

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики



Могильная Е.П.
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»

По направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль подготовки «Физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Колебания и волны» по направлению подготовки 03.03.02 Физика. – 20 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Колебания и волны» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Харченко Е.И.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры физики «18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики Корсунов К.А. Корсунов К.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Директор института технологий и инженерной механики Могильная Е.П. Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики Ясуник С.Н. Ясуник С.Н.

© Харченко Е.И., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – рассмотрение с единой точки зрения колебаний и волновых явлений в различных разделах физики, изучение основных моделей колебательно-волновых явлений и процессов, их приложения к конкретным физическим (техническим) ситуациям.

Особое внимание при изучении дисциплины «Колебания и волны» уделяется более сложным системам, которые недостаточно знакомы с предыдущих курсов – параметрическим, нелинейным, автоколебательным.

Задачи дисциплины:

сформировать у студентов базовые знания о колебательно-волновых процессах, способах их описания и использования в практической работе;

научить студентов распознавать в сложных колебательно-волновых процессах, в конкретных задачах физики или техники основные элементарные колебательные явления и свести исходную проблему к анализу этих моделей;

достичь понимания основных колебательно-волновых явлений на простых моделях и системах.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Колебания и волны» дисциплина входит в модуль естественных дисциплин обязательной части учебного плана подготовки студентов по направлению подготовки 03.03.02 Физика..

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Механика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Электродинамика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного» и является основой для изучения следующих дисциплин: «Квантовая теория», «Методы математической физики», «Нелинейная оптика».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических и (или) естественных наук ОПК-1.2. Применяет базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Знать: теорию малых колебаний всех типов – свободных, затухающих, вынужденных, теорию линейных, нелинейных и параметрических колебаний в системах с одной, двумя и многими степенями свободы; теорию автоколебательных систем; теорию волновых процессов в линейных, нелинейных и активных средах, волновое уравнение, его общее решение в различных средах;
		Уметь: трактовать с единой точки зрения колебательные и волновые явления в различных областях физики; решать уравнения, описывающие колебания в

		различных средах; решать уравнения, описывающие волновые процессы в различных средах; решать задачи с колебательными процессами в линейных, нелинейных и параметрических системах; Владеть: методами решения типичных задач физики колебаний и волн; обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; Иметь представления: об основных уравнениях механики твердого тела и получения волнового уравнения и его решения; об основных уравнениях механики жидкой сплошной среды и получении из них волнового уравнения и его решения.
ПК-1. Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.1. Знает теоретические основы физических методов исследования и методы анализа свойств физических систем разного уровня организации. ПК-1.2. Знает методы экспериментальных исследований в физике, возможности и области использования аппаратуры и оборудования для выполнения физических исследований. ПК-1.3. Умеет: осуществлять выбор оборудования и методик для решения конкретных задач, эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование. ПК-1.4. Владеет навыками использования современных методов исследования в выбранной области.	Знать: теоретические основы физических методов исследования и анализа колебательных процессов в системах с различным числом степеней свободы; волновых процессов в линейных, нелинейных и активных средах; Знать: методы экспериментальных исследований в физике колебательных и волновых процессов; Уметь: осуществлять выбор оборудования для исследования колебательных процессов в линейных, нелинейных и параметрических системах; волновых процессов в различных средах; Владеть: навыками использования современных методов исследования в физике колебаний и волн.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	Не предусмотрена
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	68	-
Лекции	34	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	34	-
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	+	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции,	-	-

интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)		
Самостоятельная работа студента / форма контактной работы	76 / 36	-
Форма аттестации	Экзамен/курсовая работа	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 5

Тема 1. Свободные колебания.

Колебательные процессы. Гармонические колебания. Классификация колебаний. Гармонические колебания. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Энергия гармонических колебаний. Малые колебания. Простые колебательные системы.

