

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
«ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЗИКИ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 2,3 Семестр 4,5

Экзамен 5 сем Зачет 4 сем

Общая трудоемкость дисциплины 216 (академ. час), 6.00 (з.е)

Составитель Т.В. Труфанова, доцент, канд. техн. 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:

создание математической основы для дальнейшего изучения теоретической физики и специальных дисциплин.

Задачи дисциплины:

овладение умениями и навыками построения математических моделей физических процессов и явлений, аналитического и численного решения и исследования получающихся при этом математических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» относится к дисциплинам базовой части образовательной программы 03.03.02-Физика.

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

3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименования общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ОПК -1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД-1 _{опк-1} Знает основные понятия и законы физики и других естественных наук, методы математического анализа, алгебры и геометрии ИД-2 _{опк-1} Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования ИД-3 _{опк-1} Владеет навыками теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.00 зачетных единицы, 216 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	Классификация уравнений с частными производными 2-го порядка	4	4		8								4	Домашние задания, устный опрос, контрольная работа
2	Уравнения гиперболического типа	4	8		14								8	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание №1
3	Уравнения параболического типа	4	6		12								7.8	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание №2
4	Зачет	4								0.2				
5	Уравнения эллиптического типа	5	8		8								12	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание
6	Распространение волн в пространстве	5	10		10								8	Домашние задания, устный опрос
7	Распространение тепла в пространстве	5	10		10								8	Домашние задания, устный опрос
8	Нелинейные модели диффузионных процессов	5	4		2								6	Домашние задания, устный опрос
9	Нелинейные уравнения волновых процессов	5	2		4								6	Домашние задания, устный опрос
10	Экзамен	5									0.3	35.7		
	Итого			52.0	68.0	0.0	0.0	0.2	0.3		35.7	59.8		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**5.1. Лекции**

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Классификация уравнений с частными производными 2-го порядка	Введение. Основные примеры уравнений математической физики. Практическое применение уравнений математической физики для описания закономерностей различных физических

		<p>явлений. Основные этапы исторического развития математической физики.</p> <p>Классификация уравнений с частными производными второго порядка и приведение их к каноническому виду. Уравнения эллиптического, гиперболического и параболического типов. Уравнение смешанного типа. Простейшие примеры трёх основных типов уравнений с частными производными второго порядка: уравнения Лапласа, волновое уравнение, уравнение теплопроводности.</p>
2	Уравнения гиперболического типа	<p>Простейшие задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Постановка краевых задач. Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний стержней и струн. Энергия колебания струны. Уравнение электрических колебаний в проводах. Граничные и начальные условия</p> <p>Задача Коши для волнового уравнения и распространение волн в неограниченном пространстве. Формула Даламбера. Физическая интерпретация. Устойчивость решений. Полуограниченная прямая и метод продолжений. Методы решения краевых задач. Метод разделения переменных. Собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля. Неоднородные уравнения. Общая первая краевая задача. Краевые задачи со стационарными неоднородностями. Общая схема метода разделения переменных. Решение общих линейных уравнений гиперболического типа.</p>
3	Уравнения параболического типа	<p>Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач. Линейная задача о распространении тепла. Принцип максимального значения. Теорема единственности.</p> <p>Метод разделения переменных. Однородная краевая задача. Функция источника Неоднородное уравнение теплопроводности. Общая первая краевая задача.</p> <p>Задача на бесконечной прямой. Функция источника для неограниченной области. Краевые задачи для полуограниченной прямой.</p>
4	Уравнения эллиптического типа	<p>Задачи, приводящие к уравнению Лапласа. Специальные функции математической физики. Стационарное тепловое поле. Уравнения Лапласа и Пуассона. Постановка основных краевых задач. Уравнение Лапласа в криволинейной системе координат.</p> <p>Фундаментальные решения уравнения Лапласа. Гармонические функции и аналитические функции</p>

