Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет искусственного интеллекта

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направлений подготовки:

02.03.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ;
09.03.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» входит в программу бакалавриата «Искусственный интеллект: разработка и обучение интеллектуальных систем» по направлениям подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии и 09.03.03 Прикладная информатика, и изучается в 4 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Кафедра прикладного искусственного интеллекта. Дисциплина состоит из 6 разделов и 51 тема и направлена на изучение теории и методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) первого и высших порядков, систем линейных и нелинейных ОДУ, качественной теории динамических систем, численных методов интегрирования ОДУ, а также приложений дифференциальных уравнений к моделированию непрерывных динамических процессов, включая нейронные обыкновенные дифференциальные уравнения (Neural ODE), физически обоснованные нейронные сети (PINN) и модели временных рядов.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области теории дифференциальных уравнений и динамических систем, необходимых для построения математических моделей непрерывных процессов, анализа их качественных свойств, применения численных методов решения ОДУ, а также для понимания современных архитектур ИИ, основанных на дифференциальных уравнениях (Neural ODE, диффузионные модели), и построения предсказательных моделей динамических систем.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Дифференциальные уравнения» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает основные понятия и методы линейной алгебры, математического анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, дифференциальных уравнений и применяет их для формализации задач в области ИИ; ОПК-1.2 Умеет строить математические модели процессов и явлений, применять методы численного анализа и оптимизации для решения задач машинного обучения и обработки данных;
MF-4	Способен применять статистические методы для анализа данных, валидации моделей машинного обучения и проведения экспериментов в области ИИ	MF-4.2 Способен применять статистические методы для построения предсказательных моделей, включая методы для анализа и прогнозирования временных рядов, а также моделирования нестационарных случайных процессов;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	**Наименование компетенции**	**Предшествующие дисциплины/модули, практики***	**Последующие дисциплины/модули, практики***
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Линейная алгебра; Дискретная математика; Математический анализ; Теория вероятностей и математическая статистика; Численная линейная алгебра; Статистические методы и первичный анализ данных;	Методы машинного обучения; Оптимизация моделей машинного обучения; Основы глубокого обучения; Нейронные сети;
MF-4	Способен применять статистические методы для анализа данных, валидации моделей машинного обучения и проведения экспериментов в области ИИ	Теория вероятностей и математическая статистика; Статистические методы и первичный анализ данных;	Эксплуатационная практика (производственная); Методы машинного обучения; *Обработка сигналов***; *Анализ временных рядов***; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Дифференциальные уравнения» составляет «5» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	**ВСЕГО,** ак.ч.		Семестр(-ы)
			4
Контактная работа, ак.ч.	*102*		*102*
Лекции (**ЛК**)	34		34
Лабораторные работы (**ЛР**)	0		0
Практические/семинарские занятия (**СЗ**)	68		68
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	*51*		*51*
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	*27*		*27*
Общая трудоемкость дисциплины	**ак.ч.**	***180***	*180*
	зач.ед.	***5***	*5*