Сложение гармонических колебаний. Графическое изображение гармонических колебаний. Векторная диаграмма. Сложение одинаково направленных гармонических колебаний. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Разложение в ряд Фурье.

Тема 2. Затухающие колебания.

Затухающие колебания. Трение. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний и его решение. Основные характеристики затухающих колебаний. Аперiodический процесс. Случай большого трения. Энергия затухающих колебаний.

Тема 3. Вынужденные колебания.

Вынужденные колебания. Уравнение движения и его решение. Явление резонанса. Поглощение мощности. Амплитуды дисперсии и поглощения.

Тема 4. Фазовый портрет колебательной системы.

Фазовый портрет колебательной системы. Степени свободы. Фазовое пространство. Фазовый портрет гармонических колебаний. Фазовый портрет линейной системы с отталкивающей силой. Фазовый портрет колебаний математического маятника при произвольных углах отклонения от положения равновесия. Фазовый портрет затухающих колебаний.

Тема 5. Колебания систем со многими степенями свободы.

Колебания систем со многими степенями свободы. Свободные незатухающие колебания с двумя степенями свободы. Методика анализа колебаний связанных осцилляторов. Соотношение между парциальными и нормальными частотами. Колебания со многими степенями свободы.

Тема 6. Электромагнитные колебания.

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Незатухающие электромагнитные колебания. Затухающие электромагнитные колебания. Вынужденные колебания в колебательном контуре.

Тема 7. Упругие волны.

Волны в упругой среде. Основные понятия. Уравнение бегущей волны. Сферическая и цилиндрическая волны.

Волновые уравнения. Линейное волновое уравнение. Общие волновые уравнения. Скорость упругих волн. Уравнение поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний в стержне. Уравнение звуковых волн в газе.

Энергия упругих волн. Плотность энергии упругой волны. Плотность потока энергии. Вектор Умова. Энергия стоячей волны. Дисперсия волн. Фазовая скорость. Групповая скорость. Акустические волны. Природа звуковых волн. Характеристики звука. Эффект Доплера для звуковых волн. Ультразвук.

Тема 8. Электромагнитные волны.

Электромагнитные волны. Волновое уравнение электромагнитной волны. Плоская электромагнитная волна. Стоячая электромагнитная волна.

Энергия и импульс электромагнитной волны. Импульс электромагнитной волны. Излучение электромагнитных волн. Эффект Доплера для электромагнитных волн. Излучение диполя. Реальные электромагнитные волны. Спектральное разложение. Волновой пакет. Электромагнитные волны в линиях передач. Скин-эффект.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Колебательные процессы. Гармонические колебания	2	-
2	Сложение гармонических колебаний	2	-
3	Затухающие колебания	2	-
4	Вынужденные механические колебания	2	-
5	Фазовый портрет колебательной системы	2	-
6	Колебания систем со многими степенями свободы	2	-
7	Электромагнитные колебания	2	-
8	Волны в упругой среде	2	-
9	Волновые уравнения	2	-
10	Скорость упругих волн	2	-
11	Энергия упругих волн	2	-
12	Дисперсия волн	2	-
13	Акустические волны	2	-
14	Электромагнитные волны	2	-
15	Энергия и импульс электромагнитной волны	2	-
16	Излучение электромагнитных волн. Эффект Доплера	2	-
17	Реальные электромагнитные волны	2	-
Итого:		34	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Кинематика гармонических колебаний	2	-
2	Физические примеры осцилляторов	4	-
3	Электромагнитные колебания	2	-
4	Затухающие колебания	2	-
5	Вынужденные колебания	2	-
6	Фазовое пространство	4	-
7	Связанные колебания	2	-
8	Волны в упругой среде	6	-
9	Акустические волны	2	-
10	Электромагнитные волны	6	-
11	Излучение электромагнитных волн	2	-
Итого:		34	-

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Колебания и волны» не предполагаются учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Свободные колебания	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
2	Затухающие колебания	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
3	Вынужденные колебания	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
4	Фазовый портрет колебательной системы	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	-
5	Колебания систем со многими степенями свободы	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
6	Электромагнитные колебания	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
7	Упругие волны	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
8	Электромагнитные волны	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	10	-
Итого:			76	-

4.7. Курсовые работы. Программой предусмотрено выполнение студентами курсовой работы.

