

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Колебания и волны, оптика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08.04 Колебания и волны, оптика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ИД ОПК-1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД ОПК-1: Знать: фундаментальные законы теории колебаний и волн	Контрольная работа Коллоквиум	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

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

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе	
		Контактная работа (работа во	Самостоятельная

		взаимодействии с преподавателем), часы из них			работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1 Свободные колебания систем с одной степенью свободы.	6	3	2	5	1
Тема 2 Вынужденные колебания.	6	3	2	5	1
Тема 3 Понятие о нелинейных колебаниях.	6	3	2	5	1
Тема 4 Колебательные системы с двумя степенями свободы.	6	3	2	5	1
Тема 5 Электромагнитные колебания	8	4	3	7	1
Тема 6 Волны. Уравнение бегущей волны	7	4	2	6	1
Тема 7 Волны в упругих средах	8	4	3	7	1
Тема 8 Электромагнитные волны	8	4	3	7	1
Тема 9 Интерференция волн	7	4	2	6	1
Тема 10 Дифракция волн	8	4	2	6	2
Тема 11 Дисперсия света	7	3	2	5	2
Тема 12 Поляризация света	8	3	3	6	2
Тема 13 Оптика анизотропных сред	6	3	2	5	1
Тема 14 Классические модели излучения света	6	3	2	5	1
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	48	32	82	17

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Время затухания. Логарифмический декремент затухания.
2. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Параметрическое возбуждение колебаний. Автоколебания.
3. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды) и нормальные частоты.
4. Электромагнитные колебания. Квазистационарные поля. Критерии квазистационарности. Переходные процессы в LC и RC цепях. Колебательный контур. Собственные колебания в контуре. Уравнение гармонических колебаний. Энергия колебательного контура. Колебательный контур с затуханием. Время затухания. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Вынужденные колебания в колебательном контуре. Резонансные кривые колебательного контура. Ширина резонансной кривой и ее связь с добротностью контура. Установление вынужденных колебаний. Связанные контура. Парциальные частоты. Нормальные колебания (моды) и их частоты.
5. Переменный синусоидальный ток. Квазистационарные токи. Методы комплексных амплитуд и векторных диаграмм. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Закон Ома для цепей переменного тока. Законы Кирхгофа для цепей переменного тока. Эффективные значения токов и напряжений. Трансформатор. Коэффициент трансформации. Роль сердечника. Высокочастотные токи. Скин-эффект. Толщина Скин-слоя.

6. Волны. Уравнение бегущей волны. Длина волны, период колебаний, фаза и скорость волны. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.
7. Волны в упругих средах. Волны смещений, скоростей, деформаций и напряжений. Волновое уравнение. Волны в струне. Упругие волны в стержне. Волны в газах и жидкостях. Выражения для скоростей волн через параметры среды. Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова. Элементы акустики. Интенсивность и тембр звука. Ультразвук. Движение со сверхзвуковой скоростью. Ударные волны. Эффект Доплера.
8. Электромагнитные волны. Волновое уравнение для электромагнитных волн в вакууме. Скорость распространения электромагнитных волн. Поперечность электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вибратор Герца. Излучение электромагнитных волн. Давление света. Опыты Лебедева.
9. Дисперсия света. Микроскопическая картина распространения света в веществе. Линейный оптический осциллятор. Классическая электронная теория дисперсии. Зависимость показателей преломления и поглощения от частоты. Фазовая и групповая скорости, их соотношения (формулы Релея). Нормальная и аномальная дисперсии показателей преломления. Дисперсионное распыливание волновых пакетов. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Особенности распространения света в металлах. Критическая частота. Отражение света поверхностью металла.
10. Поляризация света. Линейно-, циркулярно-, эллиптически-поляризованный свет. Математическое описание состояния поляризации. Поляризация естественного света. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Формулы Френеля. Поляризация отраженной и преломленной волн. Угол Брюстера. Явление полного внутреннего отражения света и его применение.
11. Интерференция волн. Интерференция монохроматических волн. Интерференция квазимонохроматических волн. Функция видности для световых волн. Основные интерференционные схемы. Интерференционные схемы: делением волнового фронта (схема Юнга), делением амплитуды (бипризма Френеля, полосы равной толщины и равного наклона). Интерферометр Майкельсона. Когерентность световых волн. Временная когерентность. Время и длина когерентности. Понятие о Фурье- спектроскопии. Пространственная когерентность. Интерферометр Юнга.
12. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Скалярная теория Кирхгофа. Применение векторных диаграмм для анализа дифракционных картин. Дифракция на круглом отверстии и экране. Зоны Френеля. Зонные пластинки. Дифракция на краю полубесконечного экрана. Спираль Карню. Ближняя и дальняя зоны дифракции. Дифракционная длина. Дифракция в дальней зоне (Фраунгофера). Угловой спектр. Связь ширины углового спектра с размерами отверстия. Дифракция Фраунгофера на щели, на прямоугольном отверстии, на круглом отверстии. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки.
13. Оптика анизотропных сред. Распространение световых волн в анизотропных средах: Экспериментальные факты и элементы теории. Уравнение волновых нормалей Френеля. Фазовая и лучевая скорости. Одноосные и двухосные кристаллы. Двойное лучепреломление света. Качественный анализ распространения света с помощью построения Гюйгенса. Интерференция поляризованных волн. Поляризационные приборы, четвертьволновые и полуволновые пластинки. Получение и анализ эллиптически поляризованного света.
14. Классические модели излучения света. Классическая модель затухающего дипольного осциллятора. Оценка времени затухания. Лоренцева форма и ширина линии излучения. Естественная ширина линии излучения. Излучение ансамбля статистически независимых осцилляторов. Тепловое излучение. Излучательная и поглощательная способность вещества. Модель абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана, формула смещения Вин. Формула Рэлея-Джинса. Ограниченность классической теории излучения. Элементы квантовой теории излучения. Формула Планка.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

