pi$, $u(0,t) = 0$, $u(\pi,t) = 0, u(x,0) = 0$, $u_t(x,0) = x.$

б) $u_t = u_{xx}, t > 0, 0 < x < \frac{\pi}{2}$, $u_x(0,t) = 0$, $u\left(\frac{\pi}{2}, t\right) = 0, u(x,0) = \pi/2 - x.$

Вариант 7

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = 36u_{xx} + 9\,sint, t > 0, 0 < x < l$, $u(0,t) = 0$, $u_x(l,t) = 0, u(x,0) = x, u_t(x,0) = 0$.

б) $u_t = u_{xx} - t\cos x, t > 0, 0 < x < \frac{\pi}{2}$, $u_x(0,t) = 0$, $u\left(\frac{\pi}{2}, t\right) = 0, u(x,0) = \pi/2 - x.$

Вариант 8

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = u_{xx} + x, t > 0, 0 < x < \pi$, $u(0,t) = 0$, $u(\pi,t) = 0, u(x,0) = \sin 2x$, $u_t(x,0) = 0.$

б) $u_t = 4u_{xx} + u + xt(2 - t), t > 0, 0 < x < \pi$, $u_x(0,t) = t^2$, $u_x(\pi,t) = t^2, u(x,0) = \cos x.$

Вариант 9

Решить смешанные задачи

а) $u_{tt} = u_{xx} + xe^{-t}, t > 0, 0 < x < 1$, $u(0,t) = 0$, $u_x(1,t) = 0, u(x,0) = 0$, $u_t(x,0) = 1 - x.$

б) $u_t = u_{xx} - 4u, t > 0, 0 < x < \pi$, $u(0,t) = 0$, $u(\pi,t) = 0, u(x,0) = x^2 - \pi x.$

Вариант 10

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = 25u_{xx} + x\,sint, t > 0, 0 < x < 1$, $u(0,t) = 0$, $u(1,t) = 0, u(x,0) = 0$, $u_t(x,0) = 0.$

б) $u_t = u_{xx} - u, t > 0, 0 < x < l$, $u(0,t) = 0$, $u(l,t) = 0, u(x,0) = (l - x)x.$

Вариант 11

Решить смешанные задачи:

а) $u_{tt} = 16u_{xx} + 5\sin t, t > 0, 0 < x < l$, $u(0,t) = 0$, $u_x(l,t) = 0, u(x,0) = x$, $u_t(x,0) = 0$.

б) $u_t = u_{xx}, t > 0, 0 < x < \frac{\pi}{2}$, $u_x(0,t) = 0$, $u\left(\frac{\pi}{2}, t\right) = 0, u(x,0) = \pi/2 - 2x$.

Вариант 12

Решить смешанные задачи:

а) $25u_{tt} = 4u_{xx}, t > 0, 0 < x < 2$, $u(0,t) = 0$, $u_x(2,t) = 0, u(x,0) = \sin\frac{\pi}{4}x$, $u_t(x,0) = \cos\frac{3\pi}{2}x$.

б) $u_t = u_{xx} - e^{-t}\sin 3x, t > 0, 0 < x < \pi$, $u(x,0) = 0$, $u(0,\mathrm{t}) = 0, u_x(\pi,t) = 0$.

Примерные формулировки индивидуальных заданий

1. Воспользоваться средствами математических пакетов для решения задачи и визуализации результатов.

На круглую мембрану, закрепленную по краю, действует внешняя гармоническая сила $q(x,t) = \rho\sin\omega t$, непрерывно распределенная по всей площади мембраны. Проверить, что вынужденные колебания мембраны выражаются равенством (R – радиус мембраны)

$$u = \frac{1}{\omega^2}\left[\frac{J_0\left(\frac{\omega}{v}r\right)}{J_0\left(\frac{\omega}{v}R\right)} - 1\right]\sin\omega t\,.$$

2. Воспользоваться средствами математических пакетов для решения задачи и визуализации результатов

Найти температуру круглого бесконечного цилиндра радиуса a при условии, что на его поверхности поддерживается температуру, равная нулю, а начальная температура равна $u\big|_{t=0} = U_0\left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)$.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

Примеры зачетных заданий

Вариант 1

1. Поставить краевую задачу:

Упругий стержень переменного сечения $S(x)$, концы которого упруго закреплены (коэффициент упругого закрепления k), совершает свободные малые продольные колебания, вызванные некоторым начальным возмущением. Плотность массы равна $\rho(x)$, модуль упругости – $E(x)$.

2. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$, $x<0$;

б) $u''_{xx} + 4u''_{xy} + 4u''_{yy} + 3u'_x + 6u'_y = 0.$

Вариант 2

1. Поставить краевую задачу:

Боковая поверхность стержня $0 \le x \le l$ теплоизолирована. Начальная температура стержня нулевая, один конец поддерживается при нулевой температуре, а другой теплоизолирован и с момента $t = 0$ действует распределенный внутренний источник тепла мощности $q(x)$.

2. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$, $x>0$;

б) $u''_{xx} + 2u''_{xy} + 5u''_{yy} + \frac{1}{2}u'_x + 2u'_y = 0.$

Вариант 3

1. Поставить краевую задачу:

Боковая поверхность стержня теплоизолирована, а на концах происходит конвективный теплообмен со средами, температура которых u_1 и u_2. Начальная температура стержня нулевая

2. Привести к каноническому виду уравнения:

а) $x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2xy \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + y^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$

б) $3u''_{xx} - 5u''_{xy} - 2u''_{yy} + 3u'_x + u'_y = 0.$

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Понятие дифференциального уравнения с частными производными. Постановка задач математической физики. Типы краевых условий.
2. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара.
3. Вывод уравнения колебания струны. Примеры других уравнений математической физики.
4. Вывод уравнения теплопроводности.
5. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных (общий случай).
6. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными. Характеристическая поверхность. Примеры характеристик.
7. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными (гиперболического типа, параболического типа, эллиптического типа).
8. Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Д'Аламбера. Физическая интерпретация.
9. Корректность постановки задачи Коши для одномерного волнового уравнения.
10. Решение задачи Коши на плоскости и в пространстве. Формулы Пуассона и Кирхгофа. Физическая интерпретация.
11. Задача Штурма–Лиувилля. Нахождение собственных значений и собственных функций. Определение функции Грина для оператора Штурма–Лиувилля

12. Метод Фурье решения смешанных задач для волнового уравнения (для однородных и неоднородных уравнений и граничных условий).

13. Примеры решения смешанных задач. Задача о свободных колебаниях струны с закрепленными концами. Физическая интерпретация.

14. Принцип максимума для уравнения теплопроводности.

15. Решение начально-краевых задач для дифференциального уравнения уравнения теплопроводности (однородного и неоднородного).

16. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности.

17. Задачи на полупрямой для уравнения теплопроводности. Метод функций Грина.

18. Гармонические функции. Свойства гармонических функций. Краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона.

19. Принцип максимума для гармонических функций.

20. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа на плоскости методом разделения переменных в круге.

21. Метод функций Грина решения краевых задач для уравнения Лапласа.

22. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом разделения переменных (внутренняя задача в шаре).

23. Сферические (шаровые) функции. Полиномы Лежандра, сферические функции Лежандра.

24. Производящая функция для полиномов Лежандра, рекуррентные формулы, задача Штурма–Лиувилля, связанная с полиномами Лежандра.

25. Ньютонов (объёмный) потенциал как решение уравнения Пуассона. Свойства объемного потенциала.

26. Потенциалы простого и двойного слоя. Свойства поверхностных потенциалов.

27. Интегральные уравнения: классификация, ядро интегрального оператора, характеристические числа и собственные функции, сопряженные уравнения.

28. Уравнения Фредгольма I и II рода. Теоремы Фредгольма.

29. Сведение краевых задач для уравнения Лапласа и интергальным уравнениям.

30. Вариационные методы в математической физике. Основные понятия вариационного исчисления: постановка задачи, уравнение Эйлера–Лагранжа.

Примеры экзаменационных задач

1. Найти функцию $u(x,t)$, описывающую процесс малых поперечных колебаний однородной струны $(0,l)$, закрепленной на концах. Начальные смещения описываются функцией $3\sin\frac{2\pi x}{l}+5\sin\frac{7\pi x}{l}$. Начальная скорость равна нулю. (Силу натяжения и плотность струны считать равными единице)

2. Струна с закрепленными концами $(0,\pi)$ колеблется под действием силы, распределенной с плотностью $f(x,t)=\sin t$. Найти отклонения $u(x,t)$ струны, если в начальный момент отклонения точек струны равны нулю, а начальные скорости описываются функцией $\psi(x)=x$. (Силу натяжения и плотность струны считать равными единице).

