

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

*Handwritten signature of T.A. Hagurov*

Хагуров Т.А.

Подпись

« 5 »

2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Б1.В.01 Теория колебаний

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.03.03 Радиофизика  
*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Физика и технология  
радиоэлектронных приборов и устройств  
*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения очная  
*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины Б1.В.01 ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ  
составлена в соответствии с федеральным государственным  
образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по  
направлению подготовки / специальности 03.03.03 Радиофизика профиль  
«Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств»  
код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):  
В.В. Галуцкий, доцент, к.ф.-м.н., доцент



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.01 Теория колебаний  
утверждена на заседании кафедры  
протокол № « » \_\_\_\_\_ 2023 г.  
заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-  
технического факультета  
протокол № « » \_\_\_\_\_ 2023 г.  
Председатель УМК факультета,  
д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М. \_\_\_\_\_

Рецензенты:  
Бабенко И.Д., ведущий специалист ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ»  
Понетаева И.Г., старший инженер ПАО МТС

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

изучение общих свойств колебательных процессов в системах с одной и несколькими степенями свободы, линейных, нелинейных, связанных и параметрических осцилляторов.

### 1.2 Задачи дисциплины

– ознакомить студентов с методами теории колебаний;  
– ознакомить студентов с приложениями теории колебаний в задачах радиофизики, оптики и др.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.В.01 Теория колебаний» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 03.03.03 Радиофизика направленности "Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств".

Для успешного усвоения дисциплины «Б1.В.01 Теория колебаний» студенты должны обладать базовыми знаниями и умениями по предшествующим дисциплинам «Математический анализ», «Атомная физика», «Физика атомного ядра и частиц», «Дифференциальные, интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Электродинамика и электродинамика сплошных сред».

«Б1.В.01 Теория колебаний» служит основой для понимания специальных дисциплин, изучаемых по направлению 03.03.03 Радиофизика как в бакалавриате, так и далее в магистратуре и в аспирантуре. Студент, освоивший данный курс, подготовлен к деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, в том числе к научно – исследовательской, а при сочетании освоения дополнительной образовательной программы педагогического профиля – к педагогической деятельности.

Вид промежуточной аттестации: зачет, дифференцированный зачет (курсовой проект).

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
<b>ПК-1 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследований с целью создания новых перспективных средств для систем передачи информации</b>	
ИПК-1.1. Владеет современными информационными системами и технологиями с целью моделирования сложных технических систем	Знает особенности распространения электромагнитных волн во всем диапазоне частот, в процессах отражения и прохождения их в средах с различными электрофизическими параметрами
	Умеет рассчитывать основные характеристики электромагнитных полей в однородных и неоднородных средах
	Владеет классическими и современными методами расчета электромагнитных полей
ИПК-1.2. Способен применять современное материально-техническое оборудование для исследовательских целей	Знает физическую сущность процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах
	Умеет самостоятельно использовать основные методы радиофизических измерений
	Владеет методами проведения аналитических и численных расчетов; демонстрировать способность и готовность проведения аналитических и численных расчетов.

*\*Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		4 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>78,2</b>	<b>78,2</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>					
занятия лекционного типа	32	32			
лабораторные занятия					
практические занятия	32	32			
семинарские занятия					
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	14	14			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>101,8</b>	<b>101,8</b>			
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	50	50			
Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	51,8	51,8			
Подготовка к текущему контролю					
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену					
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>		
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>78,2</b>	<b>78,2</b>		
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Введение в теорию колебаний. Гармонические колебания в линейных бездиссипативных системах с одной степенью свободы	14	2	2		10
2.	Колебания в линейных диссипативных системах с одной степенью свободы	16	4	2		10
3.	Колебания в цепях переменного тока	18	4	4		10
4.	Колебания в линейных системах с несколькими степенями свободы	18	4	4		10
5.	Гармонические колебания в системах с бесконечным числом степеней свободы. Волновые процессы	18	4	4		10
6.	Устойчивость колебательных систем	18	4	4		10
7.	Параметрические колебания	18	4	4		10
8.	Распространение электромагнитных волн в периодически-неоднородных средах	23	4	4		15
9.	Качественное и количественное рассмотрение нелинейных колебательных систем	22,8	2	4		16,8
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	165,8	32	32		101,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	14				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	180				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