		<p>комплексного переменного Формулы Грина. Интегральное представление решения. Основные свойства гармонических функций. Единственность и устойчивость первой краевой задачи. Внешние краевые задачи. Единственность решения для двух и трёхмерных задач. Вторая краевая задача. Теорема единственности</p> <p>Решение краевых задач для простейших областей методами разделения переменных. Первая краевая задача для круга (внешняя и внутренняя задачи Дирихле). Интеграл Пуассона. Функция источника (функция Грина). Функция источника для уравнения Лапласа и её основные свойства.</p>
5	Распространение волн в пространстве	<p>Уравнение колебаний в пространстве. Метод усреднения. Формула Пуассона. Метод спуска. Колебания ограниченных объемов. Общая схема метода разделения переменных. Колебания прямоугольной мембраны. Колебания круглой мембраны.</p>
6	Распространение тепла в пространстве	<p>Распространение тепла в неограниченном пространстве. Функция температурного влияния. Распространение тепла в ограниченных телах. Схема метода разделения переменных. Краевые задачи остывания нагретых тел. Остывание круглого цилиндра, остывание прямоугольного параллелепипеда. Диффузионный процесс в активной среде с размножением. Задача экологического прогнозирования.</p>
7	Нелинейные модели диффузионных процессов	<p>Теория нелинейной теплопроводности. Задача Стефана о фазовом переходе. Распространение тепловых возмущений в нелинейных средах. Задача о влиянии мгновенного сосредоточенного теплового источника.</p>
8	Нелинейные уравнения волновых процессов	<p>Уравнение Колмогорова-Петровского-Пискунова. физическая модели. Уравнение Бюргерса. Уравнение Кортевега- де Фриза.</p>

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Раздел 1. Классификация уравнений с частными производными 2-го порядка	<p>Дифференциальное уравнение с частными производными и его решения. Классификация уравнений с частными производными</p> <p>Приведение к каноническому виду линейных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными. Приведение к каноническому виду линейных уравнений с частными производными второго</p>

	порядка с тремя независимыми переменными.
Раздел 2. Уравнение гиперболического типа.	<p>Волновое уравнение. Общее решение волнового уравнения. Задача Коши для волнового уравнения. Решение уравнений гиперболического типа на полуограниченной прямой. Задача Коши для волнового уравнения с двумя и тремя пространственными переменными.</p> <p>Смешанная задача для уравнения гиперболического типа. Метод разделения переменных - метод Фурье для однородного уравнения с однородными граничными условиями</p> <p>Неоднородная смешанная задача для уравнения гиперболического типа с однородными и неоднородными граничными условиями</p>
Раздел 3. Уравнения параболического типа	<p>Постановка задачи для уравнения теплопроводности. Метод разделения переменных. Однородная краевая задача.</p> <p>Неоднородное уравнение теплопроводности с однородными граничными условиями. Уравнение теплопроводности с неоднородными граничными условиями.</p> <p>Задача Коши для однородного уравнения теплопроводности. Задача Коши для неоднородного уравнения теплопроводности.</p>
Раздел 4. Уравнения эллиптического типа	<p>Основные свойства гармонических функций. Постановка задач для уравнения Лапласа и Пуассона. Задача Дирихле и Неймана</p> <p>Задачи на собственные значения и собственные функции оператора Лапласа.</p> <p>Решение краевых задач для уравнения Лапласа методом разделения переменных.</p>
Раздел 5. Распространение волн в пространстве	<p>Решение смешанной задачи для неоднородного волнового уравнения с неоднородными граничными условиями. Решение краевых задач для уравнения гиперболического типа в пространственных областях. Колебания ограниченных объемов. Общая схема метода разделения переменных. Колебания прямоугольной мембраны. Колебания круглой мембраны.</p>
Раздел 6. Распространение тепла в пространстве	<p>Решение смешанной задачи для неоднородного уравнения теплопроводности с неоднородными граничными условиями. Решение краевых задач для уравнения теплопроводности в пространственных областях.</p>
Раздел 7. Нелинейные модели диффузионных процессов пере-	Краевые задачи остывания нагретых тел.

