

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Дифференциальные уравнения

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная радиофизика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.15 Дифференциальные уравнения относится к обязательной части образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	<p>ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики.</p> <p>ОПК-1.2: Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач.</p> <p>ОПК-1.3: Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности.</p>	<p>ОПК-1.1: 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.</p> <p>ОПК-1.2: Знает основополагающие</p>	Контрольная работа	<p>Экзамен: Практическая задача Контрольные вопросы</p>

		<p>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> <p>ОПК-1.3:</p> <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>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	17
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Тема 1. Дифференциальные уравнения первого порядка	31	16	10	26	5
Тема 2. Дифференциальные уравнения высших порядков	33	16	12	28	5
Тема 3. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений	33	16	10	26	7
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	48	32	82	17

Содержание разделов и тем дисциплины

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.
- 5 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 обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Контрольная работа №1

Вариант 1:

Решить дифференциальные уравнения:

1. $x y' = e^y + 2 y'$
2. $y^2 y' + x^2 \sin^3 x = y^3 \operatorname{ctg} x$
3. $y' = 3x + \sqrt{y - x^2}$
4. $6x^5 y dx + (y^4 \ln y - 3x^6) dy = 0$
5. $y = x(y')^2 - 2(y')^3$

Вариант 2:

Решить дифференциальные уравнения:

1. $y' = (4x + y - 3)^2$

2. $\left(\frac{\sin x}{y} + 1\right) dy + \left(\cos \frac{x-x^2}{y}\right) dx = 0$
3. $y y' = 3x^2 e^{-2x} - y^2$
4. $(y')^2 - 2xy' = 8x^2$
5. $(xy-1)^2 x y' + (x^2 y^2 + 1) y = 0$

Вариант 3:

Решить дифференциальные уравнения:

1. $x y' (\ln y - \ln x) = y$
2. $x y' = (x^2 + \operatorname{tg} y) \cos^2 y$
3. $dy = \frac{3x^2}{x^3 + y + 1} dx$
4. $x y' = 3(y')^3 + 1$
5. $x^5 y (2y dx + x dy) + x dy = y dx$

Вариант 4:

Решить дифференциальные уравнения:

1. $y' = \sqrt[3]{2x - y} + 2$
2. $(2x + 3y - 1) dx + (4x + 6y - 5) dy = 0$
3. $y' = \frac{x}{y} e^{2x} + y$
4. $x dy - 2y dx + x y^2 (2x dy + y dx) = 0$
5. $x y' + y' = \ln y'$

Контрольная работа №2

Вариант 1:

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

2. $x^2 y'' + x y' + 4y = 10x$
3. $y' = \frac{z}{x}, z' = \frac{z(y+2z-1)}{x(y-1)}$
4. $\begin{cases} \ddot{x} - 2\ddot{y} + \dot{y} + x - 3y = 0 \\ 4\ddot{y} - 2\ddot{x} - \dot{x} - 2x + 5y = 0 \end{cases}$
5. $x y'' - (2x+1)y' + (x+1)y = 0$

Вариант 3:

1. $y y' + xy y'' - x y'^2 = x^3$
2. $y'' - 8y' + 17y = e^{4x}(x^2 - 3x \sin x)$
3. $\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y} = \frac{dz}{xy+z}$
4. $\begin{cases} \dot{x} = y + 2e^t \\ \dot{y} = 3x + t^2 \end{cases}$
5. $x(x-1)y'' - x y' + y = 0$

Вариант 4:

1. $y'' + \frac{y'}{x} + \frac{y}{x^2} = \frac{y'^2}{y}$
2. $y''' - y'' - y' + y = 3e^x + 5x \sin x$
3. $\frac{dx}{xz} = \frac{dy}{yz} = \frac{dz}{xy\sqrt{z^2+1}}$
4. $\begin{cases} \dot{x} = 4x + y - e^{2t} \\ \dot{y} = y - 2x \end{cases}$
5. $x^2 y'' \ln x - x y' + y = 0$

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

Оценка	Критерии оценивания
	компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<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. Ошибок нет.	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 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 и 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 базовых навыков. 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 и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. $x y' = e^y + 2 y'$

2. $\left(\frac{\sin x}{y} + 1\right) dy + \left(\cos \frac{x-x^2}{y}\right) dx = 0$

3. $(y')^2 - 2x y' = 8x^2$

4. $(xy-1)^2 x y' + (x^2 y^2 + 1) y = 0$

5. $x dy - 2 y dx + x y^2 (2 x dy + y dx) = 0$

6. $x^5 y dx + (y^4 \ln y - 3 x^6) dy = 0$

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. $\frac{dx}{xz} = \frac{dy}{yz} = \frac{dz}{xy\sqrt{z^2+1}}$

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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»

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Основные определения: обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения в частных производных, порядок уравнения, общее и частное решения, общий (частный) интеграл. Примеры.

