Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

« _20 » __08_ 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Дифференциальные уравнения

по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки :
Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2024

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.13

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;.

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Обладает базовыми знаниями в области математики и физики, необходимыми для освоения специальных дисциплин.

ИОПК 1.2 Обладает базовыми знаниями в области радиофизики, необходимыми для профессиональной деятельности.

ИОПК 1.3 Применяет базовые знания в области физики и радиофизики при осуществлении профессиональной деятельности.

ИУК 1.1 Осуществляет поиск информации, необходимой для решения задачи.

ИУК 1.2 Проводит критический анализ различных источников информации (эмпирической, теоретической).

ИУК 1.3 Выявляет соотношение части и целого, их взаимосвязь, а также взаимоподчиненность элементов системы в ходе решения поставленной задачи.

ИУК 1.4 Синтезирует новое содержание и рефлексивно интерпретирует результаты анализа.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить методы и подходы к решению типовых математических и прикладных физических задач.

– Сформировать целостную систему представлений о решении задач, формализованных в виде обыкновенных дифференциальных и интегральных уравнений.

– Выработать умение: использования базовых основ корректной формулировки модельных математических задач; выбора рациональных методов их решения, владения приемами оценки границ применимости используемой математической модели.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Дополнительные главы», «Математический анализ», «Линейная алгебра», а также дисциплина «Физика» в той части, которая дает примеры практических приложений дифференциальных уравнений.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 50 ч.
-практические занятия: 34 ч.
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях.

Понятие дифференциального уравнения. Проблемы решения дифференциального уравнения. Математическое моделирование. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Приближенные методы решения дифференциальных уравнений: метод ломаных Эйлера и метод последовательных приближений. Особые решения.

Составление дифференциальных уравнений для физических задач (практика).

Тема 2. Дифференциальные уравнения первого порядка.

Уравнения с разделенными и разделяющимися переменными. Уравнения, приводящиеся к уравнениям с разделяющимися переменными. Определение формы вогнутого зеркала, обеспечивающего направленное отражение света (кейс). Линейное уравнение первого порядка. Протекание переменного тока в RL-цепи (кейс). Уравнение Бернулли. Уравнение Риккати. Уравнение в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Нетривиальный пример использования интегрирующего множителя (кейс). Уравнения, не разрешенные относительно производной.

Решение уравнений с разделяющимися переменными и сводящихся к ним. Решение линейных уравнений и уравнений в полных дифференциалах. Методология интегрирующего множителя (практика).

Тема 3. Дифференциальные уравнения n-го порядка.

Существование и единственность решения дифференциального уравнения n-го порядка. Дифференциальные уравнения, допускающие понижение порядка. Линейные дифференциальные уравнения. Фундаментальная система решений. Определитель Вронского. Формула Остроградского-Лиувилля. Построение общего решения линейного однородного дифференциального уравнения. Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения и методы нахождения его частных решений. Нахождение частного решения неоднородного уравнения методом неопределенных коэффициентов. Методы решения линейных уравнений с переменными коэффициентами. Задача о колебаниях в RLC-цепи (кейс).

Решение уравнений: случаи понижения порядка уравнения; однородные и неоднородные уравнения с постоянными коэффициентами; методы неопределенных коэффициентов и вариации произвольных постоянных (практика).

Понятие о системах дифференциальных уравнений. Эквивалентность уравнения высшего порядка и системы уравнений. Интегрирование однородной линейной системы с постоянными коэффициентами методом Эйлера (практика).

Тема 4. Краевые задачи.

Задача Штурма-Лиувилля. Свойства собственных значений и собственных функций задачи Штурма-Лиувилля. Неоднородная краевая задача: существование и единственность её решения. Понятие функции Грина. Построение функции Грина на основе фундаментальной системы решений однородного уравнения. Спектральное представление функции Грина.

Решение задач Штурма-Лиувилля. Задачи на построение функции Грина (практика).

Тема 5. Приближенные и качественные методы исследования дифференциальных уравнений. Устойчивость решения дифференциального уравнения: понятие и критерии устойчивости. Качественные методы исследования автономных дифференциальных уравнений.

