

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Основы теории колебаний БЗ.Б.6**

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очно-заочное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бойко Б.П. , Белашов В.Ю.

**Рецензент(ы):**

Бойко Б.П.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6105214

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Белашов В.Ю. Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем , Vasilij.Belashov@kpfu.ru ; Бойко Б.П.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Основы теории колебаний" являются формирование знаний по теории колебаний, изучение колебательных процессов физических системах разной природы (механических, электрических и электромагнитных, экологических и т.д.), методов и способов описания и анализа колебательных процессов, включая методы анализа соответствующих динамических систем на фазовой плоскости и методы компьютерного моделирования колебательных процессов.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.Б.6 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина предназначена для подготовки специалистов в соответствии с требованиями направления подготовки "Радиофизика", по профилю подготовки "Телекоммуникационные системы и информационные технологии". Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ (обыкновенные дифференциальные уравнения), информатика, радиотехника и радиоэлектроника, численные методы и математическое моделирование. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности, позволит сформировать у будущих специалистов представление о современных методах решения задач, связанных с физикой колебательных процессов в системах самой различной природы, построением алгоритмов компьютерного моделирования и численного анализа таких систем.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способность выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования
ОК-4 (общекультурные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способность к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях, использованию баз данных и ресурсов Интернет
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные методы радиофизических измерений
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиоп физики
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиоп физики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Основы теории линейных и нелинейных колебательных систем, автоколебательных систем и колебательных систем со многими степенями свободы, системы с вынужденными колебаниями, параметрическое воздействие на колебательные системы, вопросы усиления и генерации колебаний, элементы теории распределенных колебательных систем и хаотических колебаний.

2. должен уметь:

применять методы анализа и расчета линейных систем с одной и двумя степенями свободы, методы качественного анализа колебательных систем на фазовой плоскости; использовать методы компьютерного моделирования колебательных систем; используя методы теории колебаний, производить расчеты ряда элементов радиоприемных и радиопередающих систем.

3. должен владеть:

методами анализа колебательных систем разной физической природы с использованием подходов на основе теории обыкновенных дифференциальных уравнений, теории спектральных преобразований, теории динамических систем с их анализом на фазовой плоскости, а также методами компьютерного моделирования колебательных систем.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к исследованию и расчету колебательных систем разной физической природы с использованием аналитических методов и компьютерных технологий.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. 1. Основные определения. 2. Объекты исследований в теории колебаний. 3. Общая классификация колебаний.	8		1	1	0	
2.	Тема 2. 4. Экологическая система, как пример колебательной системы.	8		1	1	0	
3.	Тема 3. 5. Периодическое (гармоническое) движение и колебания. 6. Простой гармонический осциллятор. 7. Математический и физический маятники. 8. Линейный математический маятник. Анализ на фазовой плоскости. 9. Нелинейный математический маятник. Анализ на фазовой плоскости.	8		2	2	0	
4.	Тема 4. 10. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. 11. Случай затухающего апериодического процесса. 12. Линейный гармонический осциллятор с затуханием и внешней силой.	8		2	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. 13. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. 14. Аналогия уравнения для колебательного RLC-контура с уравнением колебаний математического маятника. 15. Явление биений и резонанс в механических и электрических системах.	8		2	2	0	устный опрос
6.	Тема 6. 16. Свойства комплексных функций. 17. Ряд Фурье и преобразование Фурье.	8		2	2	0	
7.	Тема 7. 18. Решение обыкновенных ДУ. Методы приближенного интегрирования. 19. Метод Эйлера. 20. Метод Эйлера-Коши. 21. Метод Эйлера-Кромера для системы двух ДУ 1-го порядка. 22. Методы Рунге-Кутты 4-го порядка. 23. Алгоритм решения уравнения колебаний в RLC-контуре.	8		2	2	0	домашнее задание
8.	Тема 8. 24. Вырожденная линейная система. 25. Колебания в RLC-контуре. Общий случай. 26. Уравнение движения для ПГО с затуханием. 27. Линейные системы с отрицательным трением. 28. Поведение системы при изменении обратной связи.	8		2	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. 29. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с $R=0$ . 30. Вынужденные и свободные колебания. 31. Случай для контура с $R>0$ . 32. Амплитуда тока. Резонансная кривая для квадратов амплитуд. 33. Добротность и резонансная кривая для квадратов амплитуд токов. 34. Амплитуда колебаний потенциала на конденсаторе. 35. Напряжение на индуктивности. 36. Некоторые частные случаи резонанса в контуре.	8		2	2	0	устный опрос
10.	Тема 10. 37. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. 38. Неискажаемость. 39. Прием синусоидальных сигналов. 40. Решение для амплитудного значения потенциала спектральным методом. 41. Частотная и фазовая модуляция. 42. Автоколебания (общие сведения).	8		2	2	0	коллоквиум
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			18	18	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

