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.
«__» 05 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.25 УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Направление подготовки **01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) Математическое моделирование в естествознании и технологиях

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины «УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению **01.03.02 Прикладная математика и информатика**, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 9 от 10 января 2018 г.

Программу составил:

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

Рабочая программа дисциплины «Уравнения математической физики» утверждена на заседании кафедры математического моделирования
протокол № 11 «10» апреля 2019 г.

Заведующий кафедрой математического моделирования акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. Бабешко В.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики
протокол № 1 «15» мая 2019 г.

Председатель УМК факультета
канд. экон. наук, доцент Коваленко А.В.

Рецензенты:

Калайдин Е.Н., д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой «Математика и информатика» Финансового университета при Правительстве РФ (Краснодарский филиал)

Уртенов М.Х., д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой прикладной математики КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Данная дисциплина ставит своей целью изучение фундаментальных основ теории уравнений математической физики 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 ОПК-1, ОПК-3, ПК-2.

1.2 Задачи дисциплины

Основные **задачи** дисциплины:

– усвоение основных идей, понятий и фактов уравнений математической физики, необходимых для решения теоретических и прикладных задач применения дисциплины;

– формирование навыков формулировать и решать задачи математической физики, создавать и использовать математические модели процессов и объектов;

– расширение и углубление теоретических знаний и развитие логического мышления; подъем общего уровня математической культуры;

– формирование творческого подхода к изучению физических процессов.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Уравнения математической физики» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана подготовки бакалавра. Место курса в подготовке выпускника определяется выдающейся ролью методов и идей уравнений математической физики в формировании специалиста по любой области знаний, серьезно использующей математику; кроме того, многие дискретные, "конечные" модели, задачи и алгоритмы, характерные для данной специальности, имеют своим источником, прообразом или предельным случаем ту или иную бесконечномерную ситуацию, а потому требуют свободного владения идеями и подходами, выработанными в математической физике. Данный курс наиболее тесно связан с теорией дифференциальных уравнений, поскольку большинство уравнений математической физики сводятся тем или иным способом к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

Необходимым требованием к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося при освоении данной дисциплины, приобретенным в результате изучения предшествующих дисциплин, является освоения курсов математического анализа, алгебры и аналитической геометрии и дифференциальных уравнений, в объеме, предусмотренном для соответствующей специальности.

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

Программа определяет общий объем знаний, позволяющий сформировать у студента целостное представление об основных моделях и методах математической физики, обеспечивающих широкий спектр их применений. Вместе с тем, изложение ряда разделов курса неизбежно имеет, в основном, информационный характер. В результате изучения дисциплины студент должен

– знать значение основных теорем теории уравнений математической физики (теоремы существования и единственности решения задач Коши основных типов, начально-краевых задач основных типов, теоремы о непрерывной зависимости решения задач Коши от начальных данных и параметров), представлять специфику задач решаемых с помощью уравнений математической физики;

– уметь находить решения: общие для основных типов дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка, задач Коши для уравнений параболического и гиперболического типов, начально-краевых задач для уравнений параболического и гиперболического типов в ограниченных областях, внешних и внутренних краевых задач для уравнений эллиптического типа, уметь доказывать изучаемые теоремы;

– владеть основными методами решения начальных и краевых задач для уравнений математической физики и быть способным перевести конкретную прикладную задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными или интегральных уравнений и определить пути ее решения.

Требования к уровню освоения содержания курса определяются вышесказанным, содержание курса должно быть усвоено настолько глубоко и основательно, чтобы обеспечить потребности смежных курсов, а также активное владение методами математической физики, которые могут встретиться в дальнейшей практической работе выпускника.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на овладение обучающимся следующими компетенциями:

Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		знать	**уметь**	**владеть**
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	– основные задачи, уравнения и методы математической физики; физический смысл основных понятий и фактов математической физики и сферы их применения	– корректно поставить задачу и определить краевые условия; аналитически и численно решать основные задачи математической физики и корректно интерпретировать полученные результаты.	– основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных
ОПК-3	Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	– математические формулировки основных понятий и утверждений – математические модели основных приложений теории дифференциальных уравнений – основные методы решения задач	– строить простейшие математические модели стандартных физических процессов – перевести задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными; – находить решения: общие для основных типов дифференциальных	– навыками решения задачи и интерпретации результатов в терминах прикладной области; – научно-методическим аппаратом теории дифференциальных уравнений – навыками доказательства основных

Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		знать	**уметь**	**владеть**
		математической физики – основные прикладные пакеты, используемые для решения уравнений в частных производных.	уравнений с частными производными второго порядка; – выбирать методы решения поставленной задачи; – содержательно интерпретировать результаты; – использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине	утверждений; – навыками построения простейших математических моделей физических процессов; – методами исследования моделей физических процессов – навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики
ПК-2	Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках	– методы численного анализа, иметь четкое представление о видах математических моделей, основанных на численных методах, о способах их построений, о численных методах реализации математических моделей. – методы и способы поиска необходимой информации, математические ресурсы библиотек и сети Интернет по методам математической физики.	– разрабатывать алгоритм применяемого метода решения; – применять на практике методы численного анализа; реализовать численный алгоритм программно с помощью инструментальных средств и прикладных программ; – анализировать полученные результаты. – пользоваться справочной математической литературой по математической физике и соответствующими ресурсами сети Интернет	– самостоятельно осуществлять выбор методики решения и построения алгоритма той или иной задачи; – давать полный анализ результатов решения и оценивать границы применимости выбранного метода – основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных. – методами и приемами получения и систематизации знаний в области математической физики

Процесс освоения дисциплины «Уравнения математической физики» 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 математики и информатики.

