

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

Рабочая программа дисциплины
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Кафедра прикладной математики
факультета математики и компьютерных наук

Образовательная программа
02.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки
Математическое моделирование и
вычислительная математика

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения
очная

Статус дисциплины: вариативная (обязательные дисциплины)

Махачкала, 2018

Рабочая программа дисциплины *Численные методы математической физики* составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата) от 12 марта 2015 г. N 228

Разработчик: кафедра прикладной математики
Абдурагимов Э.И., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

На заседании кафедры прикладной математики от 25 июня 2018 г.,
протокол № 10.

Зав. кафедрой Кадиев Кадиев Р.И.

На заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук от 27.06.2018 г., протокол № 6.

Председатель Бейбалаев Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением
«ИВ» 00 2018 г. Мо

Рабочая программа дисциплины *Численные методы математической физики* составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата) от 12 марта 2015 г. N 228

Разработчик: кафедра прикладной математики
Абдурагимов Э.И., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

На заседании кафедры прикладной математики от 25 июня 2018 г., протокол № 10.

Зав. кафедрой _____ Кадиев Р.И.

На заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук от 27.06.2018 г., протокол № 6 .

Председатель _____ Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением
« _____ » _____ 2018 г. _____

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина *Численные методы математической физики* входит в вариативную часть обязательных дисциплин образовательной программы бакалавриата по направлению 02.03.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете *математики и компьютерных наук* кафедрой *прикладной математики*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численными методами решения уравнений математической физики с алгоритмами их реализации на компьютере, аппроксимацией, устойчивостью, сходимостью.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1, профессиональных – ПК-2.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение контроля успеваемости в форме *контрольной работы и коллоквиума* и промежуточного контроля в форме *зачета*.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семес тр	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации(зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен)	
	Все го	в том числе						
		Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен
		из них						
Лекц ии	Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации				
7	108	18	18	32		40	зачет	

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Численные методы математической физики» – владение студентами теорией разнообразных численных методов решения задач математической физики и умения применять численные методы на практике при решении практических задач для уравнений математической физики.

Закрепить на практике теоретические знания, то–есть, по заданной задаче студент должен выбрать нужный метод, разработать алгоритм решения соответствующий этому методу, написать программу или воспользоваться пакетом прикладных программ.

Получить опыт решения на компьютере задач математической физики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Численные методы математической физики» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы по направлению 02.03.02 *Прикладная математика и информатика*. Она вводится после изучения дисциплин алгебра, информатика, математический анализ, дифференциальные уравнения, так как для успешного усвоения этого курса студентам необходимы знания по указанным

дисциплинам. Содержит наиболее распространенные вычислительные методы решения практических задач уравнений математической физики.

Знания по данному курсу необходимы при работе над выпускной квалификационной работой и в дальнейшей научно-исследовательской работе по выбранному направлению.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<p><i>Знает:</i> как использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой</p> <p><i>Умеет:</i> использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой</p> <p><i>Владеет:</i> практическими навыками использования базовых знаний естественных наук, математики и информатики, основных фактов, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой</p>
ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	<p><i>Знает:</i> как составлять методом сеток различные типы разностных схем для аппроксимаций уравнений матфизики.</p> <p><i>Умеет:</i> составлять алгоритмы решения разностных схем, доказывать их сходимость и реализовывать на компьютере,</p> <p><i>Владеет:</i> практическими навыками решения задач математической физики численными методами, пользуясь языками программирования и пакетами прикладных программ.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

Названия разделов и тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Аудиторные занятия, в том числе				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практ. занятия	лабор. работы	Контр. сам. раб.		
Модуль 1. Разностные схемы для уравнений параболического типа								
1. Разностные схемы. Основные понятия: сходимос ть, устойчивость, аппроксимация. Связь аппроксимации устойчивости со сходимостью.	7	1,2	2	4	2		2	Опрос на занятиях, зачет по лабораторной работе, коллоквиум
2. Разностные схемы, аппроксимирующие типичные задачи для параболического уравнения, их устойчивость.	7	3-6	4	4	4		2	
3. Необходимые спектральные условия устойчивости Неймана.		7,8	2	4	4		2	
Всего по модулю 1	7		8	12	10		6	
Модуль 2. Разностные схемы для уравнений эллиптического типа								
1. Построение разностной схемы, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка	7	9-10	2	4	2		2	Опрос на занятиях, зачет по лабораторной работе, контрольная работа

