

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Дифференциальные уравнения
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Фундаментальная радиофизика
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
3	Базовая. Блок 1.	Дисциплина <i>Б1. О.15 Дифференциальные уравнения</i> относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП по направлению подготовки 03.03.03 "Радиофизика" с профилем «Фундаментальная радиофизика». Дисциплина обязательна для освоения во 2 семестре.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики.	Знает основные понятия и теоремы курса «Дифференциальные уравнения», логические связи между понятиями и теоремами, основные методы доказательств и решения задач в курсе. Умеет применять методы и приемы решения задач из различных разделов дисциплины; применять математические методы для решения задач физики; использовать адекватный математический аппарат; выполнять математическую обработку результатов экспериментов; выполнять приближенные вычисления и оценивать их погрешность; использовать методы математического моделирования в практической деятельности; Владеет методами решения различных задач, понятийным аппаратом дисциплины «Дифференциальные уравнения», современными знаниями о математическом анализе и его приложениях.	Теоретический вопрос на экзамене

	ОПК-1.2. Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач.	<p>Знает основополагающие принципы, понятия и факты теории дифференциальных уравнений: основные понятия, формулы, теоремы.</p> <p>Умеет применять методы решения дифференциальных уравнений и их систем к анализу физических аспектов теории при решении научно-исследовательских задач.</p> <p>Владеет опытом анализа физических аспектов аппарата дифференциальных уравнений и его использования для решения научно-исследовательских задач.</p>	Теоретический вопрос на экзамене
	ОПК-1.3. Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности.	<p>Знает методы решения ключевых задач дисциплины «Дифференциальные уравнения».</p> <p>Умеет решать практические задачи в области физики и радиофизики с помощью прикладных аспектов дифференциальных уравнений.</p> <p>Владеет навыками применения аппарата дифференциальных уравнений для решения задач профессиональной деятельности.</p>	Контрольная работа, практическое задание на экзамене

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	82
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСРИФ)	2
самостоятельная работа	17
Промежуточная аттестация – экзамен.	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Консультации	Всего	
		Очная	Очная	Очная	Очная	
Тема 1. Дифференциальные уравнения первого порядка.	31	16	10	0	26	5
Тема 2. Дифференциальные уравнения высших порядков.	33	16	12	0	28	5
Тема 3. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений.	33	16	10	0	26	7
КСР	2	0	0	2	2	0
Итоговая аттестация (экзамен)	45	0	0	0	0	0
Итого	144	48	32	2	82	17

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки.

На практических занятиях более подробно изучается программный материал в плоскости отработки практических умений и навыков и усвоения следующих тем:

1. Уравнения с разделяющимися переменными. Однородные уравнения. Линейные уравнения первого порядка. Уравнения в полных дифференциалах. Уравнения, не разрешенные относительно производной. Особые решения. Уравнения Лагранжа и Клеро. Интегрирование уравнений с помощью тригонометрической или гиперболической параметризации. Линейные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов. Операторный метод.
2. Уравнения, допускающие понижение порядка. Линейные уравнения n -го порядка с постоянными коэффициентами. Операторный метод. Метод разложения оператора на дроби. Уравнение Эйлера. Метод вариации произвольных постоянных.
3. Операторный метод решения систем линейных дифференциальных уравнений. Системы, не приведенные к нормальному виду. Метод Эйлера решения линейных систем. Решение дифференциальных уравнений с помощью степенных рядов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие знаний, умений и навыков применения аппарата дифференциальных уравнений для решения задач профессиональной деятельности.

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме проведения контрольной работы и проверки выполнения домашних заданий.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Дифференциальные уравнения» включает выполнение практических заданий под контролем преподавателя, а также подготовку к контрольной работе и экзамену.

Контрольные вопросы и практические задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми и ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Уровень подготовки	
Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Вопросы по теории к экзамену по дисциплине «Дифференциальные уравнения» для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Вопрос	Код компетенции
1. Основные определения: обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения в частных производных, порядок уравнения, общее и частное решения, общий (частный) интеграл. Примеры.	ОПК-1
2. Задача Коши. Краевая задача.	ОПК-1
3. Метод построения дифференциального уравнения по заданному общему решению. Пример.	ОПК-1
4. Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной. Изоклины, линии экстремумов, линии точек перегиба, поле направлений, построение интегральных кривых.	ОПК-1
5. Изогональные (ортогональные) траектории. Метод их отыскания.	ОПК-1