носа	
Раздел 8. Нелинейные уравнения волновых процессов	Нелинейные уравнения волновых процессов. Уравнение Кортевега – де Фриза.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Классификация уравнений частными производными 2-го порядка	Домашние задания. Контрольная работа	4
2	Уравнения гиперболического типа	Индивидуальное задание №1. Метод Фурье для гиперболических уравнений. Домашние задания.	8
3	Уравнения параболического типа	Индивидуальное задание №2. Метод Фурье для параболических уравнений.	7.8
4	Уравнения эллиптического типа	Индивидуальное задание №3. Уравнения эллиптического типа.	12
5	Распространение волн в пространстве	Домашние задания.	8
6	Распространение тепла в пространстве	Домашние задания.	8
7	Нелинейные модели диффузионных процессов	Домашние задания, контрольная работа.	6
8	Нелинейные уравнения волновых процессов	Домашние задания, контрольная работа.	6

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.

Лекции: традиционное и проблемное изложение теоретического материала, текущий устный опрос, коллоквиумы, использование интерактивных обучающих мультимедиа средств; практические занятия: интерактивные методы решения задач, мозговой штурм, использование наглядных средств, контрольные работы; консультации, самостоятельная работа.

Не имитационные методы обучения: проблемная лекция.

Игровые имитационные методы обучения: мозговой штурм.

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 «Линейные и нелинейные уравнения физики».

В течение обучения студенты разбирают и решают задачи, указанные преподавателем к каждому семинару, разбирают и повторяют основные понятия и теоремы, доказанные на лекциях. В семестрах предусмотрены индивидуальные задания (3) и контрольные работы:

Темы контрольных работ: 1. Задача Коши. 2. Краевые задачи для гиперболического уравнения. 3. Краевые задачи для уравнения теплопроводности. 4. Решение краевых задач для уравнения Лапласа методом разделения переменных ..

Вопросы к зачету, 4-ый семестр

1. Понятие дифференциальных уравнений в частных производных и его решения.
2. Понятие характеристической формы и классификация линейных уравнений 2-го порядка (гиперболического, эллиптического, параболического).
3. Характеристические кривые и характеристические направления.
4. Приведение к каноническому виду уравнений 2-го порядка с двумя переменными.
5. Простейшие задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа (колебание струны, распространение звука, распространение волн).
6. Уравнение малых поперечных колебаний струны.
7. Уравнение продольных колебаний струны (стержня).
8. Энергия колебаний струны.
9. Уравнение колебаний мембраны.
10. Граничные и начальные условия (3 типа).
11. Теорема единственности решения для гиперболического типа.
12. Формула Даламбера. (Решение задачи Коши для гиперболического типа)
13. Устойчивость решения.
14. Метод разделения переменных для уравнения свободных колебаний струны (метод Фурье).
15. Интерпретация решения для волнового уравнения.
16. Простейшие задачи, приводящие к уравнению параболического типа (уравнение теплопроводности, диффузионные процессы).
17. Линейная задача о распространении тепла (уравнение теплопроводности)
18. Постановка краевой задачи для уравнения теплопроводности.
19. Принцип максимального значения для уравнения теплопроводности.
20. Теорема единственности для параболического типа.
21. Метод разделения переменных для уравнения теплопроводности. Однородная краевая задача.
22. Функция источника для уравнения теплопроводности.
23. Неоднородное уравнение теплопроводности и его решение.
24. Общая (первая) краевая задача для уравнения теплопроводности (уравнение и граничные условия неоднородны).
25. Распространение тепла на бесконечной прямой (задача Коши).
26. Интеграл Пуассона для решения уравнения теплопроводности.
27. Краевая задача для полуограниченной прямой (леммы).

Вопросы к экзамену, 5-ый семестр

1. Уравнения эллиптического типа. Задачи, приводящие к уравнениям Лапласа.
2. Уравнения Лапласа в криволинейной системе координат (3 вида: в

сферической, полярной, цилиндрической).