2. Метод матричной прогонки решения системы разностных уравнений, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка.		11-12	2	4	4		4	
3. Итерационный процесс Либмана решения системы разностных уравнений, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка.		13-14	2	4	2		4	
Всего по модулю 2	7		6	12	8		10	
Модуль 3. Разностные схемы для уравнений гиперболического типа.								
1. Разностные схемы, аппроксимирующие простейшее гиперболическое уравнение. Задача Коши.	7	15-16	2	4			12	Опрос на занятиях, домашняя контрольная работа, коллоквиум
2. Необходимое условие устойчивости явной трехслойной разностной схемы, аппроксимирующей задачу Коши для уравнения колебания струны.		17-18	2	4			12	
Всего по модулю 3	7		4	8			24	
ИТОГО за семестр	7		18	32	18		40	зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Численные методы решения типичных задач для уравнений параболического типа

Тема 1. Разностные схемы. Основные понятия: сходимость, устойчивость, аппроксимация. Связь аппроксимации устойчивости со сходимостью. Разностные схемы для уравнений параболического типа. Основные понятия для разностных задач: сходимость, устойчивость, аппроксимация. Связь аппроксимации устойчивости со сходимостью.

Тема 2. Разностные схемы, аппроксимирующие типичные задачи для параболического уравнения, их устойчивость. Разностные схемы, аппроксимирующие задачи Коши для параболического уравнения, их устойчивость. Разностные схемы, аппроксимирующие смешанной граничной задачи для параболического уравнения, их устойчивость.

Тема 3. Необходимые спектральные условия устойчивости Неймана. Вывод необходимых спектральных условий устойчивости Неймана на примере задачи Коши для уравнений теплопроводности.

Модуль 2. Численные методы решения типичных задач для уравнений эллиптического типа.

Тема 1. Построение разностной схемы, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка. Введение. Построение разностной схемы, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка. Построение разностной схемы, аппроксимирующей задачу Дирихле для уравнения Пуассона.

Тема 2. Метод матричной прогонки. Метод матричной прогонки решения системы разностных уравнений, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка.

Тема 3. Итерационный процесс Либмана. Итерационный процесс Либмана решения системы разностных уравнений, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка.

Модуль 3. Численные методы решения типичных задач для уравнений гиперболического типа.

Тема 1. Разностные схемы, аппроксимирующие простейшее гиперболическое уравнение. Разностные схемы, аппроксимирующие простейшее гиперболическое уравнение. Разностные схемы, аппроксимирующие простейшие задачи Коши для гиперболического уравнения.

Тема 2. Необходимое условие устойчивости разностной схемы. Необходимое условие устойчивости явной трехслойной разностной схемы, аппроксимирующей задачу Коши для уравнения колебания струны.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине

Модуль 1. Разностные схемы для уравнений параболического типа

Тема 1. Разностные схемы. Основные понятия: сходимости, устойчивость, аппроксимация. Связь аппроксимации устойчивости со сходимостью.. Вопросы к теме: [3], гл. 6, №№: 11(1-6),12,13.

Тема 2. Разностные схемы, аппроксимирующие типичные задачи для параболического уравнения, их устойчивость. Вопросы к теме: [3], гл. 6, №№: 23, 24,26.

Тема 3. Разностные схемы расщепления. Вопросы к теме: [3], гл. 7, №№: 1, 2(1, 2), 3(2, 3).

Лабораторная работа №1

Нахождение приближенного решения задачи Коши и смешанной граничной задачи для параболического уравнения методом сеток.

Модуль 2. Разностные схемы для уравнений эллиптического типа

Тема 1. Построение разностной схемы, аппроксимирующей задачу Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка. Вопросы к теме: [3], гл. 8, №№: 23, 24, 54, 56, 57.

Тема 2. Метод матричной прогонки. Вопросы к теме: [3], гл. 8, №№: 41, 42, 54, 56, 59.

Тема 3. Итерационный процесс Либмана. Вопросы к теме: [3], гл. 8, №№: 46, 47, 55, 58.