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
Раздел 1	Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка	1.1	Основные понятия и теорема существования и единственности	Определение ОДУ, порядок, общее и частное решения, начальная задача (задача Коши). Геометрическая интерпретация: поле направлений, интегральные кривые. Теорема Пикара — Линделёфа: существование и единственность решения, условие Липшица. Связь с обучением нейронных сетей: траектория обучения как решение ОДУ	ЛК	ОПК-1.1, MF-4.2
		1.2	Уравнения с разделяющимися переменными и однородные уравнения	Уравнения с разделяющимися переменными: метод решения, примеры. Однородные уравнения: подстановка y = ux. Уравнения, приводимые к однородным. Примеры из моделей роста (экспоненциальный рост, логистическое уравнение)	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		1.3	Линейные уравнения первого порядка и уравнение Бернулли	Линейное ОДУ первого порядка: метод вариации постоянной, формула общего решения. Уравнение Бернулли и замена переменной. Уравнение в полных дифференциалах, интегрирующий множитель. Связь линейного ОДУ с экспоненциальным сглаживанием временных рядов	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2, MF-4.2
		1.4	Практикум: поля направлений и визуализация решений	Построение полей направлений и интегральных кривых в Python (Matplotlib, quiver). Геометрический анализ поведения решений. Влияние начальных условий на траекторию. Визуализация семейств решений	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		1.5	Практикум: уравнения с разделяющимися переменными	Решение задач на уравнения с разделяющимися переменными аналитически и проверка в Python (SymPy). Модель экспоненциального роста и распада. Задачи на определение времени полураспада, удвоения	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		1.6	Практикум: однородные уравнения и замены переменных	Решение однородных уравнений методом подстановки. Уравнения, приводимые к однородным. Геометрическая интерпретация: самоподобие интегральных кривых	СЗ	ОПК-1.1
		1.7	Практикум: линейные ОДУ и метод вариации постоянной	Решение линейных ОДУ первого порядка. Задачи на нахождение общего и частного решений. Уравнение Бернулли: сведение к линейному	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
		1.8	Практикум: уравнения в полных дифференциалах	Проверка условия полного дифференциала. Нахождение потенциала. Интегрирующий множитель: подбор для специальных случаев	СЗ	ОПК-1.1
		1.9	Практикум: моделирование процессов ОДУ первого порядка	Логистическое уравнение: аналитическое решение, точка перегиба, пределы роста. Модель охлаждения Ньютона. Модели диффузии. Сравнение аналитического решения с численным (scipy.integrate.solve_ivp). Интерпретация в контексте моделирования динамики обучения	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
Раздел 2	ОДУ высших порядков и линейные ОДУ с постоянными коэффициентами	2.1	Линейные ОДУ n-го порядка: теоретические основы	Определение линейного ОДУ n-го порядка. Принцип суперпозиции. Линейная зависимость и независимость решений, определитель Вронского. Фундаментальная система решений. Структура общего решения однородного и неоднородного уравнений	ЛК	ОПК-1.1
		2.2	Линейные ОДУ с постоянными коэффициентами: однородные	Характеристическое уравнение. Случаи: различные вещественные корни, кратные корни, комплексные корни. Построение фундаментальной системы решений. Колебательные и апериодические режимы. Связь с анализом устойчивости линейных систем	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		2.3	Линейные ОДУ с постоянными коэффициентами: неоднородные	Метод неопределённых коэффициентов: подбор частного решения для правых частей специального вида (многочлены, экспоненты, тригонометрические функции, резонансный случай). Метод вариации постоянных (Лагранжа) для произвольной правой части	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		2.4	Практикум: линейная зависимость и вронскиан	Проверка линейной независимости системы функций. Вычисление определителя Вронского. Построение фундаментальных систем решений. Задачи на применение формулы Лиувилля — Остроградского	СЗ	ОПК-1.1
		2.5	Практикум: однородные ОДУ с постоянными коэффициентами	Составление и решение характеристических уравнений 2-го, 3-го и 4-го порядков. Построение общих решений для всех типов корней. Качественный анализ: затухание, осцилляции, апериодические режимы	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		2.6	Практикум: метод неопределённых коэффициентов	Нахождение частных решений для правых частей вида $e^{\alpha x}$, $\sin(\beta x)$, $\cos(\beta x)$, многочлен × экспонента. Резонансный случай. Задачи повышенной сложности	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		2.7	Практикум: метод вариации постоянных	Применение метода Лагранжа для ОДУ 2-го порядка с	СЗ	ОПК-1.1,