Темы курсовых работ:

1. Колебания в упорядоченных структурах.
2. Волны малой амплитуды в сплошных средах
3. Параметрические системы.
4. Стационарные ударные волны и солитоны.
5. Модулированные волны в нелинейных средах.
6. Автоколебания в распределенных системах.
7. Стохастическая динамика простых систем.
8. Турбулентность.
9. Метод обратной задачи в теории солитонов.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Савельев И. В. Курс общей физики: Учебное пособие для вузов. Т.2: в 3 т./ И. В. Савельев. – Изд. 10-е, стер. – СПб.: Изд. Лань, 2008 – 476 с.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т.1. Механика. / Д. В. Сивухин – 4-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. – 560 с.
3. Иродов И. Е. Волновые процессы. Основные законы. Т. 1. Механика. Электродинамика. Колебания и волны / И. Е. Иродов. – 2-е изд. – М.: Бином, 2013. – 263 с.
4. Карлов Н. В., Кириченко Н. А. Колебания, волны, структуры / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко – М.: «ФИЗМАТЛИТ», 2008. – 496с.

б) дополнительная литература:

1. Стрелков С .П. Введение в теорию колебаний: Учебник / С.П. Стрелков – СПб.: Издательство «Лань», 2005. – 440 с.
2. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Колебания и волны. Лекции / В.А. Алешкевич, Л.Г. Деденко, В.А. Караваев – М.: МГУ, 2001. – 144 с.
3. Кузнецов А.П. Линейные колебания и волны. Сборник задач / А.П. Кузнецов – М.: Просвещение, 1972. – 511 с.
4. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн / М.И. Рабинович, Д.И. Трубецков – М.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2000. – 560 с.
5. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. – М.: Бином; 2002, – 448 с.

в) методические указания:

1. Конспект лекций по дисциплине «Колебания и волны» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 3-х частях). Часть 1. «Колебания» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 68 с.
2. Конспект лекций по дисциплине «Колебания и волны» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 3-х частях). Часть 2. «Механические волны» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 40 с.
3. Конспект лекций по дисциплине «Колебания и волны» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 3-х частях). Часть 3. «Электромагнитные волны» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 25 с.
4. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Колебания и волны» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 2-х частях). Часть 1. «Колебания» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 37 с.
5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Колебания и волны» (для студентов, обучающихся по направлению

подготовки 03.03.02 «Физика» (в 2-х частях). Часть 2. «Волны» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 24 с.

6. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Колебания и волны» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2019. – 21 с.

г) Интернет-ресурсы:

- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
- Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются комплекты электронных презентаций / слайдов, раздаточный материал, наглядные пособия в аудиториях, оснащенных презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические и лабораторные занятия проводятся в специальных лабораториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Колебания и волны»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Колебания и волны»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Тема 1. Свободные колебания	5
				Тема 2. Затухающие колебания	5
				Тема 3. Вынужденные колебания	5
				Тема 4. Фазовый портрет колебательной системы.	5
				Тема 5. Колебания систем со многими степенями свободы	5
				Тема 6. Электромагнитные колебания	5
				Тема 7. Упругие волны	5
				Тема 8. Электромагнитные волны	5
2	ПК-1	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Темы 1-6	5

