

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

Радиофизика и электроника

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

| № вариант а | 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 «Радиофизика и электроника». 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. | Знает основополагающие принципы, понятия и факты теории дифференциальных уравнений: основные понятия, формулы, теоремы. Умеет применять методы решения дифференциальных уравнений и их систем к анализу физических аспектов теории при решении научно-исследовательских задач. Владеет опытом анализа физических аспектов аппарата дифференциальных уравнений и его использования для решения научно-исследовательских задач. | 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 | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|---|--------------|---|---------------------------|--------------|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Консультации | Всего | |
| | Очная | Очная | 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 |
| Итоговая аттестация (экзамен) | 47 | | | 2 | 2 | |
| 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. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы 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. | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продemonстрирован 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 | ОПК-1 |

| | | |
|-----|--|-------|
| | однородного и неоднородного уравнений. Отыскание общего решения линейного неоднородного уравнения, его структура. | |
| 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 С-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 | ОПК-1 |

| | | |
|-----|---|-------|
| | дифференциального уравнения n -го порядка. | |
| 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 | ОПК-1 |

| | | |
|-----|--|-------|
| | комбинации решений, о линейной зависимости решений. | |
| 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»

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

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., Полиленко 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.znanium.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 от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.