6.	Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и приводимые к ним.	ОПК-1
7.	Однородные дифференциальные уравнения первого порядка и приводимые к ним.	ОПК-1
8.	Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши для дифференциального уравнения первого порядка, разрешенного относительно производной. Особые точки.	ОПК-1
9.	Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Свойства однородного и неоднородного уравнений. Отыскание общего решения линейного неоднородного уравнения, его структура.	ОПК-1
10.	Свойства решений однородного и неоднородного уравнений. Построение общего решения по известным частным решениям.	ОПК-1
11.	Метод вариации постоянной для отыскания общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка.	ОПК-1
12.	Метод Бернулли (u на v) отыскания общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка.	ОПК-1
13.	Метод Эйлера (интегрирующего множителя) для отыскания общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка.	ОПК-1
14.	Примеры прикладных задач, в которых возникают линейные дифференциальные уравнения и уравнения с разделяющимися переменными.	ОПК-1
15.	Дифференциальные уравнения первого порядка, сводимые к линейным: Бернулли, Дарбу, Риккати.	ОПК-1
16.	Уравнение в полных дифференциалах. Понятие первого интеграла.	ОПК-1
17.	Необходимое и достаточное условие, чтобы дифференциальное уравнение первого порядка являлось уравнением в полных дифференциалах.	ОПК-1
18.	Интегрирующий множитель. Теоремы об интегрирующем множителе.	ОПК-1
19.	Приемы отыскания интегрирующих множителей.	ОПК-1
20.	Простые особые точки. Особые решения.	ОПК-1
21.	Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной. Уравнения, не содержащие явно независимой переменной, неизвестной функции.	ОПК-1
22.	Уравнение с однородной функцией. Общий случай введения параметра.	ОПК-1
23.	Дифференциальные уравнения, разрешимые относительно аргумента или функции. Уравнение Лагранжа.	ОПК-1
24.	Уравнение Клеро. Понятия S -дискриминантной кривой и огибающей семейства кривых, их связь. Теорема об огибающей семейства интегральных кривых.	ОПК-1
25.	Теорема о существовании решения уравнения первого порядка, не разрешенного относительно производной.	ОПК-1
26.	Сведение уравнения n -го порядка, разрешенного относительно старшей производной, к нормальной системе уравнений. Теорема существования и единственности решения уравнения n -го порядка, разрешенного относительно старшей производной, как следствие теоремы существования и единственности решения нормальной системы.	ОПК-1
27.	Некоторые способы понижения порядка дифференциального уравнения, не разрешенного относительно старшей производной.	ОПК-1

28.	Теорема существования и единственности решения линейного дифференциального уравнения n -го порядка. Понятие линейного дифференциального оператора, его свойства.	ОПК-1
29.	Определитель Вронского для решений однородного уравнения, его свойства.	ОПК-1
30.	Фундаментальная система решений. Теоремы о существовании фундаментальной системы решений, о ее линейном невырожденном преобразовании.	ОПК-1
31.	Теорема о структуре общего решения линейного однородного дифференциального уравнения n -го порядка.	ОПК-1
32.	Теорема о максимальном числе линейно независимых решений однородного уравнения. Теорема о тождественности линейных уравнений с одной и той же фундаментальной системой решений.	ОПК-1
33.	Построение линейного однородного дифференциального уравнения n -го порядка по фундаментальной системе решений.	ОПК-1
34.	Правило дифференцирования функционального определителя. Формула Лиувилля. Применение формулы Лиувилля для понижения порядка линейного однородного уравнения 2-го порядка.	ОПК-1
35.	Способ понижения порядка линейного однородного дифференциального уравнения, когда известно его частное решение.	ОПК-1
36.	Структура общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения n -го порядка. Принцип суперпозиции.	ОПК-1
37.	Метод вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения линейного неоднородного дифференциального уравнения n -го порядка. Интегральная запись частного решения. Функция Грина.	ОПК-1
38.	Линейное однородное дифференциальное уравнение n -го порядка с постоянными коэффициентами. Оператор дифференцирования. Операторные многочлены и их свойства. Разложение операторного многочлена на линейные множители.	ОПК-1
39.	Характеристический многочлен и характеристическое уравнение. Построение фундаментальной системы решений линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами в случае простых корней характеристического многочлена (действительных и комплексных).	ОПК-1
40.	Формула смещения. Действие операторного многочлена на простейшие функции.	ОПК-1
41.	Построение фундаментальной системы решений линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами в случае кратных корней характеристического многочлена (действительных и комплексных).	ОПК-1
42.	Квазиполиномы и их свойства. Теорема о структуре частного решения линейного неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами и квазиполиномом в правой части.	ОПК-1
43.	Операторный метод отыскания частного решения линейного неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами. Понятие обратного оператора, его свойства. Действие обратного оператора на простейшие функции. Формула смещения для обратного оператора. Разложение обратного оператора на простейшие дроби.	ОПК-1
44.	Уравнение Эйлера. Представление фундаментальной системы решений уравнения Эйлера в зависимости от вида корней характеристического многочлена. Способ отыскания частного решения уравнения Эйлера.	ОПК-1