Решение дифференциальных уравнений с помощью степенных рядов (практика).

Тема 6. Интегральные уравнения Фредгольма.

Понятие интегрального уравнения. Связь краевой задачи с интегральным уравнением Фредгольма. Условия существования и единственности решения уравнения Фредгольма второго рода. Метод последовательных приближений. Представление решения интегрального уравнения через резольвенту. Сведение интегрального уравнения Фредгольма к системе линейных алгебраических уравнений. Интегральные уравнения с вырожденными ядрами. Интегральные уравнения с симметричными ядрами.

Решение интегральных уравнений Фредгольма общего вида и с вырожденными и симметричными ядрами (практика).

Тема 7. Интегральные уравнения Вольтерра.

Уравнение Вольтерра второго рода. Уравнение Вольтерра первого рода. Способы преобразования уравнения первого рода в уравнение второго рода.

Решение интегральных уравнений Вольтерра (практика).

Тема 8. Интегральные преобразования.

Понятие интегрального преобразования. Преобразование Фурье. Интегральные уравнения типа свертки. Применение преобразования Фурье для решения интегральных уравнений Фредгольма типа свертки. Интегральное преобразование Лапласа. Применение преобразования Лапласа для решения интегральных уравнений Вольтерра типа свертки. Применение преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений.

Решение интегральных и дифференциальных уравнений с использованием интегральных преобразований (практика).

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ в рамках практических занятий, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Задачи для практических занятий по дисциплине содержатся в учебных пособиях:

1. Краснов М.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Задачи и примеры с подробными решениями/М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. – М.: Ленанд, 2019. –256 с.
2. Филиппов А. Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям / изд. 3-е / А. Ф.Филиппов. – М.: [ЛИБРОКОМ], 2009. – 235 с.
3. Краснов, М.Л. Интегральные уравнения: Задачи и примеры с подробными решениями / М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. - М.: Ленанд, 2016. - 192 с.

Помимо наборов задач по различным разделам дисциплины, данные пособия содержит примеры решений типовых задач и ответы к задачам.

Оценочная шкала текущего контроля по лекционному материалу формируется по бальному принципу, соответственно степени удовлетворения индикаторам компетенций, указанным в таблице:

Оценка	Критерий оценивания	
	ИУК 1.1; ИУК 1.2	ИОПК 1.1
Аттестован	3÷5	3÷5
Не аттестован	Все остальные варианты	

Оценочная шкала текущего контроля по практическим занятиям формируется по бальному принципу, соответственно степени удовлетворения индикаторам компетенций, указанным в таблице. Учитывается выполнение двух контрольных работ и выполнение домашних заданий по всем темам занятий

Оценка	Критерий оценивания	
	ИУК 1.1; ИУК 1.2	ИОПК 1.1
Аттестован	3÷5	3÷5
Не аттестован	Все остальные варианты	

Результаты текущего контроля в целом учитываются при проведении экзамена.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен проводится по окончании третьего семестра и сочетает письменные и устную формы опроса экзаменуемого. Продолжительность экзамена 1,5 часа. Экзаменационный билет состоит из двух частей.

Первая часть содержит два вопроса, проверяющих ИОПК 1.1, ИОПК 1.2. Ответы на вопросы первой части даются в развернутой письменной форме, демонстрирующей понимание студентом содержания представленных ответов.

Вторая (устная) часть представляет собой тест из 6 вопросов, проверяющих ИУК 1.3 и ИУК 1.4. Ответы на вопросы второй части даются путем выбора из списка предложенных вариантов ответов.