3. К однородному стержню ($k=9$, $\rho=1$) единичной длины приложена сила, распределенная с плотностью $f(x,t)=xe^{-t}$, действующая с момента $t=0$. Найти отклонения стержня $u(x,t)$, предполагая, что начальные скорости точек стержня равны нулю, а начальные отклонения описываются функцией $\psi(x)=x$. Левый конец стержня жестко закреплен, правый – свободен. Площадь поперечного сечения считать равной 1.

4. Стержень $(0,l)$ совершает малые продольные колебания под действием гармонической силы, распределенной с плотностью $f(x,t)=\sin t$. Найти отклонения стержня ($k=4$, $\rho=1$) $u(x,t)$, предполагая начальные условия нулевыми. Отклонения левого конца

стержня описываются функцией $f(x,t)=t$, правый конец стержня свободен. Площадь поперечного сечения считать равной 1.

5. Найти функцию, гармоническую в круге, радиуса 4, принимающую на его границе значения $u(x,y)=x^2$.

4.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Методические рекомендации к сдаче экзамена

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенции студента при изучении дисциплины или ее части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков при решении практических задач. Экзамены проводятся по расписанию, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание экзаменов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. Экзамены принимаются преподавателями, ведущими лекционные занятия. В отдельных случаях при большом количестве групп у одного лектора или при большой численности группы с разрешения заведующего кафедрой допускается привлечение в помощь основному лектору преподавателя, проводившего практические занятия в группах.

Экзамены проводятся в устной форме. Экзамен проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине. Студентам на экзамене предоставляется право выбрать один из билетов. Время подготовки к ответу составляет 60 минут. По истечении установленного времени студент должен ответить на вопросы экзаменационного билета и предоставить решение задач. Результаты экзамена оцениваются по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку. В зачетную книжку заносятся только положительные оценки.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания на экзамене:

Оценка «*отлично*»:

– систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;

– точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;

– безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и практических задач;

– выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;

– полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;

– умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;

–творческая самостоятельная работа на практических занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;

– высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «*хорошо*»:

– достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;

– умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;

– использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

– владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

– усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;

– самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, средний уровень культуры исполнения заданий;

– средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «*удовлетворительно*»:

– достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;

– усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;

– умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;

– использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

– владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;

– умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;

– работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;

– достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «*неудовлетворительно*»:

– фрагментарные знания по дисциплине;

– отказ от ответа;

– знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;

– неумение использовать научную терминологию;

– наличие грубых ошибок;

– низкий уровень культуры исполнения заданий;

–низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

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 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 обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1 Учебная литература

Основная литература:

1. 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.

2. Лесин В.В. Уравнения математической физики. М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. 240 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=520539

3. Олейник, О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Лаборатория знаний, 2015. 263 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/70703.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах.

Дополнительная литература:

1. 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. Будак 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.

2. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 399 с.

3. Голоскоков, Д.П. Курс математической физики с использование пакета MAPLE. СПб.: Лань, 2015. 575 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/67461.

4. Деревич И.В. Практикум по уравнениям математической физики. СПб.: Лань, 2017. 428 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95131

5. Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. Краснодар: Изд-во Кубанского госуниверситета, 2002.

5. Ильин А.М. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 192 с. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2181#book_name.
6. Тихонов А.Н., А.А. Самарский. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 2004. 798 с.

5.2. Периодическая литература

Не используются

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. Scopus http://www.scopus.com/
2. Научная электронная библиотека (НЭБ) http://www.elibrary.ru/
3. Springer Materials http://materials.springer.com/
4. zbMath https://zbmath.org/

Ресурсы свободного доступа:
1. Мир математических уравнений EqWorld. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm
2. Физика, химия, математика. http://www.ph4s.ru/index.html
3. Journal of Mathematical Physics. Online ISSN 1089-7658. http://jmp.aip.org
4. Словари и энциклопедии http://dic.academic.ru/;

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/

5.4 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень информационных технологий

1. Проверка индивидуальных заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Использование электронных презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий.
3. Использование математических пакетов при выполнении индивидуальных заданий.

Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.
4. Математический пакет Matlab.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении курса «Уравнения в частных производных» необходимо активизировать остаточные знания студентов по таким математическим дисциплинам, как математический анализ и дифференциальные уравнения.

Чтобы изложение было понятным, следует акцентировать внимание не столько на формальных моментах доказательств, сколько на движущих ими идеях.

Необходимо отметить практическую значимость соответствующих проблем, обратить внимание на требования, предъявляемые к современному специалисту. В изучении курса следует акцентировать внимание на двух моментах: на изучении постановки граничных задач и на изучении основных аналитических методов их решения.

