

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
научной работе

Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 7

Зачет 7 сем

Общая трудоемкость дисциплины 108.0 (академ. час), 3.00 (з.е)

Составитель Л.И. Мороз, старший преподаватель, канд. физ.-мат. наук

Факультет математики и информатики

Кафедра математического анализа и моделирования

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.03.02 Физика утвержденного, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математического анализа и моделирования

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Максимова Н.Н. Максимова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2022 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

формирование у студентов системы знаний численных методов решения задач алгебры, математического анализа и дифференциальных уравнений, а также освоение методов построения, классификации и анализа математических моделей.

Задачи дисциплины:

- владение численными методами построения, решения и исследования различных задач,
- владение способами разработки и выбора оптимального алгоритма решения конкретных задач, методами обработки и анализа полученных результатов, подходами к корректировке способа решения при наличии особенностей задачи,
- владение методами анализа вопроса устойчивости и сходимости решения, методами оценки границ применимости построенной математической модели.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование» относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Этот курс тесно связан с основными математическими и информационными дисциплинами, изученными ранее: аналитическая геометрия и линейная алгебра, математический анализ, дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление, программирование. Знания, приобретенные в результате освоения дисциплины «Численные методы и математическое моделирование», будут востребованы при написании выпускной квалификационной работы бакалавра (в части применения методологии математического моделирования, а также способов математической обработки и анализа экспериментальных данных).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ИД-1 _{ОПК-2} Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений; ИД-2 _{ОПК-2} Умеет использовать физико-математический аппарат для разработки математических моделей явлений, процессов и объектов при решении задач в профессиональной деятельности; ИД-3 _{ОПК-2} Имеет навыки проведения экспериментов по заданной методике и анализа их результатов.

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.00 зачетных единицы, 108.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

- 4.2 – Лекции в виде практической подготовки
 4.3 – ПЗ (Практические занятия)
 4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки
 4.5 – ЛР (Лабораторные работы)
 4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки
 4.7 – ИКР (Иная контактная работа)
 4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)
 4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)
 5 – Контроль (в академических часах)
 6 – Самостоятельная работа (в академических часах)
 7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Введение в предмет «Численные методы». Точность вычислительного эксперимента. Устойчивость, корректность, сходимость.	7	2		4								1	Устный опрос по теме практической работы «Правила приближенных вычислений», по теме лабораторной работы «Основные приемы работы в ППП Matlab»
2	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений	7	2		4								1	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений»
3	Численные методы линейной алгебры	7	2		4								1	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы решения систем линейных уравнений»
4	Численное решение систем нелинейных уравнений	7	4		4								2	Устный опрос по теме практической работы «Численные

														методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений»
5	Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных	7	2		2								2	Устный опрос по темам практической работы «Интерполирование функций», «Обработка экспериментальных данных»
6	Численное дифференцирование	7	4		4								2	Устный опрос по теме практической работы «Численное дифференцирование»
7	Численное интегрирование	7	4		4								2	Устный опрос по теме практической работы «Численное интегрирование»
8	Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	7	4		6								2	Устный опрос по теме практической работы «Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений» Подготовка к тестированию.
9	Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных	7	4		6								2	Устный опрос по теме практической работы «Численные методы

	ных уравнений.													решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»
10	Метод конечных разностей для численного решения уравнений с частными производными.	7	4		8								2	Устный опрос по теме практической работы «Численное решение уравнений с частными производными»
11	Численное решение интегральных уравнений.	7	2		6								2	Устный опрос по теме практической работы «Численное решение интегральных уравнений». Контрольное тестирование.
12	Зачет	7							0.2				2.8	Подготовка к зачету
	Итого		34.0		52.0		0.0	0.0	0.2	0.0	0.0		21.8	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение в предмет «Численные методы». Точность вычислительного эксперимента. Устойчивость, корректность, сходимость.	Предмет вычислительной математики. Методы вычислительной математики. Численные методы как раздел вычислительной математики. Общие сведения о моделировании. Применение численных методов в математическом моделировании. Правила приближенных вычислений и элементы теории погрешностей. Приближенные числа, абсолютные и относительные погрешности. Арифметические действия над приближенными числами. Виды и источники погрешностей. Устойчивость. Корректность. Сходимость.
2	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений	Метод половинного деления. Метод хорд. Сходимость итерационных последовательностей. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Метод простых итераций. Геометрическая интерпретация рассмотренных методов.
3	Численные методы	Численное решение систем линейных