Примерный перечень теоретических вопросов (вопросов первой части)

1. Основные понятия и определения теории дифференциальных уравнений.
2. Теорема существования и единственности решения задачи Коши.
3. Метод ломаных Эйлера.
4. Метод последовательных приближений.
5. Особые решения дифференциального уравнения первого порядка.
6. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными.
7. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка.
8. Задача о протекании тока в LR цепи при включении источника переменной ЭДС.
9. Уравнение Бернулли.
10. Уравнение Риккати.
11. Уравнения в полных дифференциалах.
12. Интегрирующий множитель для уравнений первого порядка.
13. Уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной.
14. Общие сведения о дифференциальных уравнениях высшего порядка.
15. Дифференциальные уравнения высшего порядка, допускающие понижение порядка.
16. Общие свойства линейных дифференциальных уравнений n-го порядка.
17. Фундаментальная система решений.
18. Методы нахождения частных решений неоднородных уравнений.
19. Линейное дифференциальное уравнение 2-го порядка с постоянными коэффициентами.
20. Линейное дифференциальное уравнение n-го порядка с постоянными коэффициентами.
21. Метод неопределенных коэффициентов.
22. Задача Штурма-Лиувилля.
23. Свойства собственных значений и собственных функций задачи Штурма-Лиувилля.
24. Неоднородная краевая задача. Функция Грина.
25. Методы построения функции Грина.
26. Основные понятия теории устойчивости.
27. Качественные методы исследования автономных уравнений.
28. Основные понятия и классификация интегральных уравнений.
29. Условия существования и единственности решений интегральных уравнений Фредгольма.

30. Метод последовательных приближений решения неоднородного уравнения Фредгольма второго рода.
31. Нахождение резольвенты при использовании метода последовательных приближений.
32. Интегральные уравнения Фредгольма с вырожденными ядрами.
33. Интегральные уравнения Фредгольма с симметричными ядрами.
34. Свойства симметричных ядер интегрального уравнения Фредгольма.
35. Уравнение Вольтерра второго рода.
36. Уравнение Вольтерра первого рода.
37. Понятие интегрального преобразования. Преобразование Фурье.
38. Интегральные уравнения типа свертки и методы их решения.

Примерный перечень тестовых вопросов (вопросов второй части)

1. Интегральная кривая однородного линейного дифференциального уравнения первого порядка, проходящая через точку, не лежащую на оси Ох:
   а) пересекает указанную ось;
   б) касается указанной оси;
   в) *не пересекает указанную ось и не касается её*.
2. Что означает понятие линейности дифференциального уравнения?
   а) уравнение линейно относительно искомой функции;
   б) уравнение линейно относительно всех входящих в него производных искомой функции;
   в) *уравнение линейно относительно искомой функции и всех входящих в уравнение производных искомой функции*.
3. Неоднородное линейное дифференциальное уравнение первого порядка
   $$y' + p(x)y = f(x)$$
   а) *интегрируется всегда, по крайней мере, в квадратурах*;
   б) интегрируется только в случаях, когда известная функция $f(x)$ имеет специальный вид;
   в) интегрируется только в случаях, когда коэффициент $p(x)$ при искомой функции является элементарной функцией;
   г) в некоторых случаях может иметь особое решение.
4. Уравнение Бернулли это:
   а) однородное уравнение;
   б) неоднородное уравнение;
   в) линейное уравнение;
   г) *нелинейное уравнение*.
5. Уравнение Бернулли
   $$y' + p(x)y = f(x)y^n$$
   а) не имеет особых решений при $0 < n < 1$;
   в) *всегда интегрируется в квадратурах*;
   г) представляет собой линейное уравнение.
6. Уравнение Риккати:
   а) является частным случаем уравнения Бернулли;
   б) имеет особые решения;
   в) *интегрируется в квадратурах, если известно его частное решение*;
   г) представляет собой линейное уравнение.
7. Какое из приведенных уравнений является обыкновенным дифференциальным уравнением (ОДУ) первого порядка:
   а) $2x^2y'y'' = y'^2 - y$;
   б) $\sqrt{y''} = y'^2 - x^2y$;

в) $2x^2 \sin y^2 = y^3$;

г) $\sqrt{y'} = y'^2 - x^2 y$ (*данное уравнение*).