Иродов, И. Е. Волновые процессы. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. — 10-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2024. — 266 с. — ISBN 978-5-93208-690-2.

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

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

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

1 Ток, протекающий по обмотке длинного прямого соленоида, достаточно медленно увеличивают. Показать, что скорость возрастания энергии магнитного поля в соленоиде равна потоку вектора Пойнтинга через его боковую поверхность.

2 На расстоянии $r_0=20,0$ м от точечного изотропного источника звука уровень громкости $L_0=30,0$ дБ. Пренебрегая затуханием волны, найти:
а) уровень громкости на расстоянии $r=10,0$ м от источника;

3. Струна массы m закреплена с обоих концов. В ней возбудили колебания основного тона с круговой частотой ω и максимальной амплитудой смещения $a_{\text{макс}}$. Найти:
а) максимальную кинетическую энергию струны;

4 В упругой однородной среде с плотностью ρ распространяются две плоские продольные волны: одна вдоль оси x , $\xi_1=a \cos(\omega t-kx)$, другая вдоль оси y , $\xi_2=a \cos(\omega t-k y)$. Найти среднее значение модуля вектора Умова в точках плоскости $u=x$.

5. 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 $a=10,0$ м/с². Считая скорость звука $v=340$ м/с, найти частоту колебаний, воспринимаемых неподвижным приемником через $t=10,0$ с после начала движения источника.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Виды колебательных процессов и систем.

- Общее уравнение линейных колебательных систем с одной степенью свободы. Примеры. параметры, характеризующие линейные колебательные системы с одной степенью свободы, уравнение движения, закон движения.
- Свободные незатухающие гармонические колебания линейного осциллятора с одной степенью свободы: уравнение движения, закон движения, амплитуда, фаза, начальная фаза, частота, роль начальных условий. Примеры.
- Энергетические соотношения при свободных незатухающих гармонических колебаниях линейного осциллятора с одной степенью свободы. Вывод уравнения движения из закона сохранения энергии. Примеры.
- Свободные колебания линейного осциллятора с одной степенью свободы: уравнение движения, закон движения, амплитуда, фаза, начальная фаза, собственная частота, коэффициент затухания, роль начальных условий. Примеры.
- Характеристики затухающих колебаний: коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Определения и физический смысл.
- Фазовая плоскость, фазовая траектория. Способы представления гармонических колебаний: метод векторных диаграмм, метод комплексных амплитуд. Физический смысл мнимой частоты.
- Вынужденные колебания под действием гармонической силы. Общее решение неоднородного уравнения. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний.
- Резонансная кривая. Понятия резонанса, резонансной частоты, полуширины резонансной кривой. Два правила построения резонансных кривых для медленных колебаний. Фазовая кривая.
- Переходные процессы: решение уравнения вынужденных колебаний под действием гармонической силы с учетом переходных процессов, время установления. Влияние добротности системы на процессы установления.
- Принцип радиосвязи. Временной подход к анализу сигнала.
- Вынужденные колебания под действием негармонической силы. Спектральный подход к анализу сигнала: принцип спектрального анализа, ряд Фурье, коэффициент передачи, спектральные диаграммы.
- Ширина спектральной кривой. Критерий оптимального приема на языке спектров.
- Колебательные системы с двумя степенями свободы. Примеры. Понятия степени свободы, парциальных систем, нормальных колебаний. Общий вид дифференциальных уравнений, описывающих колебания системы с двумя степенями свободы. Метод решения.