Лабораторная работа №2

Нахождение приближенного решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике методом сеток.

Модуль 3. Разностные схемы для уравнений гиперболического типа

Тема 1. Разностные схемы, аппроксимирующие простейшее гиперболическое уравнение. Вопросы к теме: [3], гл.4, №№: 18,21, 23, 24, 34.

Тема 2. Необходимое условие устойчивости разностной схемы. Вопросы к теме: [3], гл.2, №№: 61, 64, 66, 67,69

5. Образовательные технологии.

Лекции проводятся с использованием меловой доски и мела. Параллельно материал транслируется на экран с помощью мультимедийного проектора. Практические занятия проводятся с использованием мела, меловой доски и компьютера. Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная мультимедиа-проектором, экраном, доской, ноутбуком (с программным обеспечением для демонстрации слайд-презентаций). Для проведения лабораторных занятий необходим дисплейный класс с необходимым количеством компьютеров, снабженных соответствующими программными обеспечениями.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Решение задач.
3. Выполнение лабораторных работ.
4. Подготовка к коллоквиуму.

№	Виды самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечения
1	Изучение рекомендованной литературы	Устный опрос по разделам дисциплины	См. разделы 8, 9 данного документа
2	Решение задач	Проверка домашнего задания	См. разделы 8, 9 данного документа
3	Выполнение лабораторных работ	Зачет по лабораторной работе	См. разделы, 8, 9 данного документа
4	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме ответов на заранее объявленные вопросы	См. разделы, 8, 9 данного документа

Задания для проверочной работы, самостоятельной работы, домашние задания содержатся в пособиях, указанных в списке учебной литературы.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1	ОПК-1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с	ОПК-1.1. <i>Знает:</i> как использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой ОПК-1.2. <i>Умеет:</i> использовать базовые знания естественных	Контрольные работы, лабораторные работы, зачет.

	прикладной математикой и информатикой	наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой <i>ОПК-1.3. Владеет:</i> практическими навыками использования базовых знаний естественных наук, математики и информатики, основных фактов, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	
ПК-2	ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	ПК-2 .1. <i>Знает:</i> как составлять разностные схемы, аппроксимирующие краевые и смешанные задачи, задачи Коши для уравнений математической физики, как исследовать составленные разностные схемы на устойчивость. ПК-2 .2. <i>Умеет:</i> составлять алгоритмы решения разностных схем на ЭВМ и реализовывать их, пользуясь языками программирования и пакетами прикладных программ. ПК-2 .3. <i>Владеет:</i> практическими навыками решения задач математической физики численными методами	Контрольные работы, лабораторные работы, зачет
ПК-2			

7.2. Типовые контрольные задания Примерные контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

Примерная контрольная работа по модулю 1

Вариант 0

1. Написать разностную схему, аппроксимирующую задачу:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - (x+t) \frac{\partial u}{\partial x} + x^2 + t^2,$$

$$u(x,0) = x.$$

2. Определить порядок аппроксимации смешанной граничной задачи

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - (x^2 + t^2 + 1)u = 1, \quad 0 < t \leq 1, \quad 0 < x < 1,$$

$$u(x,0) = 0, \quad 0 \leq x \leq 1,$$

$$u(0,t) = t,$$

$$u(1,t) = 1 + t, \quad 0 \leq t \leq 1.$$

разностной схемой

$$\frac{u_m^{n+1} - u_m^n}{\tau} = \frac{u_{m+1}^n - 2u_m^n + u_{m-1}^n}{h^2} - (x_m^2 + t_n^2 + 1) \frac{u_{m+1}^n + u_{m-1}^n}{2} = 1,$$

$$m = \overline{1, M-1}, \quad n = \overline{0, N-1},$$

$$u_m^0 = 0, \quad m = \overline{0, M},$$

$$u_0^n = t_n, \quad u_M^n = 1 + t_n, \quad n = \overline{0, N},$$

$$\text{где } x_m = mh, \quad t_n = n\tau, \quad m = \overline{0, M}, \quad n = \overline{0, N}.$$

3. Указать алгоритм нахождения методом сеток приближенного значения $u(0,2; 0,1)$, где $u(x, t)$ – решение задачи:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - (xt + 1),$$

$$u(x,0) = x^2.$$

Примерная контрольная работа по модулю 2

Вариант 0

1. Написать разностную схему, аппроксимирующую на сетке

$$\{x_m = mh, \quad y_n = nl, \quad m = \overline{0, M}, \quad n = \overline{0, N}\}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = x^2 + y^2, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < y < 1 \\ u(x,0) = x^2, \quad u(x,1) = 1 + x^2, \quad u(0,y) = y^2, \quad u(1,y) = 1 + y^2. \end{cases}$$

Какими методами можно найти решение полученной разностной схемы?