## **Тема 1. 1. Основные определения. 2. Объекты исследований в теории колебаний. 3. Общая классификация колебаний.**

### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

1. Основные определения. Периодическое движение и колебания. Принципы подхода к изучению движения в теории колебаний, отличие от подхода в механике. Примеры колебаний в механике, электромагнетизме, квантовой механике, физике твердого тела. Основные вехи истории теории колебаний. 2. Объекты исследований в теории колебаний. Спектр частот колебательных процессов. 3. Общая классификация колебаний. Классификация по способу повторения, по количеству степеней свободы, по наличию потерь в системе, по типу внешнего воздействия, по типу уравнений, описывающих колебательный процесс.

### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

Простейшие колебательные системы и их классификация по различным признакам.

## **Тема 2. 4. Экологическая система, как пример колебательной системы.**

### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

4. Экологическая система, как пример колебательной системы. Динамические уравнения, их вывод и анализ с точки зрения соответствия классификационным признакам. Развитие системы на фазовой плоскости.

### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

Вывод динамических уравнений для экологической колебательной системы с одной и двумя степенями свободы и классификация этих систем. Анализ на фазовой плоскости.

## **Тема 3. 5. Периодическое (гармоническое) движение и колебания. 6. Простой гармонический осциллятор. 7. Математический и физический маятники. 8. Линейный математический маятник. Анализ на фазовой плоскости. 9. Нелинейный математический маятник. Анализ на фазовой плоскости.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

5. Периодическое (гармоническое) движение и колебания. Простой гармонический осциллятор. Уравнения движения и их решение, период, частота. Кинетическая и потенциальная энергия простого гармонического осциллятора, полная энергия. Фазовый портрет. 6. Простой гармонический осциллятор. Уравнения движения и их решение. Фазовый портрет линейного гармонического осциллятора. Формула для фазовых траекторий. Тип особой точки, отвечающей устойчивому состоянию равновесия. Уравнения интегральных кривых для простого гармонического осциллятора. 7. Линейный и нелинейный математический маятник. Линейная скорость и линейное ускорение, величина равнодействующей силы, период колебаний. Фазовые траектории для математического маятника с малыми и большими углами отклонения. 8. Линейный математический маятник. Фазовый портрет линейного математического маятника. Формула для фазовых траекторий. Тип особой точки, отвечающей устойчивому состоянию равновесия. 9. Нелинейный математический маятник. Фазовый портрет нелинейного математического маятника при больших углах отклонения. Тип особой точки, отвечающей неустойчивому состоянию равновесия.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Вывод уравнений движения для механических колебательных систем: простой гармонический осциллятор, математический маятник. Построение аналитических решений и их анализ. Вывод уравнений интегральных кривых. Особые точки устойчивого и неустойчивого равновесия по Ляпунову.

## **Тема 4. 10. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. 11. Случай затухающего аperiodического процесса. 12. Линейный гармонический осциллятор с затуханием и внешней силой.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

10. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. Уравнение движения и его общее решение. Случай затухающего осцилляторного процесса. Фазовый портрет. Тип особой точки. 11. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. Уравнение движения и его общее решение Случай затухающего апериодического процесса. Фазовый портрет. Тип особой точки. 12. Линейный гармонический осциллятор с затуханием и внешней силой. Примеры. Уравнение движения. Различные типы внешних сил.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Вывод уравнений для линейного гармонического осциллятора с затуханием и внешней силой. Анализ решений. Построение фазовых портретов.