45.	Теорема существования решений дифференциального уравнения в виде степенного ряда (без доказательства). Уравнение Эйри.	ОПК-1
46.	Теорема существования решений дифференциального уравнения в виде обобщенного степенного ряда (без доказательства). Уравнение Бесселя.	ОПК-1
47.	Теорема об эквивалентности нормальной системы n дифференциальных уравнений одному уравнению n -го порядка, разрешенного относительно старшей производной. Метод исключения.	ОПК-1
48.	Нормальная система линейных однородных уравнений с непрерывными коэффициентами. Теоремы о тривиальном решении, о линейной комбинации решений, о линейной зависимости решений.	ОПК-1
49.	Фундаментальная система решений. Теорема о ее существовании. Структура общего решения линейной однородной системы.	ОПК-1
50.	Теоремы о максимальном числе линейно независимых решений, о линейном невырожденном преобразовании фундаментальной системы решений.	ОПК-1
51.	Определитель Вронского для системы решений нормальной системы линейных однородных уравнений, его свойства.	ОПК-1
52.	Построение линейной однородной нормальной системы дифференциальных уравнений по ее фундаментальной системе решений.	ОПК-1
53.	Формула Лиувилля для определителя Вронского фундаментальной системы решений.	ОПК-1
54.	Теорема о структуре общего решения линейной неоднородной нормальной системы дифференциальных уравнений.	ОПК-1
55.	Метод вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения линейной неоднородной системы.	ОПК-1
56.	Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Характеристическая матрица и характеристическое уравнение. Вид фундаментальной системы решений в случае простых корней (действительных и комплексных).	ОПК-1
57.	Вид фундаментальной системы решений в случае, когда характеристическое уравнение имеет кратные корни: а) ранг характеристической матрицы r имеет наименьшее значение ($r=n-m$, m - кратность корня), б) $r>n-m$.	ОПК-1
58.	Метод исключения для линейных систем дифференциальных уравнений произвольного вида с постоянными коэффициентами.	ОПК-1
59.	Теорема о непрерывной зависимости решения нормальной системы от начальных условий и параметров. Теорема о дифференцируемости решения по начальным условиям и по параметру (без доказательства). Определение первого интеграла для нормальной системы дифференциальных уравнений, их независимость. Существование n независимых первых интегралов, как следствие теоремы о дифференцируемости решений нормальной системы по начальным условиям.	ОПК-1
60.	Необходимое и достаточное условие для того, чтобы непрерывно-дифференцируемая функция являлась первым интегралом нормальной системы дифференциальных уравнений.	ОПК-1
61.	Теорема о максимальном числе независимых первых интегралов.	ОПК-1

62.	Эквивалентность отыскания n независимых первых интегралов построению общего решения нормальной системы дифференциальных уравнений.	ОПК-1
63.	Способ понижения порядка нормальной системы, если известна часть первых интегралов.	ОПК-1
64.	Симметричная форма системы дифференциальных уравнений. Необходимое и достаточное условие для того, чтобы заданная функция была первым интегралом симметричной системы. Интегрируемые комбинации.	ОПК-1

5.2.2. Типовые практические задания для экзамена (для оценки сформированности умений и навыков компетенции ОПК-1)

Пример практических заданий для экзамена по курсу «Дифференциальные уравнения»