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 академических часа. Курс «Уравнения математической физики» состоит из лекционных и практических занятий, сопровождаемых регулярной индивидуальной работой преподавателя со студентами в процессе самостоятельной работы. В конце 5 семестра проводится зачет, в конце 6 семестра – зачет, экзамен. Программой дисциплины предусмотрены 34 часов лекционных, 34 часов практических занятий и 4 часа контролируемой самостоятельной работы, а также 35,8 часов самостоятельной работы в 5 семестре, 48 часов лекционных, 48 часов практических занятий и 9,8 часов самостоятельной работы – в 6 семестре и 35,7 часов подготовки к экзамену.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			5	6
Контактная работа (всего)		**170,7**	**72,2**	**96,5**
В том числе:				
Занятия лекционного типа		82	34	48
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		82	34	48
Лабораторные занятия		–	–	–
Иная контактная работа:				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	4	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,7	0,2	0,5
Самостоятельная работа (всего)		**45,6**	**35,8**	**9,8**
В том числе:				
Курсовая работа		–	–	–
Проработка учебного (теоретического) материала		20	20	–
Подготовка к текущему контролю		25,6	15,8	9,8
–				
Подготовка к экзамену		35,7	–	35,7
Общая трудоемкость	**час.**	**252**	**108**	**144**
	в том числе контактная работа	**174,7**	**72,2**	**98,5**
	зач. ед	**7**	**3**	**4**

2.2 Структура дисциплины:

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

№	Наименование разделов	Количество часов			
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	СРС
1	Постановка и классификация задач математической физики	32	10	14	8

№	Наименование разделов	Количество часов			
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	СРС
2	Уравнения гиперболического типа. Основные задачи и методы их решения	50	18	16	14
3	Вариационные методы в математической физике	18	4	4	12
4	Обзор пройденного материала и прием зачета	3,8	2	–	1,8
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	–	–	–
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	–	–	–
Итого:		**108**	**34**	**34**	**35,8**

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре.

№	Наименование разделов	Количество часов			
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	СРС
1	Постановка и классификация задач математической физики	32	10	14	8
2	Уравнения гиперболического типа. Основные задачи и методы их решения	50	18	16	14
3	Вариационные методы в математической физике	18	4	4	12
4	Обзор пройденного материала и прием зачета	3,8	2	–	1,8
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	–	–	–
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	–	–	–
Итого:		**108**	**34**	**34**	**35,8**

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия, СРС – самостоятельная работа студента, КСР – контролируемая самостоятельная работа.

2.3 Содержание разделов дисциплины:

Сместр 5

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Постановка и классификация задач математической физики	Предмет и задачи математической физике, ее место в естествознании. Вывод основных уравнений математической физики. Начальные и граничные условия. Постановка задач. Задача Коши. Теорема Ковалевской. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара. Понятие обобщенных решений задач математической физики и пространства Соболева. Принцип суперпозиции для линейных задач математической физики. Классификация уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных. Характеристики.	Контрольная работа (1), опрос по результатам выполнения домашних и самостоятельных работ

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
		Приведение уравнений к каноническому виду.	
2.	Уравнения гиперболического типа. Основные задачи и методы их решения	Задача Коши для волнового уравнения. Формула Даламбера. Существование, единственность, устойчивость решения. Обобщенное решение. Решение задач на полупрямой. Формулы Пуассона и Кирхгофа. Корректность постановки задачи Коши для волнового уравнения. Задача Коши для неоднородного уравнения. Краевые задачи для волнового уравнения. Формулы Грина. Теоремы единственности, устойчивости. Задача Штурма–Лиувилля. Метод разделения переменных (Фурье). Теоремы существования. Решение неоднородных задач методом Фурье. Функции Бесселя. Задача о колебании круглой мембраны.	Контрольная работа (2), опрос по результатам выполнения домаш. и самост. работ
3.	Вариационные методы в математической физике	Основные понятия вариационного исчисления: постановка задачи, уравнение Эйлера-Лагранжа Экстремумы функционалов. Вариация функционала. Вариационные задачи в математической физике. Вариационная задача для интеграла энергии.	Опрос