**Тема 5. 13. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. 14. Аналогия уравнения для колебательного RLC-контура с уравнением колебаний математического маятника. 15. Явление биений и резонанс в механических и электрических системах.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

13. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. Аналогия с уравнением колебаний гармонического осциллятора. Фазовый портрет. 14. Аналогия уравнения для колебательного RLC-контура с уравнением колебаний математического маятника. Фазовый портрет. 15. Явление биений и резонанс в механических и электрических системах.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Электрические цепи, основные понятия и физические законы. Правила расчета. Вывод дифференциального уравнения, описывающего колебания в RLC-цепи. Построение аналогии с уравнением для математического маятника с затуханием. Исследование явления биений и резонанса.

**Тема 6. 16. Свойства комплексных функций. 17. Ряд Фурье и преобразование Фурье.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

16. Свойства комплексных функций. Среднее и среднеквадратическое значение. Формулы Фурье. Действительная часть и квадрат амплитуды действительной части комплексной функции. 17. Ряд Фурье и преобразование Фурье. Коэффициенты Фурье. Свойство ортогональности гармонических функций. Теорема Фурье. Представление действительного ряда Фурье в комплексной форме. Явление Гиббса.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Обзор свойств комплексных функций. Представление периодической функции в виде ряда Фурье. Преобразование Фурье и дискретное преобразование Фурье. Общие сведения об алгоритмах БПФ.

**Тема 7. 18. Решение обыкновенных ДУ. Методы приближенного интегрирования. 19. Метод Эйлера. 20. Метод Эйлера-Коши. 21. Метод Эйлера-Кромера для системы двух ДУ 1-го порядка. 22. Методы Рунге-Кутта 4-го порядка. 23. Алгоритм решения уравнения колебаний в RLC-контуре.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

18. Решение обыкновенных ДУ. Методы приближенного интегрирования ДУ. Приведение ДУ  $n$ -го порядка к системе  $n$  ДУ 1-го порядка. Постановка задачи Коши, ее геометрическая интерпретация. 19. Метод Эйлера решения ДУ 1-го порядка. Формулы и блок-схема метода. Величина погрешности. 20. Метод Эйлера-Коши решения ДУ 1-го порядка. Формулы и блок-схема метода. Величина погрешности. 21. Метод Эйлера-Кромера для системы двух ДУ 1-го порядка. Формулы и блок-схема метода. Величина погрешности. 22. Методы Рунге-Кутта 4-го порядка. Выбор шага интегрирования в методе Рунге-Кутта из соображений устойчивости. Величина погрешности. 23. Алгоритм решения уравнения колебаний в RLC-контуре с использованием метода Эйлера.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Построение алгоритмов методов численного интегрирования (моделирования) колебательных систем. Элементы программирования алгоритмов.

**Тема 8. 24. Вырожденная линейная система. 25. Колебания в RLC-контуре. Общий случай. 26. Уравнение движения для ПГО с затуханием. 27. Линейные системы с отрицательным трением. 28. Поведение системы при изменении обратной связи.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

24. Вырожденная линейная система. Гармонический осциллятор и RLC-контур. Случай малых  $m$  и  $L$ . 25. Колебания в RLC-контуре. Общий случай. Основные уравнения, роль отдельных членов. 26. Уравнение движения для ПГО с затуханием. Кинетическая и потенциальная энергия, изменение энергии за период. 27. Линейные системы с отрицательным трением. Электронная система с положительной обратной связью. Случай отрицательного "трения". Решения уравнения колебаний. Фазовый портрет. Аналогия с ПГО. 28. Поведение системы при изменении обратной связи. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Силовое и параметрическое воздействия. Принцип суперпозиции.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Анализ электронных систем с обратной связью. Рассмотрение примеров случаев отрицательной и положительной обратной связи. Принцип суперпозиции в исследовании колебательных процессов.