- Решение дифференциальных уравнений, описывающих колебания системы с двумя степенями свободы на примере двух колебательных контуров с индуктивной связью. Роль начальных условий. Коэффициент распределения.
- Квазистационарные токи. Идеальное сопротивление, идеальная емкость, идеальная индуктивность. Законы Ома и Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений. Пример применения законов для расчета электрических схем.

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущест	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			не в полном объеме	в полном объеме, но некоторые с недочетами	некоторые с недочетами	енными недочетам и, выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

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

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

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

Плоская волна с интенсивностью I_0 падает нормально на решетку с $N = 4$. Построить график углового распределения интенсивности света I_θ , прошедшего через решетку, предполагая, что

$d > \lambda > b$. Как изменится дифракционная картина, если положить $d/2 = b > \lambda$? Сколько главных максимумов содержится в этом случае в пределах центрального максимума от щели?

Колебательный контур содержит катушку индуктивностью $L = 1$ мкГн и конденсатор ёмкостью $C = 40$ нФ. Для поддержания в колебательном контуре незатухающих гармонических колебаний с амплитудным значением напряжения на катушке $U_L = 1,5$ В необходимо подводить среднюю мощность $\langle P \rangle = 1,5$ мВт. Определите добротность колебательного контура.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	превосходное владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена
отлично	исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твёрдое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена.
очень хорошо	полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, знакомство с отдельными теориями и фактами. Практическая часть курса успешно выполнена.
хорошо	достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам. Практическая часть курса успешно выполнена.
удовлетворительно	фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно,

Оценка	Критерии оценивания
	грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов. Практическая часть курса успешно выполнена.
неудовлетворительно	отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.
плохо	отсутствие ответа на оба основных вопроса, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

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

1. Виды колебательных процессов и систем.
2. Общее уравнение линейных колебательных систем с одной степенью свободы. Примеры. параметры, характеризующие линейные колебательные системы с одной степенью свободы, уравнение движения, закон движения.
3. Свободные незатухающие гармонические колебания линейного осциллятора с одной степенью свободы: уравнение движения, закон движения, амплитуда, фаза, начальная фаза, частота, роль начальных условий. Примеры.
4. Энергетические соотношения при свободных незатухающих гармонических колебаниях линейного осциллятора с одной степенью свободы. Вывод уравнения движения из закона сохранения энергии. Примеры.
5. Свободные колебания линейного осциллятора с одной степенью свободы: уравнение движения, закон движения, амплитуда, фаза, начальная фаза, собственная частота, коэффициент затухания, роль начальных условий. Примеры.
6. Характеристики затухающих колебаний: коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Определения и физический смысл.
7. Фазовая плоскость, фазовая траектория. Способы представления гармонических колебаний: метод векторных диаграмм, метод комплексных амплитуд. Физический смысл мнимой частоты.
8. Вынужденные колебания под действием гармонической силы. Общее решение неоднородного уравнения. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний.
9. Резонансная кривая. Понятия резонанса, резонансной частоты, полуширины резонансной кривой. Два правила построения резонансных кривых для медленных колебаний. Фазовая кривая.
10. Переходные процессы: решение уравнения вынужденных колебаний под действием гармонической силы с учетом переходных процессов, время установления. Влияние добротности системы на процессы установления.
11. Принцип радиосвязи. Временной подход к анализу сигнала.