2. Задача Коши. Краевая задача.

3. Метод построения дифференциального уравнения по заданному общему решению. Пример.

4. Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной. Изоклины, линии экстремумов, линии точек перегиба, поле направлений, построение интегральных кривых.

5. Изогональные (ортогональные) траектории. Метод их отыскания.

6. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и приводимые к ним.

7. Однородные дифференциальные уравнения первого порядка и приводимые к ним.

8. Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши для дифференциального уравнения первого порядка, разрешенного относительно производной. Особые точки.
9. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Свойства 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.
11. Метод вариации постоянной для отыскания общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка.
12. Метод Бернулли (u на v) отыскания общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка.
13. Метод Эйлера (интегрирующего множителя) для отыскания общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка.
14. Примеры прикладных задач, в которых возникают линейные дифференциальные уравнения и уравнения с разделяющимися переменными.
15. Дифференциальные уравнения первого порядка, сводимые к линейным: Бернулли, Риккати.
16. Уравнение в полных дифференциалах. Понятие первого интеграла.
17. Необходимое и достаточное условие, чтобы дифференциальное уравнение первого порядка являлось уравнением в полных дифференциалах.
18. Интегрирующий множитель. Теоремы об интегрирующем множителе.
19. Приемы отыскания интегрирующих множителей.
20. Простые особые точки. Особые решения.
21. Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной. Уравнения, не содержащие явно независимой переменной, неизвестной функции.
22. Уравнение с однородной функцией. Общий случай введения параметра.
23. Дифференциальные уравнения, разрешимые относительно аргумента или функции. Уравнение Лагранжа.
24. Уравнение Клеро. Понятия S -дискриминантной кривой и огибающей семейства кривых, их связь. Теорема об огибающей семейства интегральных кривых.
25. Теорема о существовании решения уравнения первого порядка, не разрешенного относительно производной.
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.

27. Некоторые способы понижения порядка дифференциального уравнения, не разрешенного относительно старшей производной.

28. Теорема существования и единственности решения линейного дифференциального уравнения n -го порядка. Понятие линейного дифференциального оператора, его свойства.

29. Определитель Вронского для решений однородного уравнения, его свойства.

30. Фундаментальная система решений. Теоремы о существовании фундаментальной системы решений, о ее линейном невырожденном преобразовании.

31. Теорема о структуре общего решения линейного однородного 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.

33. Построение линейного однородного дифференциального уравнения n -го порядка по фундаментальной системе решений.

34. Правило дифференцирования функционального определителя. Формула Лиувилля. Применение формулы Лиувилля для понижения порядка линейного однородного уравнения 2-го порядка.

35. Способ понижения порядка линейного однородного дифференциального уравнения, когда известно его частное решение.

36. Структура общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения n -го порядка. Принцип суперпозиции.

37. Метод вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения линейного неоднородного дифференциального уравнения n -го порядка. Интегральная запись частного решения. Функция Грина.

38. Линейное однородное дифференциальное уравнение n -го порядка с постоянными коэффициентами. Оператор дифференцирования. Операторные многочлены и их свойства. Разложение операторного многочлена на линейные множители.

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).

40. Формула смещения. Действие операторного многочлена на простейшие функции.

41. Построение фундаментальной системы решений линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами в случае кратных корней характеристического многочлена (действительных и комплексных).

42. Квазиполиномы и их свойства. Теорема о структуре частного решения линейного неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами и квазиполиномом в правой части.

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.

44. Уравнение Эйлера. Представление фундаментальной системы решений уравнения Эйлера в зависимости от вида корней характеристического многочлена. Способ отыскания частного решения уравнения Эйлера.

45. Теорема существования решений дифференциального уравнения в виде степенного ряда (без доказательства). Уравнение Эйри.