2. Определить порядок аппроксимации задачи Дирихле в области $D = \{0 < x < 1, \quad 0 < y < 2\}$ с границей Γ

$$u_{xx} + u_{yy} = x^2 + y^2, \quad (x, y) \in D,$$

$$u|_{\Gamma} = 0$$

разностной схемой

$$\begin{cases} \frac{u_{m+1,n} - 2u_{m,n} + u_{m-1,n}}{h^2} + \frac{u_{m,n+1} - 2u_{m,n} + u_{m,n-1}}{l^2} = \frac{x_{m+1}^2 + y_{n+1}^2 + x_{m-1}^2 + y_{n-1}^2}{2}, \\ u|_{\Gamma_h} = 0 \end{cases}$$

на сетке $(x_m, y_n) \in D_h^0$, $x_m = mh$, $y_n = nl$, где D_h^0, Γ_h – внутренняя сеточная область и сеточная граница соответственно.

Привести соответствующий этой разностной схеме шаблон. Сходится ли решение этой разностной схемы к решению соответствующей задачи, если $l > h$? Почему?

Примерная контрольная работа по модулю 3

Вариант 0

1. Какую задачу и с каким порядком аппроксимирует на сетке $\{x_m = mh, y_n = nl, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, n = 0, 1, 2, \dots\}$ разностная схема

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u_{m+1}^n - 2u_m^n + u_{m-1}^n}{h^2} - \frac{u_m^{n+1} - 2u_m^n + u_m^{n-1}}{l^2} = \frac{e^{x_{m+1}} + e^{x_{m-1}}}{2} + y_n, \\ u_m^0 = x_m^2 + 1, \quad \frac{u_m^1 - u_m^0}{h} = 2x_m, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{array} \right. ?$$

Ответ обосновать.

2. Написать разностную схему, аппроксимирующую на сетке

$\{x_m = mh, y_n = nl, m = \overline{0, M}, n = \overline{0, N}\}$ задачу:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = x^2 + y^2, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < y < 1 \\ u(x, 0) = x^2, \quad u(x, 1) = 1 + x^2, \quad u(0, y) = y^2, \quad u(1, y) = 1 + y^2. \end{array} \right.$$

Какими методами можно найти решение полученной разностной схемы?

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы;

1. Дать определения: *сетки, узла, аппроксимации, порядка аппроксимации, устойчивости, сходимости, порядка сходимости.*
2. Методом сеток аппроксимировать с помощью явной двухслойной разностной схемы аппроксимировать задачу Коши для уравнения теплопроводности. Определить порядок аппроксимации.
3. Необходимое и достаточное условие сходимости явной двухслойной разностной схемы, аппроксимирующей задачу Коши для уравнения теплопроводности.
4. Алгоритм решения задачи Коши для линейного уравнения параболического типа методом сеток с помощью явной двухслойной разностной схемы второго порядка аппроксимации.
5. Метод расщепления, алгоритм метода.
6. Аппроксимация методом сеток граничных условий Дирихле и Неймана, порядок аппроксимации.
7. Метод матричной прогонки, алгоритм метода.
8. Метод установления, алгоритм метода.
9. Методы Рунге, Галеркина, наименьших квадратов.
10. Аппроксимация методом сеток задачи Коши для уравнения колебания струны, порядок аппроксимации.
11. Устойчивость трехслойной разностной схемы, аппроксимирующей задачу Коши для уравнения колебания струны.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 30% и промежуточного контроля - 70%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - максимально 10 баллов,
- участие на практических занятиях - максимально 10 баллов,
- коллоквиум – максимально 10 баллов,

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 30 баллов,
- зачет по лабораторным работам – 20 баллов
- письменная контрольная работа - 20 баллов

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а)основная литература:

[1]. Зализняк В.Е. Основы вычислительной физики. Часть 1. Введение в конечно-разностные методы [Электронный ресурс]/ Зализняк В.Е.— Электрон. текстовые данные.— Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2004.— 252 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/17647.html>.— ЭБС «IPRbooks»

[2]. *Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И.* Вычислительные методы, и т.2. М.: Наука, 1977.