**Тема 9. 29. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R=0$ . 30. Вынужденные и свободные колебания. 31. Случай для контура с  $R>0$ . 32. Амплитуда тока. Резонансная кривая для квадратов амплитуд. 33. Добротность и резонансная кривая для квадратов амплитуд токов. 34. Амплитуда колебаний потенциала на конденсаторе. 35. Напряжение на индуктивности. 36. Некоторые частные случаи резонанса в контуре.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

29. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R=0$ . Вынужденные и свободные колебания. Биения. 30. Случай для контура с  $R=0$ . Вынужденные и свободные колебания. Явление резонанса. 31. Случай для контура с  $R<>0$ . Частное и общее решения. Свободные и вынужденные колебания. Комплексное сопротивление цепи. 32. Случай для контура с  $R<>0$ . Амплитуда тока. Резонансная кривая для квадратов амплитуд. 33. Случай для контура с  $R<>0$ . Добротность и резонансная кривая для квадратов амплитуд токов. 34. Случай для контура с  $R<>0$ . Амплитуда колебаний потенциала на конденсаторе. 35. Случай для контура с  $R<>0$ . Напряжение на индуктивности. Фаза вынужденных колебаний. 36. Некоторые частные случаи резонанса в контуре, последовательное и параллельное включение источника. Механические аналоги. Комплексное сопротивление контура при  $R=0$  и  $R<>0$ .

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Расчет резонансных кривых для квадратов амплитуд токов, потенциала на конденсаторе и напряжения на индуктивности.

**Тема 10. 37. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. 38. Неискажаемость. 39. Прием синусоидальных сигналов. 40. Решение для амплитудного значения потенциала спектральным методом. 41. Частотная и фазовая модуляция. 42. Автоколебания (общие сведения).**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

37. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. Избирательность. Регенеративный приемник. Условие достаточной избирательности контура. 38. Неискажаемость. Несущая и боковые частоты. Условие неискажаемости. Противоречие между избирательностью и неискажаемостью. 39. Прием синусоидальных сигналов. Уравнение для потенциала на конденсаторе и его решение для амплитудного значения потенциала. 40. Решение для амплитудного значения потенциала спектральным методом. 41. Частотная и фазовая модуляция. Спектр ЧМ сигнала. Выгодность ЧМ в отношении уменьшения требуемой добротности. 42. Автоколебания (общие сведения). Основные характерные особенности автоколебательного процесса.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Коллоквиум по пройденному материалу.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. 13. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. 14. Аналогия уравнения для колебательного RLC-контура с уравнением колебаний математического маятника. 15. Явление биений и резонанс в механических и электрических системах.	8		подготовка к устному опросу	6	устный опрос
7.	Тема 7. 18. Решение обыкновенных ДУ. Методы приближенного интегрирования. 19. Метод Эйлера. 20. Метод Эйлера-Коши. 21. Метод Эйлера-Кромера для системы двух ДУ 1-го порядка. 22. Методы Рунге-Кутта 4-го порядка. 23. Алгоритм решения уравнения колебаний в RLC-контуре.	8		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. 29. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с $R=0$ . 30. Вынужденные и свободные колебания. 31. Случай для контура с $R>0$ . 32. Амплитуда тока. Резонансная кривая для квадратов амплитуд. 33. Добротность и резонансная кривая для квадратов амплитуд токов. 34. Амплитуда колебаний потенциала на конденсаторе. 35. Напряжение на индуктивности. 36. Некоторые частные случаи резонанса в контуре.	8		подготовка к устному опросу	12	устный опрос
10.	Тема 10. 37. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. 38. Неискажаемость. 39. Прием синусоидальных сигналов. 40. Решение для амплитудного значения потенциала спектральным методом. 41. Частотная и фазовая модуляция. 42. Автоколебания (общие сведения).	8		подготовка к коллоквиуму	12	коллоквиум
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Компьютерные презентации лекционного и практического материала, компьютерных симуляций колебательных процессов; подготовка студентами домашних заданий по компьютерному моделированию различных (в соответствии с индивидуальными заданиями) колебательных систем.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. 1. Основные определения. 2. Объекты исследований в теории колебаний. 3. Общая классификация колебаний.**

**Тема 2. 4. Экологическая система, как пример колебательной системы.**

**Тема 3. 5. Периодическое (гармоническое) движение и колебания. 6. Простой гармонический осциллятор. 7. Математический и физический маятники. 8. Линейный математический маятник. Анализ на фазовой плоскости. 9. Нелинейный математический маятник. Анализ на фазовой плоскости.**

**Тема 4. 10. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. 11. Случаи затухающего апериодического процесса. 12. Линейный гармонический осциллятор с затуханием и внешней силой.**