Семестр 6

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Уравнения параболического типа. Основные задачи и методы их решения	Начально-краевые задачи для уравнения теплопроводности. Принцип максимума. Метод Фурье решения краевых задач. Теоремы единственности, устойчивости. Существование решения. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Теоремы единственности, устойчивости. Фундаментальное решение. Интеграл Пуассона. δ-функция Дирака. Задачи на полупрямой. Метод функций Грина.	Контрольная работа, опрос по результатам выполнения домаш. и самост. работ
2.	Уравнения эллиптического типа. Основные задачи. Теория потенциала	Общие свойства гармонических функций. Принцип максимума для гармонических функций. Оператор Лапласа в криволинейных координатах. Фундаментальное решение уравнения Лапласа (в пространстве, на плоскости). Краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона. Теоремы единственности. Функции Грина задачи Дирихле. Интегральные уравнения. Теория потенциала. Сведение краевых задач к интегральным уравнениям. Существование решения. Метод разделения переменных решения краевых задач в простейших областях.	Контрольная работа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
3.	Применение интегральных преобразований к решению задач математической физики	Преобразование Лапласа. Преобразования Фурье (экспоненциальное, sin-, cos- преобразования, конечные. Преобразования Бесселя, Меллина. Примеры применения интегральных преобразований к решению задач математической физики.	Опрос по результатам выполнения домаш. и самост. работ

2.3.1 Занятия лекционного типа

Семестр 5

Раздел 1. Предмет и задачи математической физике, ее место в естествознании. Вывод основных уравнений математической физики. Начальные и граничные условия (2 ч.). Постановка задач. Задача Коши. Теорема Ковалевской. Корректность постановки задач математической физики. Пример Адамара (2 ч.). Понятие обобщенных решений задач математической физики и пространства Соболева. Принцип суперпозиции для линейных задач математической физики (2 ч.). Классификация уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных. Характеристики. Приведение уравнений к каноническому виду (4 ч.).

Раздел 2. Задача Коши для волнового уравнения. Формула Даламбера. Существование, единственность, устойчивость решения (2 ч.). Обобщенное решение Задача Коши для неоднородного уравнения (2 ч.). Решение задач на полупрямой (2 ч.). Формулы Пуассона и Кирхгофа (2 ч.). Корректность постановки задачи Коши для волнового уравнения (2 ч.).

Краевые задачи для волнового уравнения. Формулы Грина (2 ч.). Теоремы единственности, устойчивости. Задача Штурма–Лиувилля (2 ч.). Метод разделения переменных (Фурье) (2 ч.). Теоремы существования. Решение неоднородных задач методом Фурье (2 ч.). Функции Бесселя. Задача о колебании круглой мембраны (2 ч.).

Раздел 3. Основные понятия вариационного исчисления: постановка задачи, уравнение Эйлера-Лагранжа. Экстремумы функционалов. Вариация функционала (2 ч.). Вариационные задачи в математической физике. Вариационная задача для интеграла энергии (2 ч.).

Семестр 6

Раздел 1. Начально-краевые задачи для уравнения теплопроводности. Принцип максимума (2 ч.). Метод Фурье решения краевых задач (4 ч.). Теоремы единственности, устойчивости. Существование решения (2 ч.). Задача Коши для уравнения теплопроводности. Теоремы единственности, устойчивости (2 ч.). Фундаментальное решение. Интеграл Пуассона. δ-функция Дирака (2 ч.). Задачи на полупрямой. Распространение краевого режима. Метод функций Грина (4 ч.).

Раздел 2. Оператор Лапласа в криволинейных координатах. Фундаментальное решение уравнения Лапласа (в пространстве, на плоскости) (2 ч.). Общие свойства гармонических функций. Принцип максимума для гармонических функций (2 ч.). Краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона. Теоремы единственности (2 ч.). Функции Грина задачи Дирихле и Неймана, их свойства. (2 ч.). Построение функции Грина внутренней и внешней задач Дирихле для шара (2 ч.). Следствия из формулы Пуассона (2 ч.). Потенциал объема и его свойства (2 ч.). Поверхностные потенциалы и их свойства (2 ч.). Интегральные уравнения (2 ч.). Сведение краевых задач к интегральным уравнениям. Существование решения.(2 ч.). Метод разделения переменных решения краевых задач в простейших областях (2 ч.).

Раздел 3. Преобразование Лапласа (2 ч.). Преобразования Фурье (экспоненциальное, sin-, cos- преобразования, конечные (4 ч.). Преобразования Бесселя, Меллина (2 ч.). Примеры применения интегральных преобразований к решению задач математической физики (2 ч.).

2.3.2 Занятия семинарского типа

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; 3. Алтунин К.К. Методы математической физики; Павлова А.В., Рубцов С.Е., Смирнова А.В. Применение интегральных преобразований к решению задач для уравнений в частных производных. Методические указания.

Семестр 5

Раздел 1. Уравнения в частных производных, порядок, линейность, однородность, примеры. Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны и малых продольных колебаний стержня, интегральный закон сохранения количества движения. Начальные и граничные условия. Постановка задач.

№№ 11, 15, 12, 16, 18, 20, 22 (1, глава 2), 1–4 стр. 8 (2).

Вывод уравнения теплопроводности, интегральный закон сохранения энергии. Вывод уравнения диффузии, интегральный закон сохранения количества вещества. Начальные и граничные условия. Постановка задач. Вывод уравнений гидродинамики и акустики. Уравнения установившихся процессов. Граничные условия. Постановка задач.