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				произвольной правой частью. Вычисление интегралов. Проверка решений подстановкой и в SymPy		ОПК-1.2
		2.8	Практикум: гармонический осциллятор и резонанс	Уравнение гармонического осциллятора с затуханием и внешней силой: свободные колебания, вынужденные колебания, резонанс. Визуализация в Python. Аналогия с динамикой обучения: колебания loss вблизи минимума при большом learning rate	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
		2.9	Практикум: символьное и численное решение в Python	Решение ОДУ высших порядков в SymPy (dsolve). Сравнение аналитических решений с численными (solve_ivp). Задачи на верификацию: совпадение аналитического и численного решений	СЗ	ОПК-1.2
Раздел 3	Системы обыкновенных дифференциальных уравнений	3.1	Системы линейных ОДУ: основные понятия	Запись системы в матричной форме: x’ = Ax. Фундаментальная матрица решений, матричная экспонента e^{At}. Формула Коши. Связь ОДУ n-го порядка и системы n уравнений первого порядка. Матричная экспонента как оператор эволюции состояния	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		3.2	Решение линейных систем с постоянными коэффициентами	Метод собственных значений и собственных векторов для системы x’ = Ax. Случаи: вещественные различные, кратные, комплексные собственные значения. Жорданова нормальная форма и обобщённые собственные векторы	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		3.3	Неоднородные системы и матричная экспонента	Неоднородная система x’ = Ax + f(t). Метод вариации постоянных для систем. Вычисление матричной экспоненты: разложение в ряд, через Жорданову форму, через собственные значения. Связь с ResNet: x_{n+1} = x_n + f(x_n, θ) как дискретизация x’ = f(x, θ)	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2, MF-4.2
		3.4	Практикум: матричная запись и фундаментальная матрица	Перевод скалярных ОДУ и систем в матричную форму. Вычисление фундаментальной матрицы для систем 2×2. Проверка: определитель Вронского	СЗ	ОПК-1.1
		3.5	Практикум: метод собственных значений для систем 2×2	Решение систем 2×2 методом собственных значений для всех типов спектра. Построение общего решения. Визуализация компонент решения и фазовых траекторий	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		3.6	Практикум: комплексные и кратные собственные значения	Системы с комплексно-сопряжёнными собственными значениями: спиральные решения. Системы с кратными собственными значениями: Жорданова клетка. Построение решений	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
		3.7	Практикум: вычисление матричной экспоненты	Вычисление e^{At} различными способами: через собственные разложения, через Жорданову форму, через разложение в ряд. Численное вычисление: scipy.linalg.expm. Верификация: $(e^{At})' = A \cdot e^{At}$	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		3.8	Практикум: неоднородные системы	Метод вариации постоянных для систем 2×2. Вычисление частного решения. Задачи повышенной сложности: системы с разрывными правыми частями	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		3.9	Практикум: системы ОДУ в Python и аналогия с нейронными сетями	Решение систем ОДУ с помощью solve_ivp. Модель «хищник — жертва» (Лотки — Вольтерры): фазовые портреты, влияние параметров. Демонстрация связи ResNet и дискретизации ОДУ: x_{k+1} = x_k + h·f(x_k)	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
Раздел 4	Качественная теория и устойчивость	4.1	Фазовая плоскость и классификация особых точек линейных систем	Фазовое пространство, фазовые траектории, фазовый портрет. Классификация особых точек системы $x' = Ax$: узел (устойчивый/неустойчивый), седло, фокус (устойчивый/неустойчивый), центр, вырожденный узел. Зависимость типа от собственных значений	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2, MF-4.2
		4.2	Устойчивость по Ляпунову	Определение устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости по Ляпунову. Устойчивость линейных систем: критерий через собственные значения. Метод функций Ляпунова для нелинейных систем. Связь с анализом сходимости градиентного спуска	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2, MF-4.2
		4.3	Нелинейные системы: линеаризация и бифуркации	Теорема Гробмана — Хартмана: локальная эквивалентность нелинейной системы и её линеаризации (вне вырожденных случаев). Бифуркации: седло-узел, вилка, Хопфа. Предельные циклы: теорема Пуанкаре — Бендиксона. Обзор хаотического поведения (аттрактор Лоренца)	ЛК	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		4.4	Практикум: фазовые портреты линейных систем	Построение фазовых портретов для систем 2×2 с различными типами собственных значений. Классификация особых точек. Визуализация в Python (streamplot). Влияние параметров на тип особой точки	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		4.5	Практикум: классификация особых точек по следу и определителю	Плоскость (tr A, det A): области различных типов поведения. Построение диаграммы. Определение типа особой точки по матрице системы без вычисления собственных значений	СЗ	ОПК-1.1
		4.6	Практикум: метод функций Ляпунова	Построение функций Ляпунова для модельных систем.	СЗ	ОПК-1.2,