8. Какое из приведенных ОДУ первого порядка разделяется в переменных:

а) $(x^2+9)y' = y^2 \cos x + y^2 e^x$ (*данное уравнение*);

б) $\cos y' = y^3 - 2x^2$;

в) $\cos(xy^3)dx = (x^2+7)\ln y dy$.

9. Какое из приведенных ОДУ является однородным уравнением первого порядка:

а) $y' = \dfrac{x-5y}{2x^2+6y}$;

б) $y' = \dfrac{x}{y} + \sin\dfrac{x^2}{y^2} + \dfrac{y^2}{x^3}$;

в) $y' = \dfrac{\sqrt{x^2-3y^2}}{\sqrt[3]{x^3+8y^4}}$;

г) $y' = \ln\cos\dfrac{y}{x}$ (*данное уравнение*).

10. Какое из приведенных ОДУ может быть сведено к однородному уравнению первого порядка:

а) $y' = \dfrac{x-5y}{2x+6y}$ (*данное уравнение*).

б) $y' = \dfrac{\sin(x-y)}{\cos(y+x)}$;

в) $y' = \dfrac{\sqrt{x^2-3y^2}}{\ln(x^2-3y^2)}$;

г) $y' = \ln\cos\dfrac{y+x}{y-x} + \dfrac{\sqrt{y^2+x^2}}{\sqrt{y^3-x^2}}$.

11. Какое из приведенных ОДУ является линейным уравнением первого порядка:

а) $y' = \dfrac{\cos x}{y} + \ln x$;

б) $y' = y\ln x + \sin x$ (*данное уравнение*);

в) $x^3 y' = \sqrt{y}\arccos x + \sin x$.

12. Общее решение какого из приведенных ОДУ первого порядка может быть найдено методом вариации произвольной постоянной:

а) $y' = \dfrac{1}{y} + \ln x$;

б) $y' = y\ln x + \sin x$ (*данного уравнения*);

в) $x^3 y' = \sqrt{y}\arccos x + \sin x$.

13. Какое из приведенных ОДУ является уравнением Бернулли:

а) $y'\ln x + y\cos x = \dfrac{1}{y^3}$ (*данное уравнение*);

б) $y' = y\ln x + y^5 + \sin x$;

в) $y' = \sqrt{y}\arccos x + \sin x$.

14. Порядок какого из приведенных ОДУ может быть понижен:

а) $\sin y''' + y'' \ln x = \frac{1}{x^3}$ (*данного уравнения*);

б) $y'' = y' \ln x + y^5 + \cos x$;

б) $y'' = y\sqrt{y'} \arcsin x + \cos x$.

15. Частное решение какого из приведенных ОДУ может быть найдено методом неопределенных коэффициентов:
    а) $y''' + 9y'' + 18y = \ln x$;
    б) $y'' = y' + y^5 + \cos x$;
    б) $y^{(n)} = y' + \arcsin x$;
    б) $3y'' = 18y' + 12y + \cos x$ (*данного уравнения*).
16. Можно ли зная частное решение однородного линейного дифференциального уравнения второго порядка найти второе линейно независимое частное решение этого уравнения:
    а) нельзя;
    б) можно, если только это уравнение с постоянными коэффициентами;
    в) *можно, если даже в уравнении коэффициенты не являются постоянными*.
17. Спектр регулярной задачи Штурма-Лиувилля:
    а) непрерывный;
    б) *дискретный*;
    в) смешанный (дискретно непрерывный).
18. Собственные значения регулярной задачи Штурма-Лиувилля:
    а) комплексные, причем с положительной действительной частью;
    б) комплексные, причем с отрицательной действительной частью;
    в) *действительные*.
19. Функция Грина $G(x,s)$ дифференциального уравнения второго порядка в точке $x = s$:
    а) *непрерывна*;
    б) дифференцируема;
    в) разрывна.
20. Производная функции Грина $\frac{dG(x,s)}{dx}$ дифференциального уравнения второго порядка в точке $x = s$:
    а) непрерывна;
    б) дифференцируема;
    в) *разрывна*.
21. В качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений рассматриваются особые точки:
    а) трех типов;
    б) четырех типов;
    в) пяти типов.
22. Структуру фазовых траекторий обычно рассматривают в окрестности:
    а) произвольной точки (x, y);
    б) заданной точки (x, y);
    в) *точки покоя*.
23. Какое из нижеприведенных утверждений неверно. В неоднородное интегральное уравнение Фредгольма второго рода входят:
    а) искомая функция;
    б) *производная от искомой функции*;
    в) числовой параметр;
    г) известная функция;

д) ядро.