3, 7, 12 (1, глава 3), 3, 4, 6, 7 (1, глава 4), 6–9 стр. 9 (2).

Классификация уравнений 2-го порядка многих переменных. Классификация уравнений 2-го порядка с двумя независимыми переменными, характеристическое уравнение и характеристики. Приведение уравнений с двумя независимыми переменными к каноническому виду (уравнения с постоянными коэффициентами). Приведение уравнений с двумя независимыми переменными к каноническому виду (уравнения с переменными коэффициентами). Приведение уравнений с двумя независимыми переменными к простейшему виду

24–27 (1, глава 1), 28, 29, 2, 4,5 (1, глава 1), 1–9 (2), 6–11 (1, глава 1), 1,5,7 стр. 13 (2), 12–16 (1, глава 1), 7,9, 14–25 (2)

Раздел 2. Метод характеристик решения уравнений гиперболического типа. Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера. Решение задач на полупрямой для одномерного волнового уравнения. Решение задачи Коши для уравнения гиперболического типа в пространстве и на плоскости. Формулы Пуассона и Кирхгофа. Метод Фурье решения краевых задач для уравнений гиперболического типа.

1–5,8,9, 13 стр. 18 (2), 2–4,9,10 стр. 22 (2), 61,62 (1, глава 2), 73, 74 (1, глава 2), 21–23 (1, глава 6), № 15 стр. 18 (2), 25–27 (2, глава 6), 2, 10–13,15,18 стр. 33 (2), 104, 110, 111 (1, глава 2).

Раздел 3. Вариационные задачи.

848,850,853, 851,854,855 (3).

Семестр 6

Раздел 1. Решение начально-краевых задач для уравнений параболического типа. Метод Фурье. Метод Фурье решения неоднородных задач для уравнений параболического типа. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности. Формула Пуассона.

30, 33, 34,35 (1, глава 5), 9 (1, глава 5), 1–7, 11 стр. 33 (2), 700,702,704 (3), 9,17 стр. 33 (2), 20,24,25 стр. 34 (2), 66,68 (1, глава 3), 1-4 стр. 24 (2), 79,80,86 (1, глава 3).

Раздел 2. Гармонические функции. Основные свойства. Решение краевых задач для уравнения Лапласа в простейших областях. Метод Фурье. Метод Фурье решения краевых задач для уравнения Пуассона в круге и кольце.

14 (а–д), 15 (1 глава 4), 13 (б–е), 17–19 (1 глава 4), 29, 30,31 стр. 34 (2), 30–32, 34 (1 глава 4)

Раздел 3. Преобразование Лапласа, Преобразование Фурье (экспоненциальное). sin-, cos-преобразования Фурье на полупрямой, конечные преобразования Фурье.

180,182 (1 глава 2), 88,89 (1 глава 3);1,2 стр. 9; 1,2,5,6 стр. 19 (4), 7 стр. 20, 1,2 стр. 25 (4), 4,9,10 стр. 26 (4).

2.3.3 Лабораторные занятия

Учебный план не предусматривает лабораторных занятий по дисциплине «Уравнения математической физики».

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 дисциплин

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Подготовка к текущему контролю	1. Уравнения математической физики (электронный ресурс, среда модульного обучения http://moodle.kubsu.ru) 2. Методические указания по организации и выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры математического моделирования факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол № 10 от 30.03.2018
2	Проработка материала	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. 2. Карчевский М.М. Лекции по уравнениям математической физики. СПб.: Лань, 2016. 164 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72982. 3. Олейник О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Изд-во "Лаборатория знаний", 2015. 263 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/70703.

		4. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Физматлит, 2009. 404 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59551. 5. Ильин А.М. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 192 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2181 6. Тихонов А.Н., А.А. Самарский. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 2004. 798 с.

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.

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.

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 практических занятий.

Содержание приведенной основной и дополнительной литературы позволяет охватить широкий круг задач и методов математической физики.

Семестр 5

Раздел 1. Постановка задач математической физики. Некорректные задачи; Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Канонические формы. Сопряженные операторы.

Литература [О 1-3, Д 1].

Раздел 2. Задача с данными на характеристиках (задача Гурса). Существование и единственность решения задачи с данными на характеристиках; Метод Римана; Специальные функции математической физики. Классические ортогональные полиномы. Уравнение Бесселя и цилиндрические функции.

Литература [О 1-3, Д 9].

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

Литература [О 1-3, Д 9, 10]

Семестр 6

Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Дополнительные условия и постановка краевых задач для уравнений параболического типа. Предельные случаи; Функция источника для уравнения параболического типа.

Литература [О 1-4, Д 1, 9, 10].

Раздел 2. Уравнение Гельмгольца в неограниченной области. Условия излучения; Основные понятия теории интегральных уравнений; Полиномы Лежандра. Сферические (шаровые) функции. Метод Фурье решения внутренней задачи Дирихле для шара.

Литература [О 1, Д 9, 10].

Раздел 3 Классические интегральные преобразования (Фурье, Ханкеля, Меллина, Лапласа, Контаровича–Лебедева, Меллера–Фока). Интегральные преобразования обобщенных функций.