46. Теорема существования решений дифференциального уравнения в виде обобщенного степенного ряда (без доказательства). Уравнение Бесселя.

47. Теорема об эквивалентности нормальной системы n дифференциальных уравнений одному уравнению n -го порядка, разрешенного относительно старшей производной. Метод исключения.

48. Нормальная система линейных однородных уравнений с непрерывными коэффициентами. Теоремы о тривиальном решении, о линейной комбинации решений, о линейной зависимости решений.

49. Фундаментальная система решений. Теорема о ее существовании. Структура общего решения линейной однородной системы.

50. Теоремы о максимальном числе линейно независимых решений, о линейном невырожденном преобразовании фундаментальной системы решений.

51. Определитель Вронского для системы решений нормальной системы линейных однородных уравнений, его свойства.

52. Построение линейной однородной нормальной системы дифференциальных уравнений по ее фундаментальной системе решений.

53. Формула Лиувилля для определителя Вронского фундаментальной системы решений.

54. Теорема о структуре общего решения линейной неоднородной нормальной системы дифференциальных уравнений.

55. Метод вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения линейной неоднородной системы.

56. Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Характеристическая матрица и характеристическое уравнение. Вид фундаментальной системы решений в случае простых корней (действительных и комплексных).

57. Вид фундаментальной системы решений в случае, когда характеристическое уравнение имеет кратные корни: а) ранг характеристической матрицы r имеет наименьшее значение ($r=p-m$, m - кратность корня), б) $r>p-m$.

58. Метод исключения для линейных систем дифференциальных уравнений произвольного вида с постоянными коэффициентами.

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 p независимых первых интегралов, как следствие теоремы о дифференцируемости решений нормальной системы по начальным условиям.

60. Необходимое и достаточное условие для того, чтобы непрерывно-дифференцируемая функция являлась первым интегралом нормальной системы дифференциальных уравнений.

61. Теорема о максимальном числе независимых первых интегралов.

62. Эквивалентность отыскания p независимых первых интегралов построению общего решения нормальной системы дифференциальных уравнений.

63. Способ понижения порядка нормальной системы, если известна часть первых интегралов.

64. Симметричная форма системы дифференциальных уравнений. Необходимое и достаточное условие для того, чтобы заданная функция была первым интегралом симметричной системы. Интегрируемые комбинации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
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

Оценка	Критерии оценивания
	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»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Понтрягин Лев Семенович. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. для студентов мат. специальностей ун-тов. - М. : Наука, 1982. - 331 с. - 0.85., 141 экз.
2. Эльсгольц Лев Эрнестович. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : учебник. - 5-е изд. - М. : Эдиториал УРСС, 2002. - 320 с. - ISBN 5-354-00135-8 : 117.00., 68 экз.
3. Самойленко Анатолий Михайлович. Дифференциальные уравнения : Примеры и задачи : [учеб. пособие для вузов]. - 2-е изд., перераб. - М. : Высшая школа, 1989. - 382, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000557-7 (в пер.) : 1.20., 231 экз.
4. Тихонов Андрей Николаевич. Дифференциальные уравнения : [учеб. для ун-тов по специальностям "Приклад. математика" и "Физика"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1985. - 231 с. - (Курс высшей математики и математической физики. вып. 7). - 0.80., 39 экз.
5. Филиппов Алексей Федорович. Сборник задач по дифференциальным уравнениям : Более 1400 задач с ответами : [учеб. пособие]. - Изд. 2-е. - М. : ЛКИ, 2008. - 240 с. - ISBN 978-5-382-00455-6 : 212.00., 19 экз.

Дополнительная литература:

1. Демидович Б. П. Дифференциальные уравнения / Демидович Б. П., Моденов В. П. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 280 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-9441-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783945&idb=0>.
2. Бибииков Ю. Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений / Бибииков Ю. Н. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 304 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1176-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799724&idb=0>.
3. Егоров А. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями / Егоров А. И. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 448 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0785-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=700527&idb=0>.
4. Веденяпин А. Д. Дифференциальные уравнения первого порядка и приводящиеся к ним. Ч. 1. Дифференциальные уравнения первого порядка и приводящиеся к ним : Учебник для вузов / Веденяпин А. Д., Поливенко В. К. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 160 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN

978-5-9221-1007-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=695934&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Минаева Оксана Николаевна, кандидат экономических наук
Дубков Александр Александрович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 года, протокол № 09/23.