**Тема 5. 13. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. 14. Аналогия уравнения для колебательного RLC-контура с уравнением колебаний математического маятника. 15. Явление биений и резонанс в механических и электрических системах.**

устный опрос , примерные вопросы:

Устный опрос по темам 1-15

**Тема 6. 16. Свойства комплексных функций. 17. Ряд Фурье и преобразование Фурье.**

**Тема 7. 18. Решение обыкновенных ДУ. Методы приближенного интегрирования. 19. Метод Эйлера. 20. Метод Эйлера-Коши. 21. Метод Эйлера-Кромера для системы двух ДУ 1-го порядка. 22. Методы Рунге-Кутты 4-го порядка. 23. Алгоритм решения уравнения колебаний в RLC-контуре.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Самостоятельно составить программу и промоделировать колебания для механической или электрической системы в соответствии с полученным от преподавателя индивидуальным заданием.

**Тема 8. 24. Вырожденная линейная система. 25. Колебания в RLC-контуре. Общий случай. 26. Уравнение движения для ПГО с затуханием. 27. Линейные системы с отрицательным трением. 28. Поведение системы при изменении обратной связи.**

**Тема 9. 29. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R=0$ . 30. Вынужденные и свободные колебания. 31. Случай для контура с  $R>0$ . 32. Амплитуда тока. Резонансная кривая для квадратов амплитуд. 33. Добротность и резонансная кривая для квадратов амплитуд токов. 34. Амплитуда колебаний потенциала на конденсаторе. 35. Напряжение на индуктивности. 36. Некоторые частные случаи резонанса в контуре.**

устный опрос , примерные вопросы:

Устный опрос по темам 16-36

**Тема 10. 37. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. 38. Неискажаемость. 39. Прием синусоидальных сигналов. 40. Решение для амплитудного значения потенциала спектральным методом. 41. Частотная и фазовая модуляция. 42. Автоколебания (общие сведения).**

коллоквиум , примерные вопросы:

Коллоквиум по всему пройденному материалу.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Основные определения. Периодическое движение и колебания. Принципы подхода к изучению движения в теории колебаний, отличие от подхода в механике. Примеры колебаний в механике, электромагнетизме, квантовой механике, физике твердого тела. Основные вехи истории теории колебаний.
2. Объекты исследований в теории колебаний. Спектр частот колебательных процес-сов.
3. Общая классификация колебаний. Классификация по способу повторения, по ко-личеству степеней свободы, по наличию потерь в системе, по типу внешнего воздей-ствия, по типу уравнений, описывающих колебательный процесс.
4. Экологическая система, как пример колебательной системы. Динамические урав-нения, их вывод и анализ с точки зрения соответствия классификационным призна-кам. Развитие системы на фазовой плоскости.
5. Периодическое (гармоническое) движение и колебания. Простой гармонический осциллятор. Уравнения движения и их решение, период, частота  $\omega$ . Кинетическая и потенциальная энергия простого гармонического осциллятора, полная энергия. Фазо-вый портрет.
6. Простой гармонический осциллятор. Уравнения движения и их решение. Фазовый портрет линейного гармонического осциллятора. Формула для фазовых траекторий. Тип особой точки, отвечающей устойчивому состоянию равновесия. Уравнения инте-гральных кривых для простого гармонического осциллятора.
7. Линейный и нелинейный математический маятник. Линейная скорость и линей-ное ускорение, величина равнодействующей силы, период колебаний. Фазовые траектории для математичес-ко?го маятника с малыми и большими углами отклонения.
8. Линейный математический маятник. Фазовый портрет линейного математического маятника. Формула для фазовых траекторий. Тип особой точки, отвечающей устойчи-вому состоянию равновесия.
9. Нелинейный математический маятник. Фазовый портрет нелинейного математиче-ского маятника при больших углах отклонения. Тип особой точки, отвечающей неус-тойчивому состоянию равновесия.
10. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. Уравнение движения и его общее решение. Случай затухающего осцилляторного процесса. Фазовый портрет. Тип особой точки.
11. Линейный гармонический осциллятор с затуханием. Уравнение движения и его общее решение Случай затухающего аperiodического процесса. Фазовый портрет. Тип особой точки.
12. Линейный гармонический осциллятор с затуханием и внешней силой. Примеры. Уравнение движения. Различные типы внешних сил.
13. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. Аналогия с уравнением колебаний гармонического осциллятора. Фазовый портрет.
14. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания в электрической RLC- и LC-цепях. Аналогия с уравнением колебаний математического маятника. Фазовый портрет.
15. Явление биений и резонанс в механических и электрических системах.
16. Свойства комплексных функций. Среднее и среднеквадратическое значение. Фор-мулы Фурье. Действительная часть и квадрат амплитуды действительной части ком-плексной функции.
17. Ряд Фурье и преобразование Фурье. Коэффициенты Фурье. Свойство ортогональ-ности гармонических функций. Теорема Фурье. Представление действительного ряда Фурье в комплексной форме. Явление Гиббса.
18. Решение обыкновенных ДУ. Методы приближенного интегрирования ДУ. Приведе-ние ДУ n-го порядка к системе n ДУ 1-го порядка. Постановка задачи Коши, ее гео-метрическая интерпретация.
19. Метод Эйлера решения ДУ 1-го порядка. Формулы и блок-схема метода. Величина погрешности.
20. Метод Эйлера-Коши решения ДУ 1-го порядка. Формулы и блок-схема метода. Ве-личина погрешности.