**Курсовой проект: дифференцированный зачет**

**Форма проведения аттестации по дисциплине: зачет**

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Введение в теорию колебаний. Гармонические колебания в линейных бездиссипативных системах с одной степенью свободы	Введение. Круг задач, решаемых теорией колебаний. Терминология и математический аппарат теории колебаний. Свободные колебания в системах с одной степенью свободы. Примеры колебательных систем с одной степенью свободы и их анализ. Колебания в системах с одной степенью свободы под действием вынуждающей силы	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
2.	Колебания в линейных диссипативных системах с одной степенью свободы	Свободные колебания в диссипативных колебательных системах с одной степенью свободы. Качественное рассмотрение колебаний в диссипативных системах при различных законах трения. Случаи: сухого трения, линейного трения, квадратичного трения. Вынужденные колебания в линейных диссипативных системах. Резонанс	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
3.	Колебания в цепях переменного тока	Сложение гармонических колебаний. Векторные диаграммы. Фигуры Лиссажу. Колебания в цепях переменного тока. Индуктивное, емкостное и активное сопротивление	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
4.	Колебания в линейных системах с несколькими степенями свободы	Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы. Связь: индуктивная, емкостная, смешанная. Собственные колебания системы с двумя степенями свободы. Нормальные колебания. Парциальные и собственные частоты. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы. Успокоение колебаний. Колебания в линейных системах с n степенями свободы.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>

		Матричная форма записи уравнений колебаний в линейных системах. Нормальные колебания	
5.	Гармонические колебания в системах с бесконечным числом степеней свободы. Волновые процессы	Колебания в однородных цепочках (одномерная модель кристалла с одним атомом в элементарной ячейке). Дисперсионное уравнение для однородной цепочки и его анализ. Колебания в неоднородных цепочках (одномерная модель кристалла с двумя атомами в элементарной ячейке). Дисперсионное уравнение для неоднородной цепочки и его анализ. Вынужденные колебания в системе свободных зарядов. Плазменные колебания. Вынужденные колебания в системе невзаимодействующих осцилляторов. Элементарная теория дисперсии электромагнитных волн в конденсированных средах. Нормальная и аномальная дисперсия	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
6.	Устойчивость колебательных систем	Устойчивость по Ляпунову асимптотическая устойчивость. Устойчивость колебательных систем с дискретным спектром. Критерий Рауса, Гурвица. Понятие о D-анализе устойчивости колебательных систем. Преобразование Лапласа и его свойства. Устойчивость неавтономных систем.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
7.	Параметрические колебания	Параметрические колебания и параметрическая неустойчивость. Теорема Флоке-Блоха. Параметрический резонанс.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
8.	Распространение электромагнитных волн в периодически-неоднородных средах	Общие свойства периодически неоднородных сред, методы их создания. Фотонные кристаллы. Периодические неоднородные среды, имеющие синусоидальный профиль неоднородности. Дисперсионное уравнение. Периодические неоднородные среды со ступенчатой неоднородностью: точное решение задачи о распространении электромагнитной волны	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
9.	Качественное и количественное рассмотрение нелинейных колебательных систем	Качественное рассмотрение нелинейных колебательных систем, их фазовые портреты. Точное решение задачи о математическом маятнике. Понятие о методе медленно меняющихся амплитуд (ММА). Исследование генератора Томсона с помощью метода ММА. Общие методы исследования нелинейных динамических систем.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Введение в теорию колебаний. Гармонические колебания в линейных бездиссипативных системах с одной степенью свободы	Введение. Круг задач, решаемых теорией колебаний. Терминология и математический аппарат теории колебаний. Свободные колебания в системах с одной степенью свободы. Примеры колебательных систем с одной степенью свободы и их анализ. Колебания в системах с одной степенью свободы под действием вынуждающей силы	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
2.	Колебания в линейных диссипативных системах с одной степенью свободы	Свободные колебания в диссипативных колебательных системах с одной степенью свободы. Качественное рассмотрение колебаний в диссипативных системах при различных законах трения. Случаи: сухого трения, линейного трения, квадратичного трения. Вынужденные колебания в линейных диссипативных системах. Резонанс	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
3.	Колебания в цепях переменного тока	Сложение гармонических колебаний. Векторные диаграммы. Фигуры Лиссажу. Колебания в цепях переменного тока. Индуктивное, емкостное и активное сопротивление	<i>Проверочная контрольная работа,</i>