[3]. Сборник задач под редакцией П.И. Монастырного, Минск, 1983, 288 с.

[4]. *Марчук Г. И.* Методы вычислительной математики. Лань, 2008.

[5]. *Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М.* Численные методы, Бином. Лаборатория знаний, 2008.

[6]. *Гуржий А.* Численные методы Математической физики. Курс лекций 2006 год.

[7]. *Воробьев Г. Н., Данилова А. Н.* Практикум по численным методам. М.: Высш. шк., 2007 .

б) дополнительная литература

[8]. *Лапчик М. П., Рагулина М. И., Хеннер Е. К.* Численные методы. Маркет ДС, 2009.

[9]. *Пирумов У. Г.* Численные методы. Дрофа, 2004.

в) Учебно-методические материалы по дисциплине

1. Абдурагимов Э.И., Бейбалаев В.Д. *Численные методы решения задачи Коши для ОДУ. Лабораторные задания и методические указания по численным методам.* // ДГУ, Махачкала, 2011

2. Абдурагимов Э.И., Бейбалаев В.Д. *Метод сеток решения уравнений параболического типа. Лабораторные задания и методические указания по численным методам.* // ДГУ, Махачкала, 2010

3. Абдурагимов Э.И., Кадиев Р.И. *Приближенное вычисление интегралов. Лабораторные задания и методические указания по численным методам.* // ДГУ, Махачкала, 2010.

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

1) *eLIBRARY.RU* [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, 1999 – . Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 01.04.2017). – Яз. рус., англ.

2) *Moodle* [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).

3) *Электронный каталог НБ ДГУ* [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения овсех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.03.2018).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебная программа по дисциплине распределена по темам и по часам на лекции, лабораторные и практические занятия; предусмотрена также самостоятельная учебная работа студентов. По каждой теме преподаватель указывает студентам необходимую литературу (учебники, учебные пособия, сборники задач и упражнений), а также соответствующие темам параграфы и номера упражнений и задач.

Самостоятельная работа студентов складывается из работы над лекциями, с учебниками, решения рекомндуемых задач, выполнении лабораторных работ, а также из подготовки к контрольным работам, коллоквиумам и сдаче экзаменов и зачетов.

При работе с лекциями и учебниками особое внимание следует уделить изучению основных понятий и определений по данному разделу, а также особенностям примененных методов и технологий доказательства теорем. Решение достаточного количества задач по данной теме поможет творческому овладению методами доказательства математических утверждений. А выполнение лабораторных работ способствует приобретению навыков решения задач с помощью компьютера.

После изучения каждой темы рекомендуется самостоятельно воспроизвести основные определения, формулировки и доказательства теорем. Для самопроверки рекомендуется также использовать контрольные вопросы, приводимые в учебниках после каждой темы.

Основная цель практических занятий – подготовка студентов к самостоятельной работе над теоретическим материалом и к решению задач и упражнений

Основная цель лабораторных занятий – научиться практически решать задачи по уравнениям математической физики, пользуясь компьютером, научиться составлять

алгоритмы решения задач и соответствующие программы на языках программирования.

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине рекомендуются компьютерные технологии, основанные на операционных системах Windows, Ubuntu, Linux, прикладные программы Mathcad, Matlab, Mathematica, а также сайты образовательных учреждений и журналов, информационно-справочные системы, электронные учебники.

При проведении занятий рекомендуется использовать компьютеры, мультимедийные проекторы, интерактивные экраны.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Университет обладает достаточной базой оснащенных аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины. Кроме того, на факультете 4 компьютерных класса и 4 учебных класса, оснащенных компьютерами с соответствующим программным обеспечением и мультимедиа-проекторами.

В университете имеется необходимый комплект лицензионного программного обеспечения.