- $xy' = e^y + 2y'$
- $\left(\frac{\sin x}{y} + 1\right) dy + \left(\cos x - \frac{x^2}{y}\right) dx = 0$
- $(y')^2 - 2xy' = 8x^2$
- $(xy - 1)^2 xy' + (x^2 y^2 + 1)y = 0$
- $x dy - 2y dx + xy^2(2x dy + y dx) = 0$
- $x^5 y dx + (y^4 \ln y - 3x^6) dy = 0$
- $y''' - y'' - y' + y = 3e^x + 5x \sin x$
- $\begin{cases} \dot{x} = 4x + y - e^{2t} \\ \dot{y} = y - 2x \end{cases}$
- $\begin{cases} \ddot{x} - 2\ddot{y} + \dot{y} + x - 3y = 0 \\ 4\ddot{y} - 2\ddot{x} - \dot{x} - 2x + 5y = 0 \end{cases}$
- $\begin{cases} \dot{x} = 4x + y - e^{2t} \\ \dot{y} = y - 2x \end{cases}$
- $\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y} = \frac{dz}{xy+z}$
- $\begin{cases} \dot{x} = y + 2e^t \\ \dot{y} = 3x + t^2 \end{cases}$
- $\begin{cases} \dot{x} = 2y - x \\ \dot{y} = 4y - 3x + \frac{e^{3t}}{e^{2t}+1} \end{cases}$
- $\begin{cases} \dot{x} = x - 2y \\ \dot{y} = 4y + x - e^{2t} \end{cases}$
- $\frac{dx}{xz} = \frac{dy}{yz} = \frac{dz}{xy\sqrt{z^2+1}}$

5.2.3. Типовая контрольная работа (для оценки сформированности умений и навыков компетенции ОПК-1)

- $x^2 y y'' + y'^2 = 0$
- $x^3(y'' - y) = x^2 - 2$
- $\frac{dx}{y-x} = \frac{dy}{x+y+2} = \frac{dz}{x-y}$

4.
$$\begin{cases} \dot{x} = 2y - x \\ \dot{y} = 4y - 3x + \frac{e^{3t}}{e^{2t} + 1} \end{cases}$$
5. $(2x + 1)y'' + 4xy' - 4y = 0$

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Понтрягин Л.С. - Обыкновенные дифференциальные уравнения: учеб. для студентов мат. специальностей ун-тов. - М.: Наука, 1982. - 331 с., **186 экз.**
(Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=353902&idb=0>)
2. Эльсгольц Л.Э. - Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление: учебник. - М.: Эдиториал УРСС, 2002. - 320 с., **80 экз.**
(Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=51075&idb=0>)
3. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк Н.А. - Дифференциальные уравнения: Примеры и задачи: [учеб. пособие для вузов]. - М.: Высшая школа, 1989. - 382, [1] с., **245 экз.**
(Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=91021&idb=0>)
4. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. - Дифференциальные уравнения: [учеб. для ун-тов по специальностям "Приклад. математика" и "Физика"]. - М.: Наука, 1985. - 231 с., **56 экз.**
(Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=91611&idb=0>)
5. Филиппов А.Ф. - Сборник задач по дифференциальным уравнениям. Учебное пособие. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. - 240 с., **82 экз.**
(Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=50996&idb=0>)

б) дополнительная литература:

1. Демидович Б.П., Моденов В.П. - Дифференциальные уравнения: учеб. пособие. - СПб. ; М. ; Краснодар: Лань, 2008. - 288 с. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
2. Бибииков Ю.Н. - Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. Издательство «Лань», ISBN 978-5-8114-1176. 2011, 304 стр. - учебное пособие. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»

3. Альсевич Л.А., Мазаник С.А., Расолько Г.А., Черенкова Л.П. - Дифференциальные уравнения. Практикум. Издательство "Высшая школа". Учебное пособие. 382 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
4. Дубровский В.В., Дубровский В.В., Кадченко С.И. - Обыкновенные дифференциальные уравнения. Теория и приложения: учеб. Пособие. Издательство "ФЛИНТА", 2015, 180 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
5. Егоров А.И. - Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями. Издательство "Физматлит", 2007, 448 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
6. Веденяпин А.Д., Полиненко В.К. - Практикум. Дифференциальные уравнения. В 2 частях. Часть 1. Дифференциальные уравнения первого порядка и приводящиеся к ним. Издательство "Физматлит", 2008, 160 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»

в) интернет-ресурсы

1. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, URL: <http://www.unn.ru/books/resources.html>.. – свободный доступ.
2. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>
1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/>
3. <http://www.znaniium.com/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения студентов имеются аудитории, оснащенные партами, учебной доской, мобильное место преподавателя (проектор, ноутбук, экран, ПО для презентаций, презентации лекций), а также учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде и базе электронных изданий университета.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор _____ Минаева О.Н.

Заведующий кафедрой _____ Дубков А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.