3. Фундаментальные решения уравнения Лапласа.
4. Гармонические функции. Общие свойства функций.
5. Первая и вторая формулы Грина.
6. Основная формула Грина.
7. Внешние краевые задачи для уравнений эллиптического типа.
8. Решение краевых задач для простейших областей методом разделения переменных.
9. Интеграл Пуассона (эллиптические уравнения).
10. Функция источника для уравнения Лапласа.
11. Свойства функции источника для уравнения Лапласа.
12. Уравнения колебания в пространстве.
13. Метод усреднения.
14. Формула Пуассона для решения задачи Коши о распространении волн в пространстве.
15. Метод спуска. Сферические, цилиндрические, плоские волны.
16. Решения уравнений колебания на плоскости и в пространстве (интегральные формулы Кирхгофа).
17. Решение неоднородного волнового уравнения в пространстве.
18. Колебания ограниченных объемов. Общая схема метода разделения переменных.
19. Колебания прямоугольной мембраны.
20. Колебания круглой мембраны.
21. Функция температурного влияния.
22. Распределение тепла в пространстве (неограниченном).
23. Распространение тепла в ограниченных телах. Схема метода разделения переменных.
24. Решение неоднородного уравнения теплопроводности в ограниченных телах.
25. Краевые задачи остывания нагретых тел. Остывание круглого цилиндра, остывание прямоугольного параллелепипеда.
26. Диффузионный процесс в активной среде с размножением. Задача экологического прогнозирования.
27. Специальные функции математической физики.
28. Уравнение Гельмгольца
29. Теория нелинейной теплопроводности. Задача Стефана о фазовом переходе. Решение неоднородного волнового уравнения в пространстве.
30. . Распространение тепловых возмущений в нелинейных средах. Задача о влиянии мгновенного сосредоточенного теплового источника.
31. Уравнение Колмогорова- Петровского- Пискунова. физическая модели. Уравнение Бюргерса. Уравнение Кортевега- де Фриза.

9. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

- 1 Карчевский, М. М. Лекции по уравнениям математической физики: учебное пособие для вузов / М. М. Карчевский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022 — 164 с. — ISBN 978-5 8114-9481-1. — Текст: электронный // Лань: электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195495> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2 Карчевский, М. М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы: учебное пособие / М. М. Карчевский, М. Ф. Павлова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург:

- Лань, 2022 —
276 с. — ISBN 978-5-8114-2133-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212288> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 3 Емельянов, В. М. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач: учебное пособие для вузов / В. М. Емельянов, Е. А. Рыбакина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021 — 216 с. — ISBN 978-5-8114-7173-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156410> (дата обращения: 11.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 4 Павленко, А. Н. Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Павленко, О. А. Пихтилькова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013 — 100 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30134.html>
- 5 Труфанова, Т. В. Методы решения уравнений математической физики [Электронный ресурс]: учеб. пос.: доп. УМО РФ / Т. В. Труфанова, А. Г. Масловская, Е. М. Ве- 11 селова ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2015 - 196 с. - Б. ц. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7321.pdf
- 6 Бицадзе А.В. Сборник задач по уравнениям математической физики: учеб. пособие/ А. В. Бицадзе, Д. Ф. Калиниченко. -3-е изд. - М.: Альянс, 2007 -311 с. 7.Труфанова Т.В. Уравнения математической физики: учеб. пособие: Т. В. Труфанова, Е.М. Веселова; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2010 -112 с.
- 7 Практическое решение уравнений математической физики [Электронный ресурс]: учеб. -метод. пособие. Ч. 1 Гиперболические уравнения / АмГУ, ФМиИ ; сост. Т. В. Труфанова. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2019 - 32 с. - Б. ц. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11386.pdf
- 8 Практическое решение уравнений математической физики [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. Ч. 2 Параболические и эллиптические уравнения / АмГУ, ФМиИ ; сост. Т. В. Труфанова. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2020 - 31 с. - Б. ц. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11500.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	Операционная система MS Windows XP SP3	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный

		договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
3	MS Office 2013/2016 PRO PLUS Academic	Сублицензионный договор № Tr000027462 от 10.12.2015.
4	http://www.amursu.ru	Официальный сайт ФГОУ ВО «Амурский государственный университет»
5	http://www.iprbookshop.ru/	Научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу
6	http://e.lanbook.com	Электронно- библиотечная система Издательство «Лань» – тематические пакеты: математика, физика, инженерно- технические науки. 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.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://scholar.google.ru/	GoogleScholar — поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
2	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
3	https://uisrussia.msu.ru/	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ).
4	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 «Линейные и нелинейные уравнения физики» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 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.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета

Специального оборудования для освоения и преподавания дисциплины не требуется. Для наглядности представляемого материала студентами и преподавателем используется мультимедиа.