21. Метод Эйлера-Кромера для системы двух ДУ 1-го порядка. Формулы и блок-схема метода. Величина погрешности.
22. Методы Рунге-Кутта 4-го порядка. Выбор шага интегрирования в методе Рунге-Кутта из соображений устойчивости. Величина погрешности.
23. Алгоритм решения уравнения колебаний в RLC-контуре с использованием метода Эйлера.
24. Вырожденная линейная система. Гармонический осциллятор и RLC-контур. Случай малых  $m$  и  $L$ .
25. Колебания в RLC-контуре. Общий случай. Основные уравнения, роль отдельных членов.
26. Уравнение движения для ПГО с затуханием. Кинетическая и потенциальная энергия, изменение энергии за период.
27. Линейные системы с отрицательным трением. Электронная система с положительной обратной связью. Случай отрицательного "трения". Решения уравнения колебаний. Фазовый портрет. Аналогия с ПГО.
28. Поведение системы при изменении обратной связи. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Силовое и параметрическое воздействия. Принцип суперпозиции.
29. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R=0$ . Вынужденные и свободные колебания. Биения.
30. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R=0$ . Вынужденные и свободные колебания. Явление резонанса.
31. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R \neq 0$ . Частное и общее решения. Свободные и вынужденные колебания. Комплексное сопротивление цепи.
32. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R \neq 0$ . Амплитуда тока. Резонансная кривая для квадратов амплитуд.
33. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R \neq 0$ . Добротность и резонансная кривая для квадратов амплитуд токов.
34. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R \neq 0$ . Амплитуда колебаний потенциала на конденсаторе.
35. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Случай для контура с  $R \neq 0$ . Напряжение на индуктивности. Фаза вынужденных колебаний.
36. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Некоторые частные случаи резонанса в контуре, последовательное и параллельное включение источника. Механические аналоги. Комплексное сопротивление контура при  $R=0$  и  $R \neq 0$ .
37. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. Избирательность. Рее-неративный приемник. Условие достаточной избирательности контура.
38. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. Неискажаемость. Не-сухая и боковые частоты. Условие неискажаемости. Противоречие между избирательностью и неискажаемостью.
39. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. Прием синусоидальных сигналов. Уравнение для потенциала на конденсаторе и его решение для амплитудного значения потенциала.
40. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. Прием синусоидальных сигналов. Уравнение для потенциала на конденсаторе и его решение для амплитудного значения потенциала спектральным методом.
41. Некоторые применения теории резонанса в радиотехнике. Прием синусоидальных сигналов. Частотная и фазовая модуляция. Спектр ЧМ сигнала. Выгодность ЧМ в отношении уменьшения требуемой добротности.
42. Автоколебания (общие сведения). Основные характерные особенности автоколебательного процесса.



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Аудитория для практических занятий

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиоп физика" и профилю подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии .

Автор(ы):

Бойко Б.П. \_\_\_\_\_

Белашов В.Ю. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бойко Б.П. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.