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				Проверка условий теоремы Ляпунова. Области притяжения. Связь с функциями потерь: loss как функция Ляпунова для динамики обучения		MF-4.2
		4.7	Практикум: линеаризация нелинейных систем	Нахождение точек равновесия нелинейных систем. Вычисление якобиана. Линеаризация и определение типа устойчивости. Применение к модели Лотки — Вольтерры и другим экологическим моделям	СЗ	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		4.8	Практикум: бифуркации и параметрический анализ	Построение бифуркационных диаграмм для параметрических семейств ОДУ. Бифуркация седло-узла, транскритическая бифуркация, вилочная бифуркация. Бифуркация Хопфа: рождение предельного цикла. Визуализация в Python	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
		4.9	Практикум: хаотические системы (обзор)	Система Лоренца: численное интегрирование, визуализация аттрактора, чувствительность к начальным условиям. Показатели Ляпунова (концепция). Демонстрация невозможности долгосрочного прогноза. Связь с задачами прогнозирования хаотических временных рядов	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
Раздел 5	Численные методы решения ОДУ	5.1	Одношаговые методы: Эйлер и Рунге — Кутта	Метод Эйлера (явный и неявный): идея, порядок точности, устойчивость. Методы Рунге — Кутты: общая схема, таблица Бутчера. Классический метод RK4: алгоритм, порядок точности $O(h^4)$. Адаптивный выбор шага: метод вложенных пар (Дормана — Принса). Связь с дискретизацией Neural ODE	ЛК	ОПК-1.2, MF-4.2
		5.2	Многошаговые методы и жёсткие системы	Методы Адамса (явные и неявные). Методы предиктор-корректор. Жёсткие (stiff) системы: определение, проблемы явных методов. Неявные методы для жёстких систем: BDF. Область устойчивости метода. A-устойчивость. Связь с обучением глубоких сетей: stiffness в ландшафте потерь	ЛК	ОПК-1.2, MF-4.2
		5.3	Контроль точности и инфраструктура решателей ОДУ	Локальная и глобальная ошибки. Оценка ошибки методом Ричардсона. Адаптивное управление шагом: стратегии контроля. Обработка событий (event detection). Обзор solve_ivp: методы RK45, RK23, DOP853, Radau, BDF, LSODA. Выбор метода для конкретной задачи	ЛК	ОПК-1.2
		5.4	Практикум: метод Эйлера — реализация и анализ ошибок	Программная реализация явного и неявного метода Эйлера. Исследование зависимости ошибки от шага. Визуализация:	СЗ	ОПК-1.2

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				численное vs. аналитическое решение. Оценка порядка точности экспериментально		
		5.5	Практикум: метод Рунге — Кутты 4-го порядка	Реализация RK4. Сравнение точности с методом Эйлера. Решение системы «хищник — жертва» методом RK4. Визуализация фазового портрета. Сравнение с scipy solve_ivp(method=‘RK45’)	СЗ	ОПК-1.2
		5.6	Практикум: адаптивный выбор шага и жёсткие системы	Реализация простейшего адаптивного алгоритма (метод вложенных пар). Пример жёсткой системы: проблемы при использовании RK4. Решение жёсткой системы неявным методом (solve_ivp, method=‘Radau’). Сравнение числа шагов	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
		5.7	Практикум: численное решение систем ОДУ для моделирования	Моделирование динамических систем: эпидемиологическая модель SIR, модель химической кинетики, осциллятор Ван дер Поля. Численное интегрирование, визуализация, анализ чувствительности к параметрам	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
		5.8	Практикум: дискретизация ОДУ и связь с архитектурами нейронных сетей	Прямой метод Эйлера: $x_{k+1} = x_k + h \cdot f(x_k) \leftrightarrow$ ResNet-блок. Неявный Эйлер и обратимые архитектуры. Схемы Рунге — Кутты и мультистадийные блоки. Демонстрация: обучение простой Neural ODE (torchdiffeq, обзор)	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2
Раздел 6	Приложения дифференциальных уравнений к моделированию и ИИ	6.1	Neural ODE: непрерывные модели глубокого обучения	Идея Neural ODE (Chen et al., 2018): скрытое состояние определяется ОДУ $dh/dt = f\theta(h, t)$. Прямой проход как интегрирование ОДУ. Обратный проход: метод adjoint state для экономии памяти. Сравнение с ResNet. Преимущества: непрерывная глубина, адаптивные вычисления	ЛК	ОПК-1.2, MF-4.2
		6.2	Диффузионные модели и стохастические дифференциальные уравнения	Стохастические дифференциальные уравнения (СДУ): обзор, уравнение Ланжевена. Прямой диффузионный процесс: постепенное добавление шума. Обратный процесс: обучение нейросети для денойзинга. Связь DDPM с SDE (Song et al., 2021). Score matching и уравнение Фоккера — Планка (обзор)	ЛК	MF-4.2, ОПК-1.2
		6.3	Практикум: моделирование временных рядов с помощью ОДУ	Построение модели непрерывной динамики для временного ряда. Линейная система ОДУ как авторегрессионная модель непрерывного времени. Идентификация параметров по данным (метод наименьших квадратов). Прогнозирование. Сравнение с ARIMA	СЗ	MF-4.2, ОПК-1.2