В связи с тем, что программа курса предусматривает большое количество часов, выделенных на самостоятельную работу, целесообразно ознакомить студентов с литературными и электронными источниками по разбираемым темам, а также материалами, в которых разобрано решение большого количества конкретных задач или приведена методика их решения, а также описаны возможности применения инструментария среды.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Перечень разделов для самостоятельного изучения приведен в разделе 2.5.

Вопросы для самоконтроля по разделам

Раздел 1.

1. Напишите общий вид линейного дифференциального уравнения второго порядка.
2. Выведите уравнение поперечных колебаний струны (продольных колебаний стержня).
3. Какое уравнение называется квазилинейным дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка?
4. Приведите примеры граничных условий для уравнения продольных колебаний стержня.
5. Выведите уравнение теплопроводности.
6. Приведите примеры граничных условий для уравнения теплопроводности.
7. Напишите общий вид стационарного уравнения.
8. Что понимается под корректностью постановки задачи математической физики?
9. Приведите пример некорректно поставленной задачи.
10. В чем заключается принцип суперпозиции линейных задач математической физики?

Раздел 2.

1. Какое уравнение называется уравнением гиперболического (параболического, эллиптического) типа?
2. Запишите канонический вид уравнения гиперболического (параболического, эллиптического) типа?
3. Какие физические процессы описывает уравнение гиперболического (параболического, эллиптического) типа?
4. К какому типу уравнений относится уравнение Лапласа (Пуассона)?
5. К какому типу относится уравнение теплопроводности?
6. К какому типу относится волновое уравнение?
7. Запишите общий вид характеристического уравнения для линейного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.

8. Какие характеристики имеет одномерное волновое уравнение?
9. Какие характеристики имеет двумерное уравнение Лапласа?
10. Какие характеристики имеет одномерное уравнение теплопроводности?

Раздел 3.

1. Что называется задачей Коши? Для какого типа уравнений ставится задача Коши? Приведите примеры.
2. Выведите формулу Д'Аламбера решения задачи Коши для волнового уравнения.
3. Докажите, что формула Д'Аламбера дает обобщенное решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения
4. Докажите единственность решения задачи Коши для волнового уравнения.
5. Дайте физическую интерпретацию общего решения волнового уравнения.
6. Сформулируйте смешанные задачи для одномерного волнового уравнения на примерах поперечных колебаний струны и продольных колебаний стержня.
7. В чем состоит идея метода продолжения решения задач для волнового уравнения на полупрямой?
8. Сформулируйте задачу о распространении краевого режима, для случая, когда задан режим колебаний конца полуограниченного стержня.
9. Используя формулу Пуассона решения задачи Коши для волнового уравнения в пространстве, получите решение соответствующей задачи на плоскости методом покоординатного спуска.
10. Дайте физическую интерпретацию решения задачи о малых поперечных колебаниях струны с закрепленными концами.

Раздел 4.

1. Сформулируйте задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности.
2. Приведите примеры условий на бесконечности для задач в неограниченных областях для уравнения теплопроводности.
3. Приведите формулу Пуассона решения задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности.
4. Дайте физическую интерпретацию функции Грина задачи Коши для уравнения теплопроводности.
5. Запишите фундаментальное решение одномерного уравнения теплопроводности.
6. Пользуясь методом отражения, постройте функцию влияния мгновенного точечного источника для полуограниченного стержня с теплоизолированной боковой поверхностью при граничных условиях I и II рода.
7. Приведите основные свойства δ-функции Дирака.
8. Запишите фундаментальное решение одномерного уравнения теплопроводности.
9. Постройте функцию Грина уравнения теплопроводности в пространстве.
10. Докажите единственность решения начально-краевых задач для трехмерного уравнения теплопроводности с помощью формулы Грина.

Раздел 5.

1. Сформулируйте задачу Штурма–Лиувилля.
2. Что называется собственной функцией задачи Штурма–Лиувилля?
3. Что такое собственное значение задачи Штурма–Лиувилля?
4. Что называется спектром задачи Штурма–Лиувилля? Какие спектры возможны?

5. Сколько собственных функций могут соответствовать данному собственному значению?
6. Что называется смешанной (начально-краевой) задачей? Приведите примеры.
7. Какие условия называют граничными условиями I (II, III) рода?
8. Сформулируйте смешанные задачи для одномерного волнового уравнения на примерах поперечных колебаний струны и продольных колебаний стержня.
9. Приведите схему применения метода Фурье для волнового уравнения в случае неоднородных граничных условий.
10. Дайте физическую интерпретацию решения задачи о малых поперечных колебаниях струны с закрепленными концами.