Литература [Д 1,7, 9].

3. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров программа по дисциплине «Уравнения математической физики» предусматривает использование в учебном процессе следующих образовательные технологии: чтение лекций с использованием мультимедийных технологий; работа над индивидуальными заданиями с использованием пакетов прикладных программ, разбор конкретных ситуаций на практических занятиях.

Компьютерные технологии предоставляют средства разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и бакалаврами во время лекций и анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе моделирования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. 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 rowspan="2">Семестр</td><td>Вид занятия</td><td colspan="2">Используемые интерактивные образовательные технологии</td><td>Общее количество часов</td></tr>
<tr><td>Л</td><td>1</td><td>Слайд-лекции. Обсуждение сложных вопросов: Уравнения гиперболического типа. Основные задачи и методы их решения</td><td>8</td></tr>
<tr><td>5</td><td>ПЗ</td><td>2</td><td>Практические занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – студент» (раздел 1)</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6</td><td>Л</td><td>1</td><td>Слайд-лекции. Обсуждение сложных вопросов: Применение интегральных преобразований к решению задач математической физики</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПЗ</td><td>2</td><td>Практические занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – студент» (раздел 1)</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="4">Итого</td><td>36</td></tr>
</table>

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 ***практического 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.

4. 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 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.

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля
	Л.	Лаб.	Пр.	КСР	СРС	
ОПК-1	+		+	+	+	– Контрольная работа; – Зачет; – Опрос по результатам самостоятельной работы; – Экзамен
ОПК-3	+		+	+	+	– Контрольная работа; – Зачет; – Опрос по результатам самостоятельной работы; – Экзамен
ПК-2	+		+	+	+	– Опрос по результатам самостоятельной работы;

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

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

Примерное содержание контрольных работ

1. Контрольная №1 (Постановка задач математической физики).

Примерные задачи контрольной работы № 1

Вариант 2
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 – $E(x)$.

Вариант 2
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 $q(x)$.

Вариант 3
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. Контрольная №2 (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.

Примерные задачи контрольной работы № 2

Вариант 1
1. Привести к каноническому виду уравнения:

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

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

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

   б) $x\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+2\sqrt{xy}\,\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+y\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\dfrac{1}{2}\dfrac{\partial u}{\partial y}=0.$

2. Привести к простейшему виду уравнение:

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

Вариант 3

1. Привести к каноническому виду уравнения:

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

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

2. Привести к простейшему виду уравнение:

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

---

3. Контрольная №3 (Решение задачи Коши для уравнений гиперболического типа. Решение задачи Коши и задач на полупрямой для волнового уравнения).

Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. №№ 2,6,7,9,10,12 стр. 18, 5,6,7,8 стр.22.

Примерные задачи контрольной работы № 3

Вариант 1

Найти решение задачи Коши:

а) $u''_{xx}-u''_{xy}-12\,u''_{yy}=0,\quad |x|<\infty,\ \ y>0;\ \ u\,|_{y=0}=e^x,\ \ u'_y\,|_{y=0}=0.$

б) $u''_{tt}=u''_{xx}+x\sin t,\ t>0,\ |x|<\infty;\ u\big|_{t=0}=3e^{-x},\ u'_t\big|_{t=0}=\dfrac{1}{x+1}$

Решить начально-граничные задачи:

а) $u''_{tt}=9u''_{xx},\ x>0,\ t>0,\ u(x,0)=x^2,\ u'_t(x,0)=x,\ u(0,t)=t^2$.

б) $4u''_{tt}=u''_{xx}+6xt,\ x>0,\ t>0$, $u(x,0)=\cos x, u'_t(x,0)=0, u'_x(0,t)=\sin t$

Вариант 2
Найти решение задачи Коши

а) $u''_{xx} - 4u''_{xy} + 3u''_{yy} = 0, \quad |x| < \infty, \ \ y > 0; \ \ u\,|_{y=0} = 0, \ u'_y\,|_{y=0} = \sin x.$

б) $u''_{tt} = 9u''_{xx} + x^2 + t^2, \ t > 0, \ |x| < \infty; \ u|_{t=0} = x^2 \sin x, \ u'_t|_{t=0} = \cos 2x.$

Решить начально-граничные задачи:

а) $u''_{tt} = u''_{xx}, \ x > 0, \ t > 0, \ u(x,0) = \sin x, \ \ u'_t(x,0) = 1, \ \ u'_x(0,t) = \cos t$

б) $u''_{tt} = 9u''_{xx} + e^{-(x+t)}, \ x > 0, \ t > 0, \ u(x,0) = 1 + x, \ u'_t(x,0) = 1 - \cos x, \ u(0,t) = \cos t$

Вариант 3
Найти решение задачи Коши

а) $u''_{xx} + u''_{xy} - 2u''_{yy} = 0, \quad |x| < \infty, \ \ y > 0; \ \ u\,|_{y=0} = \cos x, \ \ u'_y\,|_{y=0} = 1 - \sin x.$

б) $u''_{tt} = 4u''_{xx} + (x+t)^2, \ t > 0, \ |x| < \infty; \ u|_{t=0} = \ln(x^2+1), \ u'_t|_{t=0} = \cos 2x.$

Решить начально-граничные задачи:

а) $u''_{tt} = 9u''_{xx}, \ x > 0, \ t > 0, \ u(x,0) = x^3, \ u'_t(x,0) = 3x^2, u'_x(0,t) = 9t$

б) $25u''_{tt} = u''_{xx} + e^{-x}, \ x > 0, \ t > 0, \ u(x,0) = x, \ u'_t(x,0) = \sin x, \ u(0,t) = \sin t$

4. Контрольная № 4 (Метод Фурье решения смешанных задач для уравнений гиперболического и параболического типов).