			<i>проверка домашнего задания</i>
4.	Колебания в линейных системах с несколькими степенями свободы	Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы. Связь: индуктивная, емкостная, смешанная. Собственные колебания системы с двумя степенями свободы. Нормальные колебания. Парциальные и собственные частоты. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы. Успокоение колебаний. Колебания в линейных системах с $n$ степенями свободы. Матричная форма записи уравнений колебаний в линейных системах. Нормальные колебания	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
5.	Гармонические колебания в системах с бесконечным числом степеней свободы. Волновые процессы	Колебания в однородных цепочках (одномерная модель кристалла с одним атомом в элементарной ячейке). Дисперсионное уравнение для однородной цепочки и его анализ. Колебания в неоднородных цепочках (одномерная модель кристалла с двумя атомами в элементарной ячейке). Дисперсионное уравнение для неоднородной цепочки и его анализ. Вынужденные колебания в системе свободных зарядов. Плазменные колебания. Вынужденные колебания в системе взаимодействующих осцилляторов. Элементарная теория дисперсии электромагнитных волн в конденсированных средах. Нормальная и аномальная дисперсия	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
6.	Устойчивость колебательных систем	Устойчивость по Ляпунову асимптотическая устойчивость. Устойчивость колебательных систем с дискретным спектром. Критерий Рауса, Гурвица. Понятие о $D$ -анализе устойчивости колебательных систем. Преобразование Лапласа и его свойства. Устойчивость неавтономных систем.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
7.	Параметрические колебания	Параметрические колебания и параметрическая неустойчивость. Теорема Флоке-Блоха. Параметрический резонанс.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
8.	Распространение электромагнитных волн в периодически-неоднородных средах	Общие свойства периодически неоднородных сред, методы их создания. Фотонные кристаллы. Периодические неоднородные среды, имеющие синусоидальный профиль неоднородности. Дисперсионное уравнение. Периодические неоднородные среды со ступенчатой неоднородностью: точное решение задачи о распространении электромагнитной волны	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
9.	Качественное и количественное рассмотрение нелинейных колебательных систем	Качественное рассмотрение нелинейных колебательных систем, их фазовые портреты. Точное решение задачи о математическом маятнике. Понятие о методе медленно меняющихся амплитуд (ММА). Исследование генератора Томсона с помощью метода ММА. Общие методы исследования нелинейных динамических систем.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Электронные приборы СВЧ.
2. Детектирование.
3. Взаимодействие релятивистских частиц с лазерным излучением.
4. Спектральные и поляризационные характеристики модулированной электромагнитной волны.
5. Движение заряженной частицы в поле частотно-модулированной электромагнитной волны.
6. Движение и излучение релятивистской частицы в поле лазерного импульса (в гауссовом пучке).
7. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях в вакууме.
8. Движение заряженной частицы в поле плоской монохроматической электромагнитной волны и постоянном однородном магнитном поле.
9. Излучение заряженной частицы в поле амплитудно-модулированной волны.
10. Угловое распределение синхротронного излучения.
11. Исследование аналоговых сигналов. Применение их в модуляторах.
12. Исследование модулированных сигналов и их применение в аналоговых и цифровых модуляторах.
13. Криоэлектроника. Сверхпроводные цифровые и импульсные устройства.
14. Спектральные методы.
15. Интегральные микросхемы, их классификация и технология изготовления.
17. Расчет фрактальных антенн.
18. Фотоэффект и приборы на его основе.
19. Резонаторы
20. Усиление колебаний в лазерных материалах.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	Методические указания по организации аудиторной и самостоятельной работ, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г
2	Подготовка к текущему контролю	Методические рекомендации для подготовки к практическим, семинарским и лабораторным занятиям,



	утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г
--	--

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4.Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов)».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к экзамену.

#### **Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации**

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация

1	ИПК-1.1. Владеет современными информационными системами и технологиями с целью моделирования сложных технических систем	Знает особенности распространения электромагнитных волн во всем диапазоне частот, в процессах отражения и прохождения их в средах с различными электрофизическими параметрами Умеет рассчитывать основные характеристики электромагнитных полей в однородных и неоднородных средах Владеет классическими и современными методами расчета электромагнитных полей	Контрольная работа – по теме, разделу Опрос	Вопрос на зачете 1-12
2	ИПК-1.2. Способен применять современное материально-техническое оборудование для исследовательских целей	Знает физическую сущность процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах Умеет самостоятельно использовать основные методы радиофизических измерений Владеет методами проведения аналитических и численных расчетов; демонстрировать способность и готовность проведения аналитических и численных расчетов.	Контрольная работа – по теме, разделу Опрос	Вопрос на зачете 13-25