24. Если отыскивать решение неоднородного интегрального уравнения Фредгольма второго рода

$$y(x) = f(x) + \lambda \int_a^b y(s)K(x,s)ds$$

в виде ряда

$$y(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n y_n(x),$$

содержащего последовательные приближения $y_n(x)$, то этот ряд:

а) сходится при любых значениях параметра λ;

б) сходится при $|\lambda|$, превосходящем определенное значение;

в) *сходится при* $|\lambda|$, *меньшем определенного значения*.

25. Какое из нижеприведенных утверждений верно:

а) интегральное уравнение Фредгольма является нелинейным;

б) в интегральном уравнении Фредгольма второго рода искомая функция фигурирует только под знаком интеграла;

в) *ядро интегрального уравнения Фредгольма квадратично интегрируемо*;

г) однородное интегральное уравнение Фредгольма второго рода не имеет нетривиальных решений.

26. Нахождение решения неоднородного интегрального уравнения Вольтерра второго рода

$$y(x) = f(x) + \lambda \int_a^x y(s)K(x,s)ds,$$

методом последовательных приближений, возможно:

а) *при любых значениях параметра уравнения* λ;

б) только при $|\lambda|$, превосходящем определенное значение;

в) только при $|\lambda|$, меньшем определенного значения.

27. Имеет ли в классе непрерывных функций нетривиальные решения однородное интегральное уравнение Вольтерра второго рода?

а) имеет;

б) *не имеет*;

в) имеет, если ядро уравнения вырожденное;

г) имеет, если ядро уравнения симметричное.

28. Интегральное преобразование Фурье может быть использовано при решении интегрального уравнения Фредгольма второго рода частного вида. При этом ядро уравнения должно быть:

а) непрерывным,

б) квадратично интегрируемым;

в) *зависящим от разности аргументов ядра*;

29. Действительное ядро $K(x,s)$ интегрального уравнения Фредгольма называется симметричным:

а) если $K(x,s) = K^{-1}(x,s)$;

б) если $K(x,s) = K(s,x)$ при $s > x$;

в) если $K(x,s) = K(s,x)$ (*при данном условии*).

30. Ядро $K(x,s)$ интегрального уравнения Фредгольма называется вырожденным:

а) если $K(x,s)=\sum_{m=1}^{N}[\alpha_m(x)-\beta_m(s)]$, где $N=\text{const}$;

б) если $K(x,s)=\sum_{m=1}^{\infty}\alpha_m(x)\beta_m(s)$;

в) если $K(x,s)=\sum_{m=1}^{N}\alpha_m(s)\beta_m(s)$, где $N=\text{const}$ (*при данном условии*).

31. При решении ОДУ с постоянными коэффициентами операционным методом:
    а) порядок уравнения может быть понижен;
    б) из уравнения исключаются производные, но остается неизвестная функция;
    в) *уравнение сводится к алгебраическому уравнению относительно изображения искомой функции*;
32. Операционный метод наиболее эффективен при решении:
    а) линейных ОДУ;
    б) *линейных ОДУ с постоянными коэффициентами*;
    в) нелинейных ОДУ.

Оценочная шкала промежуточной аттестации формируется по бальному принципу, соответственно степени удовлетворения индикаторам компетенций, указанным в таблице:

Оценка	Критерии оценивания		
	ИОПК 1.1	ИОПК 1.2, ИОПК 1.3	ИУК 1.3, ИУК 1.4
Отлично	5	5	5
	5	5	4
	5	4	5
	4	5	5
Хорошо	4	4	5
	5	4	4
	4	5	4
	4	4	4
	4÷5	4÷5	3
	4÷5	3	4÷5
	3	4÷5	4÷5
Удовлетворительно	4÷5	3	3
	3	4÷5	3
	3	3	4÷5
	3	3	3
Неудовлетворительно	Все остальные варианты		

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения/Л.Э. Эльсгольц. – М.: Издательство ЛКИ, 2019. – 312 с.