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1 ОПК-1.1 ОПК-1.2	Знать: теорию малых колебаний всех типов – свободных, затухающих, вынужденных, теорию линейных, нелинейных и параметрических колебаний в системах с одной, двумя и многими степенями свободы; теорию автоколебательных систем; теорию волновых процессов в линейных, нелинейных и активных средах, волновое уравнение, его общее решение в различных средах. Уметь: трактовать с единой точки зрения колебательные и волновые явления в различных областях физики; решать уравнения, описывающие колебания в различных средах; решать уравнения, описывающие волновые процессы в различных средах; решать задачи с колебательными процессами в линейных, нелинейных и параметрических системах. Владеть: методами решения типичных задач физики колебаний и волн; обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.	Темы 1-10	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.
2	ПК-1 ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Знать: теоретические основы физических методов исследования и анализа колебательных процессов в системах с различным числом степеней свободы; волновых процессов в линейных, нелинейных и активных средах; методы экспериментальных исследований в физике колебательных и волновых процессов; Уметь: осуществлять выбор оборудования для исследования колебательных процессов в линейных, нелинейных и параметрических системах; волновых процессов в различных средах. Владеть: навыками использования современных методов исследования в физике колебаний и волн.	Темы 1-10	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы

Фонды оценочных средств по дисциплине «Колебания и волны»

Вопросы к контрольным работам:

1. Колебания

Колебательные процессы. Гармонические колебания

1. Какие процессы называются колебательными?
2. Какие колебательные системы называются линейными?
3. Напишите дифференциальное уравнение гармонических колебаний.
4. Приведите примеры колебательных систем.

5. Какое свойство колебательных систем называют изохронностью колебаний?

6. Что такое классический осциллятор?

Сложение гармонических колебаний

1. Объясните содержание метода векторных диаграмм.
2. Рассмотреть сложение колебаний одинакового направления с одинаковыми частотами.

3. Какое явление называется биением?

4. Опишите сложение взаимно перпендикулярных колебаний с одинаковой частотой.

5. Что такое фигуры Лиссажу?

Затухающие колебания

1. Получите дифференциальное уравнение затухающих колебаний.
2. Напишите уравнение затухающих колебаний, постройте график $x(t)$.
3. Как определяется коэффициент затухания пружинного маятника?
4. Что такое время релаксации и как оно определяется?
5. Какая величина называется логарифмическим коэффициентом затухания?

6. Что такое добротность колебательной системы и как она определяется?

7. Получите формулу для энергии затухающих колебаний.

8. Какие колебания называются апериодическими?

Вынужденные колебания

1. Какие колебания называются вынужденными?
2. Напишите дифференциальное уравнение вынужденных колебаний.
3. Получите решение дифференциального уравнения вынужденных колебаний при действии силы, изменяющейся по гармоническому закону?
4. Какой процесс называется переходным режимом? Чему равно время установления режима стационарных колебаний?

5. Получите формулу для амплитуды вынужденных колебаний.

6. Как определяется амплитудно-частотная характеристика вынужденных колебаний?

7. Рассмотрите случай вынужденных колебаний при $\beta \ll \omega_0$ и $\omega \ll \omega_0$.

8. Рассмотрите случай вынужденных колебаний при $\beta \ll \omega_0$ и $\omega \gg \omega_0$.

9. В чем заключается явление резонанса? Получите формулу для резонансной частоты.

10. Как определяется фазочастотная характеристика? Приведите график ФЧХ.

Фазовый портрет колебательной системы

1. Что понимается под степенями свободы системы?
2. Что называется фазовым пространством? Фазовой или изображающей точкой? Фазовой траекторией?

3. Что такое фазовый портрет системы?

4. Запишите в общем виде уравнение кривых на фазовой плоскости для произвольной колебательной системы.
5. Что из себя представляет фазовый портрет гармонических колебаний? Получите уравнение фазовой траектории для гармонического осциллятора.
6. Получите и изобразите фазовый портрет системы с отталкивающей силой.
7. Получите фазовый портрет колебаний математического маятника при произвольных углах отклонения от положения равновесия. Проанализируйте типы движения
8. Охарактеризуйте особые точки фазового портрета типа «седло».
9. Что такое «сепаратрисса»?
10. Проанализируйте фазовые портреты затухающих колебаний. Что такое точки типа «фокус» и типа «узел»?