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **Примерный перечень вопросов и заданий**

1. Линейный осциллятор. Линейные динамические системы. Консервативные системы.
2. Фазовый портрет линейного осциллятора. Понятие фазовой траектории. Фазовые портреты линейных систем с одной степенью свободы.
3. Фазовые портреты линейных осцилляторов с учётом потерь. Периодический и аperiodический режимы.
4. Резонанс в линейных колебательных системах с одной степенью свободы. Резонанс в системе с конечной добротностью.
5. Анализ поведения системы при воздействии произвольной вынуждающей силы.
6. Колебательные системы с несколькими степенями свободы. Колебания связанных осцилляторов. Нормальные и парциальные частоты.
7. Эффект динамического демпфирования. Теорема взаимности.

8. Колебания в ансамбле невзаимодействующих линейных осцилляторов. Классическая теория дисперсии света. Формула Зейльмейера.
9. Предел Лоренца. Учёт нетождественности осцилляторов.
10. Устойчивость линеаризованных систем с дискретным спектром. Устойчивость по Ляпунову.
11. Устойчивость сосредоточенных систем с постоянными параметрами. Критерий Рауса-Гурвица. Устойчивость неавтономных систем.
12. Параметрические колебательные системы. Резонансные и нерезонансные параметрические системы. Уравнение Матье.
13. Устойчивость параметрических систем. Теорема Флоке. Параметрический резонанс.
14. Колебания в нелинейных системах. Примеры нелинейных осцилляторов. Фазовый портрет нелинейного осциллятора. Неизохорность нелинейных осцилляторов.
15. Нелинейный резонанс. Анализ поведения осциллятора с малой нелинейностью.
16. Нелинейный параметрический резонанс.
17. Периодические автоколебания в диссипативных (неконсервативных) системах. Предельные циклы. Мягкий и жёсткий режимы возбуждения.
18. Аттракторы. Влияние параметров системы на форму автоколебаний. Метод изоклин.

#### Практические задания

1. Напишите уравнение движения математического маятника без учета трения при малых и немалых углах отклонения с пояснением всех величин.
2. Напишите уравнение движения груза на пружине при наличии трения и его решение с пояснением всех величин.
3. Напишите уравнение, описывающее колебания в колебательном контуре с учетом активного сопротивления, и его решение с пояснением всех величин.
4. Постройте семейство фазовых траекторий, описывающих движение линейной консервативной системы
5. Постройте семейство фазовых траекторий, описывающих движение линейной неконсервативной системы
6. Постройте семейство фазовых траекторий, описывающих вращательное движение математического маятника
7. По какой зависимости можно судить об устойчивости автоколебаний в системе? Постройте эту зависимость.
8. Постройте бифуркационные диаграммы для мягкого и жесткого режимов автоколебаний. В чем их различия?
9. Запишите условия для параметрического резонанса. Как влияет амплитуда колебаний параметра и трение на эти условия? Постройте диаграмму условий параметрического резонанса
10. Постройте резонансную кривую для случая вынужденных колебаний в нелинейной консервативной системе с одной степенью свободы с мягкой восстанавливающей силой.
11. Как зависит частота колебаний от их амплитуды в случае жесткой и мягкой возвращающей силы. Построить график.
12. Постройте семейство фазовых траекторий, описывающих движение линейной неконсервативной системы методом изоклин.

#### Модуль 1.

##### Линейный осциллятор.

Понятие фазовой траектории. Фазовые портреты линейных систем с одной степенью свободы. Фазовые портреты линейных осцилляторов с учётом потерь.

Периодический и аperiodический режимы.

Модуль 2.

Колебания связанных осцилляторов. Нормальные и парциальные частоты. Эффект динамического демпфирования. Теорема взаимности.

Колебания в ансамбле невзаимодействующих линейных осцилляторов. Формула Зейльмейера. Предел Лоренца. Учёт нетождественности осцилляторов.

Устойчивость линеаризованных систем по Ляпунову. Устойчивость сосредоточенных систем с постоянными параметрами. Критерий Рауса-Гурвица. Устойчивость неавтономных систем.

Резонансные и нерезонансные параметрические системы. Уравнение Матье. Устойчивость параметрических систем. Теорема Флоке.

Модуль 3.