	линейной алгебры	алгебраических уравнений. Основные понятия. Прямые и итерационные методы. Метод Гаусса. Схема Гаусса с выбором главного элемента. Метод прогонки для решения систем линейных алгебраических уравнений. Применение метода Гаусса к вычислению определителей и к обращению матриц. Метод квадратных корней. Метод LU-разложения. Метод простой итерации. Метод Якоби и метод Зейделя. Теорема о достаточном условии сходимости.
4	Численное решение систем нелинейных уравнений	Метод Ньютона и его модификации. Метод простой итерации, метод покоординатных итераций. Метод Брауна. Метод градиентного спуска.
5	Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных	Постановка задачи аппроксимации функций. Виды аппроксимаций. Интерполирование функций. Постановка задачи интерполяции. Полиномиальная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционные формулы Ньютона для равноотстоящих узлов. Интерполяционные формулы Гаусса, Стирлинга, Бесселя. Интерполяционные сплайны. Подбор эмпирических формул. Метод наименьших квадратов.
6	Численное дифференцирование	Аппроксимация производных. Погрешности, возникающие при численном дифференцировании. Аппроксимация частных производных.
7	Численное интегрирование	Квадратурные формулы. Выбор шага интегрирования. Интегрирование с помощью степенных рядов. Интегралы от разрывных функций. Метод Гаусса. Интегралы с бесконечными пределами. Метод Монте-Карло.
8	Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	Основные понятия и методы решения. Задача Коши. Одношаговые методы. Метод последовательных приближений Пикара. Метод Эйлера. Модификации метода Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Многошаговые методы. Методы Адамса.
9	Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.	Постановка задачи. Методы сведения краевых задач к задачам Коши. Метод конечных разностей. Метод коллокации. Метод Галеркина.
10	Метод конечных разностей для численного решения уравнений с частными производными.	Постановка задач математической физики. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Начальные и краевые условия. Задача Коши. Смешанная задача. Основные определения, конечно-разностная аппроксимация производных в многомерном случае. Метод сеток для уравнений эллиптического типа. Решение задач для криволинейных областей.

		Метод сеток для уравнений параболического и гиперболического типов. Аппроксимация и порядок сходимости. Устойчивость. Сходимость и порядок сходимости. Консервативность и корректность.
11	Численное решение интегральных уравнений.	Основные виды линейных интегральных уравнений. Уравнения Вольтера и Фредгольма. Метод последовательных приближений. Метод конечных сумм.

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Правила приближенных вычислений	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численные методы линейной алгебры	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численное решение систем нелинейных уравнений	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численное дифференцирование	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численное интегрирование	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Метод конечных разностей для численного решения уравнений	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в

с частными производными.	соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).
Численное решение интегральных уравнений.	Решение тест-задач, формализация алгоритмов, решение задач с прикладными постановками в соответствии с содержанием каждой темы дисциплины (по индивидуальным заданиям).

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Введение в предмет «Численные методы». Точность вычислительного эксперимента. Устойчивость, корректность, сходимость.	Самостоятельная работа по теме занятия «Правила приближенных вычислений»	1
2	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений	Самостоятельная работа по теме занятия «Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений»	1
3	Численные методы линейной алгебры	Самостоятельная работа по теме занятия «Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений»	1
4	Численное решение систем нелинейных уравнений	Самостоятельная работа по теме занятия «Численные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений»	2
5	Аппроксимация функций и обработка экспериментальных данных	Самостоятельная работа по теме занятия «Интерполирование функций»	2
6	Численное дифференцирование	Самостоятельная работа по теме занятия «Численное дифференцирование»	2
7	Численное интегрирование	Самостоятельная работа по теме занятия «Численное интегрирование»	2
8	Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений	Самостоятельная работа по теме занятия «Приближенное решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»	2
9	Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.	Самостоятельная работа по теме занятия «Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений»	2

10	Метод конечных разностей для численного решения уравнений с частными производными.	Самостоятельная работа по теме занятия «Метод конечных разностей для численного решения уравнений с частными производными».	2
11	Численное решение интегральных уравнений.	Самостоятельная работа по теме занятия «Численное решение интегральных уравнений». Подготовка к контрольному тестированию.	2
12	Зачет	Подготовка к зачету	2.8

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» используются как традиционные (лекция, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, «мозговой штурм», «метод проектов», возможно использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения:

Численное решение систем нелинейных уравнений. (Проблемная лекция), (Метод группового решения задач)

Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. (Проблемная лекция), (Метод группового решения задач)

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Численные методы и математическое моделирование».

Контроль остаточных знаний по школьному курсу математики осуществляется в начале семестра, в результате которого выявляются сформированность компетенций, уровни владения знаниями, умениями и навыками по материалу элементарной математики за курс средней школы.

Текущий контроль осуществляется посредством промежуточного тестирования. Итоговый контроль – в форме теста.

Примерные вопросы к зачету:

1. Классификация погрешностей. Приближенные числа, их абсолютные и относительные погрешности. Верные знаки числа. Арифметические действия над приближенными числами.

2. Правила приближенных вычислений. Погрешности вычисления значений функции.

3. Устойчивость. Корректность. Сходимость итерационных последовательностей.

4. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Методы дихотомии.

5. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Метод Ньютона. Теорема об оценках погрешности метода Ньютона.

6. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Модификации метода Ньютона.
7. Численные методы решения нелинейных уравнений. Локализация корней. Метод простой итерации.
8. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы. Метод Гаусса. Схема Гаусса с выбором главного элемента.
9. Метод прогонки. Контроль точности при реализации прямых методов решения систем линейных алгебраических уравнений.
10. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Итерационные методы. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Теорема об оценках погрешностей.
11. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Итерационные методы. Метод Якоби и модификация. Теорема об оценках погрешностей.
12. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод простых итераций.
13. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод Ньютона и его модификации.
14. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод Брауна.
15. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод градиентного спуска.
16. Аппроксимация функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
17. Аппроксимация функций. Интерполирование функций. Полиномиальная интерполяция. Интерполяционные формулы Ньютона для равноотстоящих узлов.
18. Аппроксимация функций. Подбор эмпирических формул. Метод наименьших квадратов.
19. Аппроксимация функций. Кусочно-полиномиальная интерполяция.
20. Аппроксимация функций. Сплайн-интерполяция.
21. Численное дифференцирование. Аппроксимация производных. Использование интерполяционных формул.
22. Численное интегрирование. Квадратурные формулы. Выбор шага интегрирования.
23. Численное интегрирование. Квадратурные формулы Гаусса.
24. Численное интегрирование. Метод Монте-Карло.
25. Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Классификация методов. Метод Пикара.
26. Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера и его модификации.
27. Численные методы решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Семейство методов Рунге-Кутты.
28. Линейные многошаговые методы решения задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метода Адамса-Башфорта.
29. Линейные многошаговые методы решения задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Адамса-Моултона.
30. Линейные многошаговые методы решения задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Предикт-корректорные схемы метода Адамса.
31. Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка краевой задачи. Классификация методов.
32. Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод конечных разностей.
33. Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод коллокации.
34. Численные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Галеркина.
35. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. Классификация. Начальные и краевые условия. Задача Коши. Смешанная задача. Конечно-разностные аппроксимации производных в

многомерном случае.

36. Метод сеток для решения задач эллиптического типа.

37. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. ЧМ решения задач параболического типа.

38. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными. ЧМ решения задач гиперболического типа.

39. Численные методы решения интегральных уравнений. Классификация интегральных уравнений.

40. Метод квадратур для решений интегральных уравнений Вольтерра и Фредгольма II рода.

41. Метод последовательных приближений для решений интегральных уравнений.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-0799-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210437> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие / С. В. Поршнев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-1063-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210530> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Вержбицкий, В. М. Численные методы (линейная алгебра и нелинейные уравнения): учеб. пособие для вузов: рек. Мин. обр. РФ / В. М. Вержбицкий. — М.: Высш. шк., 2000. — 268 с.

4. Вержбицкий, В. М. Численные методы (математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения): учеб. пособие для вузов / В.М. Вержбицкий. — М.: Высш. шк., 2001. — 382с.

5. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1888-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212063> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей..

6. Срочко, В. А. Численные методы. Курс лекций : учебное пособие / В. А. Срочко. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1014-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210359> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Формалев, В. Ф. Численные методы [Текст] : учеб. пособие: рек. НМС Мин. обр. РФ / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников ; под ред. А. И. Кибзуна. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2006. - 399 с. : рис. - Библиогр.: с. 391. - ISBN 5-9221-0737-2 (в пер.)

8. Численные методы: использование инструментальных средств и реализация алгоритмов на базе ППП MATLAB [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Масловская, А. В. Павельчук ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2016. - 212 с. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7430.pdf

8. Масловская, А. Г. Основные принципы работы и конструирование интерфейса в MATLAB [Текст] : практикум / А. Г. Масловская, А. В. Рыженко ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2008. - 103 с. : рис. - Библиогр. : с. 10

9. Численные методы и математическое моделирование: сб. учеб.-метод. материалов для направления подготовки 03.03.02 «Физика»/ АмГУ, ФМиИ; сост. А. Г.

Масловская. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 17 с. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7914.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	MATLAB+SIMULINK	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013.
3	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html на условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html .
4	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL https://ru.libreoffice.org/about-us/license/
5	http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU- это крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 14 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 2200 российских научно-технических журналов, в том числе более 1100 журналов в открытом доступе.
6	http://lanbook.com/	Ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.
7	http://www.iprbookshop.ru	Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования.
8	http://exponenta.ru/	Имеются ресурсы: Internet- класс по Высшей Математике; работа с примерами, решенными в средах ППП; банк решенных студенческих задач; обсуждение на форуме.
9	http://www.mathnet.ru/	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru – это современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России. Библиотека ряда рецензируемых периодических изданий по математическому и естественно-научному направлениям, гибкий интерфейс, удобная поисковая система, дополнительные ресурсы. Открыт свободный доступ к полным текстам статей журналов Академиздатцентра "Наука" РАН. Доступ

		предоставляется по прошествии трех лет с момента выхода соответствующего номера журнала.
--	--	--

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://www.runnet.ru	RUNNet (RussianUNiversityNetwork) – научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (NationalResearchandEducationNetworks, NREN) и с Интернет.
2	https://scholar.google.ru/	GoogleScholar — поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
3	http://www.mathnet.ru/	Math- Net.Ru. Общероссийский математический портал. Современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам. Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор. Лекции проводятся в стандартной аудитории, оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин, включая мультимедиа-проектор. Практические работы проводятся в компьютерном классе, в котором установлен и применяется пакет прикладных программ Matlab. Данное оборудование и программное обеспечение применяется при изучении дисциплины.