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
		6.4	Практикум: физически обоснованные модели (PINN — обзор)	Концепция Physics-Informed Neural Networks (Raisini et al., 2019): обучение нейронной сети с функцией потерь, включающей невязку дифференциального уравнения. Демонстрация: решение простого ОДУ с помощью PINN. Сравнение с численным решением	СЗ	MF-4.2, ОПК-1.2
		6.5	Практикум: Neural ODE — демонстрация	Обучение Neural ODE для аппроксимации траекторий динамической системы. Использование библиотеки torchdiffeq. Визуализация: выученные траектории vs. истинные. Анализ: адаптивный шаг интегрирования, влияние на время обучения	СЗ	MF-4.2, ОПК-1.2
		6.6	Практикум: диффузионный процесс — прямой и обратный	Реализация прямого диффузионного процесса: постепенное добавление гауссовского шума к изображению. Визуализация эволюции. Обратный процесс: обучение простой денойзинг-сети. Связь расписания шума с дискретизацией СДУ	СЗ	MF-4.2, ОПК-1.2
		6.7	Практикум: комплексная задача — от ОДУ к модели ИИ	Сквозная задача: описание динамической системы → формулировка ОДУ → аналитическое/качественное исследование → численное решение → обучение нейросетевой модели на данных системы → сравнение подходов → выводы о применимости моделей на основе ОДУ	СЗ	ОПК-1.2, MF-4.2

* - заполняется только по **<u>ОЧНОЙ</u>** форме обучения: *ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.*

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	**Оснащение аудитории**	**Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)**
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Персональные компьютеры, необходимое ПО
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Персональные компьютеры, необходимое ПО

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО**!

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Муратова, Т. В. Дифференциальные уравнения : учебник и практикум для вузов / Т. В. Муратова. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 524 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19174-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/582943

2. Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения в примерах и задачах : учебное пособие / Г.С. Жукова. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 348 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1072182. - ISBN 978-5-16-019782-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2082671

Дополнительная литература:

1. Дайзенрот, М. П., Фейзал, А. А., Он, Ч. С. Математика в машинном обучении = Mathematics for machine learning : докопайся до сути / М. П. Дайзенрот, А. А. Фейзал, Ч. С. Он; пер. с англ. С. Черникова. — СПб. : Питер, 2024. — 507 с. : ил. — (Для профессионалов). — ISBN 978-5-4461-1788-8

2. Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения в примерах и задачах: учебное пособие / Г.С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 348 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1072182. - ISBN 978-5-16-019782-1. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2082671

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» http://www.biblioclub.ru
- ЭБС «Юрайт» http://www.biblio-online.ru
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Знаниум» https://znanium.ru/

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage https://journals.sagepub.com/
- Springer Nature Link https://link.springer.com/
- Wiley Journal Database https://onlinelibrary.wiley.com/
- Наукометрическая база данных Lens.org https://www.lens.org

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Дифференциальные уравнения».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС**!