Колебания систем со многими степенями свободы

1. Какие колебания называются нормальными колебаниями или модами.
2. Получите уравнения для мод колебаний системы с двумя степенями свободы.
3. Что такое парциальная частота?
4. Что называется спектральным представлением? Приведите пример.
5. Опишите методику анализа колебаний связанных осцилляторов.
6. Получите соотношения между парциальными и нормальными частотами.

Электромагнитные колебания

1. Напишите дифференциальное уравнение незатухающих электромагнитных колебаний в колебательном контуре.
2. Напишите дифференциальное уравнение затухающих электромагнитных колебаний в колебательном контуре.
3. Напишите уравнения для заряда, силы тока и напряжения при незатухающих электромагнитных колебаниях в колебательном контуре.
4. Как изменяется энергия электрического и магнитного полей при электромагнитных колебаниях?
5. Как изменяются сила тока, заряд и напряжение при затухающих колебаниях в колебательном контуре?
6. Как определяется добротность в колебательном контуре?

2. Механические волны

Волны в упругой среде

1. Какие процессы называются волновыми?
2. Перечислите виды волн в зависимости от физической природы.
3. Запишите уравнение плоской гармонической волны.
4. Запишите уравнения сферической и цилиндрической волн.
5. Напишите уравнение затухающих волн.

Волновые уравнения

1. Получите линейное волновое уравнение

2. Запишите волновое уравнение для одномерного случая распространения волны вдоль оси X .
3. Получите общее волновое уравнение.
4. Что такое солитон?
5. Запишите уравнение Кортевега-де Фриса.

Скорость упругих волн

1. Получите уравнение поперечных колебаний среды.
2. Получите формулу скорости для продольной волны в тонком стержне?
3. Получите уравнение звуковых волн в газе исходя из уравнения непрерывности и уравнения Эйлера.
4. Что играет роль модуля Юнга для звуковых волн в газе.
5. Получите формулы скорости звуковых волн в газе.

Энергия упругих волн

1. Получите формулу плотности потенциальной энергии упругой деформации при прохождении продольной волны в тонком стержне.
2. Чему равна плотность полной энергии волны?
3. Напишите формулу плотности энергии гармонической волны.
4. Как определяется поток энергии?
5. Что такое плотность потока энергии?
6. Что такое вектор Умова? Чему он равен?
7. Какие превращения энергии происходят в стоячей волне?

Дисперсия волн

1. Фазовая скорость. Получите формулу фазовой скорости.
2. Дисперсия. Закон дисперсии.
3. Рассмотрите решение уравнения колебаний струны с учетом сил трения.
4. Что такое групповая скорость? Каков ее физический смысл?
5. Найдите связь между фазовой и групповой скоростями.
6. Что такое нормальная и аномальная дисперсии?

Акустические волны

1. Какие волны называются акустическими
2. Какие волны различают в акустике?
3. Какие колебания называются инфразвуком? Ультразвуком?
4. Приведите характеристики звука.
5. Какая физическая величина называется интенсивностью или силой звука?
6. Что такое коэффициент звукопоглощения, коэффициент отражения и прохождения звука?
7. Какая величина используется для сравнения интенсивностей звука?
8. В чем заключается эффект Доплера для звука?

3. Электромагнитные волны

Электромагнитные волны

1. Запишите уравнения Максвелла и объясните их физический смысл.

2. Какие экспериментальные законы электромагнетизма содержатся в каждом из уравнений Максвелла?
3. Что такое однородная плоская волна?
4. В чем заключается свойство поперечности однородных плоских волн?
5. Как из уравнений Максвелла найти фазовую скорость монохроматических волн в вакууме?
6. Каким условиям должны удовлетворять частоты, амплитуды, фазы и состояния поляризации волн, распространяющихся навстречу друг другу, для того, чтобы при их сложении возникла стоячая волна?