Колебания в нелинейных системах. Примеры нелинейных осцилляторов. Фазовый портрет нелинейного осциллятора. Неизохорность нелинейных осцилляторов

Нелинейный резонанс. Анализ поведения осциллятора с малой нелинейностью. Нелинейный параметрический резонанс.

Периодические автоколебания в диссипативных системах. Мягкий и жёсткий режимы возбуждения. Аттракторы. Влияние параметров системы на форму автоколебаний

### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)**

1. Свободные колебания в консервативных системах с одной степенью свободы.
2. Примеры колебательных систем с одной степенью свободы и их анализ.
3. Колебания в системах с одной степенью свободы под действием вынуждающей силы. Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии.
4. Свободные колебания в диссипативных колебательных системах с одной степенью свободы. Качественное рассмотрение колебаний в диссипативных системах при различных законах трения. Случаи: сухого трения, линейного трения, квадратичного трения.
5. Вынужденные колебания в линейных диссипативных системах. Резонанс.
6. Сложение гармонических колебаний. Векторные диаграммы. Фигуры Лиссажу.
7. Колебания в цепях переменного тока. Индуктивное, емкостное и активное сопротивление.
8. Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы. Связь: индуктивная, емкостная, смешанная.
9. Собственные колебания системы с двумя степенями свободы. Нормальные колебания. Парциальные и собственные частоты.
10. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы. Успокоение колебаний.
11. Колебания в линейных системах с  $p$  степенями свободы. Матричная форма записи уравнений колебаний в линейных системах. Нормальные колебания
12. Колебания в однородных цепочках. Дисперсионное уравнение и его анализ.
13. Колебания в неоднородных цепочках. Дисперсионное уравнение и его анализ.
14. Вынужденные колебания в системе свободных зарядов. Плазменные колебания.
15. Вынужденные колебания в системе невзаимодействующих осцилляторов. Элементарная теория дисперсии электромагнитных волн в конденсированных средах. Нормальная и аномальная дисперсия.
16. Устойчивость колебательных систем с дискретным спектром. Критерий Рауса-Гурвица.
17. Устойчивость неавтономных систем.
18. Параметрические колебания и параметрическая неустойчивость.

19. Теорема Флоке-Блоха. Параметрический резонанс.
20. Периодические неоднородные среды, синусоидальный профиль неоднородности.
21. Периодические неоднородные среды со ступенчатой неоднородностью
22. Параметрический резонанс при воздействии на систему с частотой, много большей частоты собственных колебаний.
23. Качественное рассмотрение нелинейных колебательных систем, их фазовые портреты.
24. Точное решение задачи о математическом маятнике.
25. Генератор Томсона. Общие методы исследования нелинейных динамических систем.

**Критерии оценивания результатов обучения**  
дифференцированный зачет (курсовой проект)

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценивания по экзамену</i>
<i>Высокий уровень «5» (отлично)</i>	<i>оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.</i>
<i>Средний уровень «4» (хорошо)</i>	<i>оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.</i>
<i>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</i>	<i>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.</i>
<i>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</i>	<i>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.</i>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний: учебник. - СПб.: Лань, 2005. - ISBN 5811406142.

2. Стрелков С.П., Введение в теорию колебаний: -Лань, 2005 ISBN:5-8114-0614-2 [https://e.lanbook.com/book/603#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/603#book_name).

3. Горелик Г.С. Колебания и волны: учебное пособие - М.: Физматлит, 2007 ISBN: 978-5-9221-0776-1

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=68389&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68389&sr=1)

4. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=68395&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68395&sr=1)

5. Каганов В.И. Колебания и волны в природе и технике: учебное пособие для вузов. – 2015

### **5.2. Периодическая литература**

*Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:*

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>

2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

3. ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier <https://www.elsevier.com/>

4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

5. Известия высших учебных заведений. Радиофизика.

6. Информатизация и связь

7. Успехи физических наук

8. Журнал экспериментальной и теоретической физики

9. Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики"

10. Радиотехника и электроника

### **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

**Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)

5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

## Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

### КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

### 6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись.

Вопросы, возникающие в ходе лекции, если не заданы сразу, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий. Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой. Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции).

Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно. Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления.



Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке.

При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 300С, 201С, 227С, 114С, 209 С, 315 С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 227С, 114С, 209 С, 315 С, 133, 205С, 217С С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Операционная система MS Windows. Офисный пакет приложений MicrosoftOffice. Система MATLAB

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.</p>
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.</p>