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 №4

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

---

5. Контрольная № 5 (Метод Фурье решения краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона).

Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. №№ 29–31 стр. 34.

Примерные задачи контрольной работы №5

Вариант 1

1. Найти функцию, гармоническую в круге $x^2 + y^2 < 1$, удовлетворяющую граничному условию $u\big|_{x^2+y^2=1} = x^2 - y^2 - 4$

2. Найти функцию, удовлетворяющую в кольце $1 < x^2 + y^2 < 4$ уравнению Пуассона $u''_{xx} + u''_{yy} = -4xy$, $u\big|_{x^2+y^2=1} = y$, $u\big|_{x^2+y^2=4} = 0$.

Вариант 2

1. Найти функцию, гармоническую в кольце $1 < x^2 + y^2 < 4$, удовлетворяющую граничным условиям б) $\left.\frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}}\right|_{x^2+y^2=1} = 0$, $u\big|_{x^2+y^2=4} = y - 9$

2. Найти функцию, удовлетворяющую в круге $x^2 + y^2 < 4$ уравнению Пуассона $u''_{xx} + u''_{yy} = -x$, $u\big|_{x^2+y^2=4} = y$.

Вариант 3

1. Найти функцию, гармоническую в круге $x^2 + y^2 < 1$, удовлетворяющую граничному условию $\left.\frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}}\right|_{x^2+y^2=1} = 0$

2. Найти функцию, удовлетворяющую в кольце $1 < x^2 + y^2 < 4$ уравнению Пуассона $u''_{xx} + u''_{yy} = 1$ и граничным условиям $u\big|_{x^2+y^2=1} = 0$, $\left.\frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}}\right|_{x^2+y^2=4} = x$.

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

Цилиндр радиуса R нагрет до температуры T_0 и охлаждается с поверхности таким образом, что ее температура, начиная с момента $t = 0$, поддерживается постоянной и равной нулю. Найти закон распределения температуры, считая, что распределение температуры во всех поперечных сечениях одинаково.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Основные требования к результатам освоения дисциплины представлены в таблице в виде признаков сформированности компетенций. Требования формулируются в соответствии со структурой, принятой в ФГОС ВО: знать, уметь, владеть.

Название компетенции (или ее части)	**Структура компетенции**	**Основные признаки сформированности компетенции**
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	Знать : основные задачи, уравнения и методы математической физики; физический смысл основных понятий и фактов математической физики и сферы их применения	Знает основные задачи, уравнения и методы МФ.
	Уметь: корректно поставить задачу и определить краевые условия; аналитически и численно решать основные задачи математической физики и корректно интерпретировать полученные результаты.	Умеет корректно ставить задачу и численно решать основные задачи МФ и корректно интерпретировать полученные результаты.
	Владеть: основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных	Владеет основной терминологией и понятийным аппаратом МФ, основными аналитическими и численными методами решения УМФ

Название компетенции (или ее части)	**Структура компетенции**	**Основные признаки сформированности компетенции**
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	Знать : – математические формулировки основных понятий и утверждений – математические модели основных приложений теории дифференциальных уравнений – основные методы решения задач математической физики основные прикладные пакеты, используемые для решения уравнений в частных производных.	Знает математические формулировки основных понятий и утверждений и математические модели основных приложений теории дифференциальных уравнений, а также основные методы решения задач математической физики.
	Уметь: – строить простейшие математические модели стандартных физических процессов – перевести задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными; – находить решения: общие для основных типов дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка; – выбирать методы решения поставленной задачи; – содержательно интерпретировать результаты; использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине	Умеет строить простейшие математические модели стандартных физических процессов. Умеет переводить задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными. Умеет находить решения: общие для основных типов дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка; Может выбирать методы решения поставленной задачи, а также содержательно интерпретировать результаты и использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине
	Владеть: – навыками решения задачи и интерпретации результатов в терминах прикладной области; – научно-методическим аппаратом теории дифференциальных уравнений – навыками доказательства основных утверждений; – навыками построения простейших математических моделей физических процессов; – методами исследования моделей физических процессов навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики	Владеет навыками решения задачи и интерпретации результатов в терминах прикладной области; научно-методическим аппаратом теории дифференциальных уравнений. Может построить простейшие математические модели физических процессов. Владеет методами исследования моделей физических процессов и навыками использования пакетов прикладных программ для решения задач математической физики