Энергия и импульс электромагнитной волны

1. Как объемная плотность энергии электрического поля выражается через напряженность?
2. Как следует понимать утверждение, что закон сохранения энергии электромагнитного поля выражается уравнением непрерывности?
3. Как определяется плотность потока энергии электромагнитного поля??
4. В каких случаях с помощью вектора Пойнтинга можно вычислять поток энергии через незамкнутую поверхность?
5. Получите формулу для интенсивности электромагнитной волны.

Излучение электромагнитных волн. Эффект Доплера

1. Какую поляризацию имеют волны, излучающие осциллирующим диполем?
2. Что называют волновой зоной поля излучения осциллирующего диполя?
3. Объясните зависимость напряженности поля излучения в сферической волне от расстояния на основе закона сохранения энергии.
4. Как, используя классическую модель атома, оценить время его жизни в возбужденном состоянии?
5. По какому закону изменяется в результате излучения энергия возбужденного атома?

Реальные электромагнитные волны

1. Объясните смысл интегралов Фурье.
2. Как определяется полная энергия плоской электромагнитной волны, прошедшей через единичную площадку?
3. Как определяется волновой пакет реальной электромагнитной волны?
4. С какой скоростью перемещается волновой пакет?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
хорошо (4)	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
удовлетворительно (3)	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
неудовлетворительно (2)	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы:

1. Механические гармонические колебания. Кинематика гармонических колебаний. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний.
2. Примеры систем, совершающих гармонические колебания.
3. Метод векторных диаграмм. Сложение одинаково направленных гармонических колебаний. Биеция.
4. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
5. Энергия механических колебаний.
6. Затухающие механические колебания.
7. Вынужденные механические колебания под действием гармонической силы. Резонанс.
8. Фазовый портрет колебательной системы.
9. Незатухающие электромагнитные колебания. Энергия электромагнитных колебаний.
10. Затухающие электромагнитные колебания.
11. Вынужденные электромагнитные колебания.
12. Общие сведения о волнах. Характеристики и классификация. Уравнение волны.
13. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны. Сферическая волна.
14. Скорость упругих волн.
15. Энергия упругой волны. Вектор Умова.
16. Интерференция волн. Стоячие волны.
17. Дисперсия волн. Фазовая и групповая скорости.
18. Акустические волны. Характеристики звука. Эффект Доплера для звуковых волн.
19. Электромагнитные волны в непроводящей среде. Волновое уравнение электромагнитной волны.
20. Плоская электромагнитная волна. Сферические электромагнитные волны.
21. Энергия и интенсивность электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга.
22. Импульс электромагнитной волны. Давление электромагнитных волн.
23. Эффект Доплера для электромагнитных волн.

Практические задания

1. Найти круговую частоту и амплитуду гармонических колебаний частицы, если на расстояниях x_1 и x_2 от положения равновесия ее скорость равна соответственно v_1 и v_2 .
2. Точка участвует одновременно в двух колебаниях одного направления, которые происходят по законам $x_1 = a \cos \omega t$ и $x_2 = a \cos 2\omega t$. Найти максимальную скорость точки.

3. Найти период малых вертикальных колебаний шарика массы $m = 40$ г, укрепленного на середине горизонтально натянутой струны длины $L = 1,0$ м. Натяжение струны считать постоянным и равным $F = 10$ Н.

4. Определить период малых колебаний математического маятника – шарика, подвешенного на нити длины $L = 20$ см, если он находится в жидкости, плотность которой в $\eta = 3,0$ раза меньше плотности шарика. Сопротивление жидкости считать пренебрежимо малым.

5. Найдите период малых колебаний ледяного кубика, плавающего на поверхности воды. Сторона кубика a . Оцените этот период для $a = 1$ см.