Раздел 6.

1. Дайте определение гармонической функции в конечной и бесконечной областях.
2. Приведите примеры функций, гармонических в конечной и бесконечной областях.
3. Перечислите свойства гармонических функций.
4. К какому типу относится уравнение Лапласа (Пуассона)?
5. Сформулируйте принцип максимума для гармонических функций.
6. Сформулируйте внутреннюю задачу Дирихле для уравнения Пуассона в произвольной трехмерной области.
7. Приведите вид уравнения Лапласа в сферических и цилиндрических координатах.
8. Сформулируйте внутреннюю задачу Неймана для уравнения Лапласа в произвольной трехмерной области.
9. Приведите схему применения метода Фурье решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге.
10. Сформулируйте внешнюю задачу III рода для уравнения Лапласа.

Раздел 7.

1. Дайте определение объемного потенциала.
2. Дайте определение потенциалов простого и двойного слоя.
3. Перечислите свойства объемного потенциала.
4. Какими свойствами обладает потенциал простого слоя?
5. Какими свойствами обладает потенциал двойного слоя?
6. Сформулируйте теорему о разрывности потенциала двойного слоя.
7. Является ли нормальная производная потенциала простого слоя непрерывной функцией?
8. Приведите схему сведения внутренних задач Дирихле и Неймана к интегральным уравнениям.
9. Приведите схему сведения внешних задач Дирихле и Неймана к интегральным уравнениям.
10. Сформулируйте условие разрешимости внутренней задачи Неймана для уравнения Лапласа.

Раздел 8.

1. Какие задачи решает вариационное исчисление? Приведите примеры вариационных задач.
2. Что называется функционалом? Приведите примеры функционалов.
3. Что называется вариацией аргумента функционала? Что называется вариацией функционала?

4. Сформулируйте простейшую вариационную задачу.
5. Дайте определение экстремума функционала.
6. Что такое сильный (слабый) экстремум?
7. Какие функции называют линейно независимыми?
8. Дайте определение полноты системы функций.
9. Какое условие называют условием стационарности функционала?
10. Приведите формулу для вариации функционала в случае простейшей вариационной задачи.

Примеры задач для самостоятельного решения

1. Решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 4\,\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 16\,t^2, t > 0, x > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = \frac{1}{6}x^4, \left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0} = 2\,sin\;\; x, u\big|_{x=0} = 4t^2.$$

2. Решить задачу:

$$y^2\,\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{2}{y}\frac{\partial u}{\partial y} = 0, y > 0,$$
$$u\big|_{y=1} = 1 - x, \left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{y=1} = 3.$$

3. Решить задачу:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 4\,\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + t + e^t, -\infty < x < \infty, t > 0,$$
$$u\big|_{t=0} = 2.$$

4. Найти функцию гармоническую внутри круга с центром в начале координат радиуса r=2 такую, что $u\big|_{r=2} = \sin 4\varphi \cos 8\varphi$.

5. Пользуясь интегральными преобразованиями Фурье с конечными пределами решить задачу:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 9\,\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \sin t, 0 < x < l, t > 0,$$
$$u(x,0) = \frac{\partial u(x,0)}{\partial t} = 0,$$
$$u(0,t) = \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} = 0.$$

Поиск информации для ответов на вопросы для самостоятельной работы и выполнения заданий в некоторых случаях предполагает не только изучение основной учебной литературы, но и привлечение дополнительной литературы, а также использование ресурсов сети Интернет.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта

между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), соответствующим программным обеспечением, а также необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307).
2.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с лицензионным программным обеспечением, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 101, 102, 106, 106а, 105/1, 107(2), 107(3), 107(5), А301).
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория для семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131).
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья) (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307, 147, 148, 149, 150, 100С, А301б, А512), компьютерами с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет (106, 106а, А301)
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения, обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, необходимой мебелью (столы, стулья). (Аудитория 102а, читальный зал).

Компьютерная поддержка учебного процесса по направлению 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем обеспечивается по всем дисциплинам. Факультет компьютерных технологий и прикладной математики, оснащен компьютерными классами, установлена локальная сеть, все компьютеры факультета подключены к сети Интернет. Студентам доступны современные ПЭВМ, современное лицензионное программное обеспечение.

Студенты и преподаватели вуза имеют постоянный доступ к электронному каталогу учебной и методической литературе

Примечание: Конткретизация аудиторий и их оснащение определяется ОПОП.