Название компетенции (или ее части)	Структура компетенции	Основные признаки сформированности компетенции
ПК-2 Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках	Знать: – методы численного анализа, иметь четкое представление о видах математических моделей, основанных на численных методах, о способах их построений, о численных методах реализации математических моделей. методы и способы поиска необходимой информации, математические ресурсы библиотек и сети Интернет по методам математической физики.	Знает методы численного анализа, имеет четкое представление о видах математических моделей, основанных на численных методах, о способах их построений, о численных методах реализации математических моделей. Знает методы и способы поиска необходимой информации, математические ресурсы библиотек и сети Интернет по методам математической физики.
	Уметь: – разрабатывать алгоритм применяемого метода решения; – применять на практике методы численного анализа; реализовать численный алгоритм программно с помощью инструментальных средств и прикладных программ; – анализировать полученные результаты. пользоваться справочной математической литературой по математической физике и соответствующими ресурсами сети Интернет	Умеет разрабатывать алгоритм применяемого метода решения, применять на практике методы численного анализа; реализовать численный алгоритм программно с помощью инструментальных средств и прикладных программ и анализировать полученные результаты. пользоваться справочной математической литературой по математической физике и соответствующими ресурсами сети Интернет
	Владеть: – самостоятельно осуществлять выбор методики решения и построения алгоритма той или иной задачи; – давать полный анализ результатов решения и оценивать границы применимости выбранного метода – основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных. методами и приемами получения и систематизации знаний в области математической физики	Самостоятельно осуществлять выбор методики решения и построения алгоритма той или иной задачи; моет давать полный анализ результатов решения и оценивать границы применимости выбранного метода. Владеет основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных. методами и приемами получения и систематизации знаний в области математической физики

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

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

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

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

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. Вывод уравнений гидродинамики и акустики.
6. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных (общий случай).
7. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными. Характеристическая поверхность. Примеры характеристик.
8. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными (гиперболического типа, параболического типа, эллиптического типа). Лемма о характеристиках
9. Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Д’Аламбера
10. Существование, единственность и устойчивость решения задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Обобщенное решение.
11. Решение краевых задач для одномерного волнового уравнения на полупрямой.

12. Решение задачи Коши для двухмерного и трехмерного волновых уравнений. Формула Пуассона. Физический смысл решения.
13. Решение задачи Коши для неоднородного волнового уравнения.
14. Единственность и устойчивость решения задачи Коши для волнового уравнения (трехмерный случай).
15. Метод Фурье решения смешанных задач для волнового уравнения (для однородных и неоднородных уравнений и граничных условий). Единственность решения.
16. Примеры решения смешанных задач (задача о колебаниях ограниченной струны, задача о колебаниях круглой мембраны
17. Функции Бесселя. Свойства функций Бесселя.
18. Смешанные задачи для уравнения теплопроводности. Принцип максимума. Корректность постановки смешанных задач для уравнения теплопроводности.
19. Применение метода Фурье к решению смешанных задач для уравнения теплопроводности (однородного и неоднородного).
20. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности. Метод функций Грина.
21. Решение задачи о распространении тепла в трехмерном пространстве.
22. Основные типы краевых задач для уравнений эллиптического типа. Принцип максимума для гармонических функций. Формулы Грина.
23. Единственность решения краевых задач для уравнений эллиптического типа.
24. Функции Грина внутренних задач Дирихле и Неймана.
25. Применение метода функций Грина к решению краевых задач для уравнений эллиптического типа (решение внутренней задачи Дирихле для шара)
26. Неравенство Гарнака. Свойства гармонических функций (функции, гармонические во всем пространстве, теоремы о последовательностях гармонических функций).
27. Объемный и поверхностные потенциалы и их свойства.
28. Решение задач Дирихле и Неймана с помощью потенциалов.
29. Применение метода Фурье к решению краевых задач для уравнений эллиптического типа (решение внутренней задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге)
30. Интегральное преобразование Фурье (определение, свойства, пример применения преобразования Фурье к решению задач математической физики).
31. Интегральные преобразования на полупрямой (преобразование Лапласа, sin, cos-преобразования Фурье, преобразование Ханкеля).
32. Вариация функционала. Экстремум функционала. Вариационные задачи в математической физике.

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, ρ=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, ρ=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 $u(x,y)=x^2$.

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.

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 четырехбальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку. В зачетную книжку заносятся только положительные оценки.

Критерии выставления оценок

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 задач;

– умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины;

–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 оценку;

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

– владение инструментарием по дисциплине;

– самостоятельная работа на практических занятиях, 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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная 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.
2. Карчевский М.М. Лекции по уравнениям математической физики. СПб.: Лань, 2016. 164 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72982.
3. 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.

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

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

5.2 Дополнительная литература:

1. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Физматлит, 2009. 404 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59551.
2. 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.
3. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 399 с.
4. 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.
5. Деревич И.В. Практикум по уравнениям математической физики. СПб.: Лань, 2017. 428 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95131
6. Евдокимов А.А., Павлова А.В., Рубцов С.Е. Уравнения математической физики. Методические указания. Краснодар: Изд-во Кубанского госуниверситета, 2002.
7. Павлова А.В., Рубцов С.Е., Смирнова А.В. Применение интегральных преобразований к решению задач для уравнений в частных производных. Методические указания. Краснодар: Изд-во Кубанского госуниверситета, 2003.
8. Сборник задач по уравнениям математической физики / А.А. Вашарин [и др.]. М.: Физматлит, 2003. 288 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59314.
9. Тихонов А.Н., А.А. Самарский. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 2004. 798 с.
10. Ильин А.М. Уравнения математической физики М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 192 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2181.