6. . Сосуд объемом V разделен подвижным поршнем площади S на две равные части. Давление газа в сосуде равно P . Определите период малых колебаний поршня около положения равновесия. Масса поршня M много больше массы газа. Считайте, что газ подчиняется закону Бойля-Мариотта.

7. . Сосуд объемом V разделен подвижным поршнем площади S на две равные части. Давление газа в сосуде равно P . Определите период малых колебаний поршня около положения равновесия. Масса поршня M много больше массы газа. Считайте, что газ подчиняется закону Бойля-Мариотта.

8. Некоторая точка совершает затухающие колебания с частотой $\omega = 25$ рад/с. Найти коэффициент затухания β , если в начальный момент скорость точки равна нулю, а ее смещение из положения равновесия в $\eta = 1,020$ раза меньше амплитуды в этот момент.

9. К невесомой пружине подвесили грузик, в результате чего она растянулась на $\Delta x = 9,8$ см. С каким периодом будет колебаться грузик, если ему дать небольшой толчок в вертикальном направлении? Логарифмический декремент затухания $\lambda = 3,1$.

10. Некоторый колебательный контур содержит конденсатор емкости C , катушку с индуктивностью L и активным сопротивлением R , а также ключ. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили, после чего ключ замкнули, и начались колебания. Найти отношение напряжения на конденсаторе к его амплитудному значению в момент непосредственно после замыкания ключа.

11. Под действием внешней вертикальной силы $F = F_0 \cos \omega t$ тело, подвешенное на пружинке, совершает установившиеся вынужденные колебания по закону $x = a \cos(\omega t - \varphi)$. Найти работу силы F за период колебания.

12. К сети с действующим напряжением $U = 100$ В подключили катушку, индуктивное сопротивление которой $X_L = 30$ Ом и импеданс $Z = 50$ Ом. Найти разность фаз между током и напряжением, а также тепловую мощность, выделяемую в катушке.

13. За сколько времени звуковые колебания пройдут расстояние l между точками А и В, если температура воздуха между ними меняется линейно от T_1 до T_2 ? Скорость звука в воздухе $v = a\sqrt{T}$, где a – постоянная.

14. Точечный изотропный источник звука находится на перпендикуляре к плоскости кольца, проходящем через его центр О. Расстояние между точкой О и источником $l = 1,00$ м, радиус кольца $R = 0,50$ м. Найти средний поток энергии через площадь, ограниченную кольцом, если в точке О интенсивность звука $I_0 = 30$ мкВт/м². Затухание волн пренебрежимо мало

15. На струне длины 120 см образовалась стоячая волна, причем точки струны, для которых амплитуда смещения равна 3,5 мм, отстоят друг от друга на 15,0 см. Найти максимальную амплитуду смещения. Какому обертому соответствуют эти колебания?

16. Источник звуковых колебаний с частотой $\nu_0 = 1700$ Гц и приемник находятся в одной точке. В момент $t = 0$ источник начинает удаляться от приемника с постоянным ускорением $w = 10,0$ м/с². Считая скорость звука $v = 340$ м/с, найти частоту колебаний, воспринимаемых неподвижным приемником через $t = 10,0$ с после начала движения источника.

17. Найти коэффициент затухания γ звуковой волны, если на расстояниях $r_1 = 10$ м и $r_2 = 20$ м от точечного изотропного источника звука значения интенсивности звуковой волны отличаются друг от друга в $\eta = 4,5$ раза.

18. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 3,0$ МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4,0$. Найти приращение ее длины волны.

19. Плоская электромагнитная волна падает нормально на поверхность плоскопараллельного слоя толщины l из немагнитного вещества, диэлектрическая проницаемость которого экспоненциально падает от значения ε_1 на передней поверхности до ε_2 на задней. Найти время распространения данной фазы волны через этот слой.

20. Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиуса $R = 6,0$ см, подключен к переменному синусоидальному напряжению частоты $\omega = 1000$ рад/с. Найти отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергий внутри конденсатора.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)