– Агафонов С. А. Обыкновенные дифференциальные уравнения/С. А. Агафонов, Т.В. Муратова. – М.: Academia, 2018. –352 с.

– Сергеев И.Н. Дифференциальные уравнения: Учебник/И.Н. Сергеев. – М.: Академия, 2019. – 240 с.

– Жабко А.П. Дифференциальные уравнения и устойчивость: Учебник / А.П. Жабко, Е.Д. Котина, О.Н. Чижова. – СПб.: Лань, 2015. – 320 с.

– Звёздочкин В.А. Дифференциальные уравнения и устойчивость: Учебник / В.А. Звёздочкин. – СПб.: Лань, 2015. – 320 с.

– Дмитриев В. И. Дифференциальные уравнения – М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2016. – 284 с.

– Денисов А.М., Разгулин А.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Часть 2. - М.: 2009. - 114 с.

– Хеннер В.К. Обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, основы специальных функций и интегральных уравнений: Учебное пособие / В.К. Хеннер, Т.С. Белозерова, М.В. Хеннер. – СПб.: Лань, 2017. – 320 с.

– Краснов М.Л. Интегральные уравнения: Введение в теорию / М.Л. Краснов. – М.: Ленанд, 2019. – 304 с.

– Краснов М.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Задачи и примеры с подробными решениями/М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. – М.: Ленанд, 2019. –256 с.

– Филиппов А. Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям / изд. 3-е / А. Ф. Филиппов. – М.: [ЛИБРОКОМ], 2009. – 235 с.

– Краснов М.Л. Интегральные уравнения: Задачи и примеры с подробными решениями / М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. – М.: Ленанд, 2016. – 192 с.

б) дополнительная литература:

– Алексеев, Д.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Вводный курс с иллюстрациями в Microsoft Excel / Д.В. Алексеев, Г.А. Казунина. – М.: Ленанд, 2019. – 160 с.

– Шилин А.П. Дифференциальные уравнения: Подробный разбор решений типовых примеров. 1800 примеров, собранных в многовариантные задания по важнейшим темам курса. Коллекция важнейших типов решений алгоритмического характера / А.П. Шилин. – М.: Ленанд, 2017. – 312 с.

– Боярчук А.К. АнтиДемидович. Т.5. Ч.1: Дифференциальные уравнения в примерах и задачах. Дифференциальные уравнения первого порядка. Справочное пособие по высшей математике / А.К. Боярчук, Г.П. Головач. – М.: Ленанд, 2015. – 240 с.

– Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / пер. с нем. С.В. Фомин / изд. 6-е, стереотип. / Э. Камке. – Спб.: Лань, 2003. – 576 с.

– Зайцев В.Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. В 2 частях. Ч. 1: справочник для вузов / В.Ф. Зайцев, А.Д. Полянин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 385 с.

– Зайцев В.Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. В 2 частях. Ч. 2: справочник для вузов / В.Ф. Зайцев, А.Д. Полянин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 196 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– сайт материалов, посвященных математическим методам в физике - http://mmfbest.hostronavt.ru/news/2022_2

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. http://www.consultant.ru

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index

– ЭБС Лань – http://e.lanbook.com/

– ЭБС Консультант студента – http://www.studentlibrary.ru/

– Образовательная платформа Юрайт – https://urait.ru/

– ЭБС ZNANIUM.com – https://znanium.com/

– ЭБС IPRbooks – http://www.iprbookshop.ru/

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Беличенко Виктор Петрович, доктор физ.-мат. наук, доцент, кафедра радиофизики, профессор;

Лосев Дмитрий Витальевич, кандидат физ.-мат. наук, кафедра радиофизики, доцент.