5.3. Периодические издания:

Не используются

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

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. Russian Journal of Mathematical Physics. Online ISSN 1555-6638. http://www.maik.ru/cgi-perl/journal.pl?lang=rus&name=mathphys.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

При чтении лекционного курса представляется целесообразным обратить внимание на физические приложения излагаемых математических фактов и отметить тот факт, что курс «Уравнения математической физики» по существу является первым курсом по математическому моделированию, читаемым студентам направления 01.03.02.

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 – прикладному математику, пояснить необходимость использования полученных знаний при изучении последующих специальных курсов. Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Перечень разделов для самостоятельного изучения приведен в разделе 2.5.

Вопросы для самоконтроля по разделам

Семестр 5

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?
11. Какое уравнение называется уравнением гиперболического (параболического, эллиптического) типа?
12. Запишите канонический вид уравнения гиперболического (параболического, эллиптического) типа?
13. Какие физические процессы описывает уравнение гиперболического (параболического, эллиптического) типа?
14. К какому типу уравнений относится уравнение Лапласа (Пуассона)?
15. К какому типу относится уравнение теплопроводности?
16. К какому типу относится волновое уравнение?
17. Запишите общий вид характеристического уравнения для линейного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.
18. Какие характеристики имеет одномерное волновое уравнение?
19. Какие характеристики имеет двумерное уравнение Лапласа?
20. Какие характеристики имеет одномерное уравнение теплопроводности?

Раздел 2.

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 3.

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.

Семестр 6

Раздел 1.

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 2.

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. Какие условия называют граничными условиями I (II, III) рода?
6. Приведите схему применения метода Фурье для волнового уравнения в случае неоднородных граничных условий.
7. Дайте физическую интерпретацию решения задачи о малых поперечных колебаниях струны с закрепленными концами.
8. Дайте определение гармонической функции в конечной и бесконечной областях.
9. Приведите примеры функций, гармонических в конечной и бесконечной областях.
10. Перечислите свойства гармонических функций.
11. К какому типу относится уравнение Лапласа (Пуассона)?
12. Сформулируйте принцип максимума для гармонических функций.
13. Сформулируйте внутреннюю задачу Дирихле для уравнения Пуассона в произвольной трехмерной области.
14. Приведите вид уравнения Лапласа в сферических и цилиндрических координатах.
15. Сформулируйте внутреннюю задачу Неймана для уравнения Лапласа в произвольной трехмерной области.
16. Сформулируйте внешнюю задачу III рода для уравнения Лапласа.
17. Дайте определение объемного потенциала.
18. Дайте определение потенциалов простого и двойного слоя.
19. Перечислите свойства объемного потенциала.
20. Какими свойствами обладают потенциалы простого и двойного слоя?

Раздел 3.

1. Для каких функций определено преобразование Лапласа (дать опредеоление оригиналу).
2. Приведите формулы прямого и обратного преобразования Лапласа.
3. Сформулируйте основные свойства преобразования Лапласа.
4. Для каких функций определено преобразование комплексное преобразование Фурье.
5. Приведите формулы прямого и обратного преобразования Фурье (экспоненциального).
6. Сформулируйте основные свойства преобразования Фурье.
7. Приведите формулы прямого и обратного sin-, cos преобразования Фурье.
8. Сформулируйте основные свойства sin-, cos преобразования Фурье.
9. Приведите формулы прямого и обратного преобразования Бесселя.
10. Приведите формулы прямого и обратного преобразования Меллина.

Примеры задач для самостоятельного решения

1. Решить задачу:

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

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

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:

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

4. Решить задачу:

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

5. Пользуясь интегральным преобразованием Лапласа решить задачу:

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u + B\cos x, 0 < x, y < \infty,$$
$$u(0, y) = Ae^{-3y}, \ \frac{\partial u(0, y)}{\partial x} = 0.$$

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

7. 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.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень информационных технологий

– Проверка индивидуальных заданий и консультирование посредством электронной почты.

– Использование электронных презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий.

– Использование математических пакетов при выполнении индивидуальных заданий.

8.2 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.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система "Юрайт" (http://www.biblio-online.ru).
2. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" (http://www.biblioclub.ru).
3. Электронная библиотечная система издательства "Лань" (http://e.lanbook.com).
4. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	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.	Практические занятия	Аудитория для семинарских занятий, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья), презентационной техникой (аудитории: 129, 131, А305, А307) или переносным демонстрационным оборудованием (аудитории: 133,147, 148, 149, 150, 100С, А301б, А512)
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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
		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 (доска, столы, стулья). (Аудитория 102а, читальный зал).

Компьютерная поддержка учебного процесса по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика обеспечивается практически 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.