12. Вынужденные колебания под действием негармонической силы. Спектральный подход к анализу сигнала: принцип спектрального анализа, ряд Фурье, коэффициент передачи, спектральные диаграммы.
13. Ширина спектральной кривой. Критерий оптимального приема на языке спектров.
14. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Примеры. Понятия степени свободы, парциальных систем, нормальных колебаний. Общий вид дифференциальных уравнений, описывающих колебания системы с двумя степенями свободы. Метод решения.
15. Решение дифференциальных уравнений, описывающих колебания системы с двумя степенями свободы на примере двух колебательных контуров с индуктивной связью. Роль начальных условий. Коэффициент распределения.
16. Квазистационарные токи. Идеальное сопротивление, идеальная емкость, идеальная индуктивность. Законы Ома и Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений. Пример применения законов для расчета электрических схем.
17. Импеданс. Комплексный импеданс. Активное и реактивное сопротивления.
18. Двухполюсники. Импедансы основных двухполюсников.
19. Законы Ома и Кирхгофа для гармонических токов и напряжений. Мгновенные токи и напряжения при последовательном и параллельном соединении двухполюсников. Пример применения законов для расчета цепей переменного тока.
20. Законы Ома и Кирхгофа для гармонических токов и напряжений. Комплексный импеданс последовательного и параллельного соединения двухполюсников. Пример применения законов для расчета цепей переменного тока.
21. Расчет последовательного колебательного контура. Резонансные кривые колебательного контура.
22. Четырехполюсники. Комплексный коэффициент передачи. АЧХ, ФЧХ. Применения четырехполюсников. Примеры схем.
23. Последовательный колебательный контур как четырехполюсник. АЧХ, ФЧХ.
24. Фазовращатели. Интегрирующая и дифференцирующая цепочки.
25. Работа в цепи переменного тока. Понятие мгновенной мощности. Физический смысл. Мгновенная мощность в цепи гармонического тока.
26. Понятие средней мощности. Физический смысл. Средняя мощность в цепи гармонического тока. Средняя мощность, выделяющаяся на основных двухполюсниках. Активные и реактивные элементы. Проблема $\cos\varphi$.
27. Эффективный ток и эффективное напряжение. Физический смысл. Выражения для эффективного тока и эффективного напряжения в случае гармонических токов и напряжений.
28. Выражение для средней мощности в комплексной форме. Активная, реактивная и полная мощности. Физический смысл.
29. Мгновенные и средние значения энергий электрического поля конденсатора в цепи гармонического тока. Мгновенные и средние значения энергий магнитного поля катушки в цепи гармонического тока.
30. Волна. Уравнение волны. Волновой вектор, волновое число. Фазовая скорость волны.
31. Фронт волны. Волновой вектор. Плоские, цилиндрические, сферические волны.
32. Скалярные и векторные волны. Поляризация волн.
33. Эффект Доплера для акустических волн.

34. Волновое уравнение.
35. Стоячие волны. Энергия стоячих волн. Узлы и пучности.
36. Волновое уравнение продольных волн в тонком стержне. Волновое сопротивление. Фазовая скорость упругой волны.
37. Объемная плотность энергии упругой волны в тонком стержне.
38. Поток энергии упругой волны. Вектор Умова. Интенсивность волны.
39. Волновое уравнение упругой волны в газе (акустические волны). Волновое сопротивление акустической волны. Фазовая скорость акустической волны.
40. Скорость звука в воздухе (приближения изотермической и адиабатической атмосферы).
41. Энергия акустических волн.
42. Волновое уравнение поперечных упругих волн в струне.
43. Отражение и преломление упругих волн на границе двух сред. Граничные условия. Коэффициенты отражения и прохождения.
44. Решение волнового уравнения продольных волн в тонком стержне. Нормальные (собственные) колебания упругих сред.
45. Решение волнового уравнения поперечных упругих волн в струне. Граничные условия. Обертоны.
46. Дисперсия. Групповая скорость волн. Формула Рэлея.
47. Волновое уравнение для свободных электромагнитных волн.
48. Решение волнового уравнения для свободных электромагнитных волн. Уравнение электромагнитной волны. Волновое сопротивление электромагнитной волны, фазовая скорость, показатель преломления.
49. Поляризация электромагнитных волн. Плоскость поляризации электромагнитной волны. Закон Малюса. Степень поляризации электромагнитных волн.
50. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Теорема Пойнтинга.
51. Шкала электромагнитных волн.
52. Отражение и преломление электромагнитных волн. Граничные условия для волновых векторов и амплитуд. Амплитудные коэффициенты отражения и прохождения. Интегральные коэффициенты отражения и прохождения.
53. Явление Брюстера. Угол Брюстера.
54. Полное внутреннее отражение.
55. Интерференция скалярных волн. Интерференционный член. Интерференция плоских и сферических волн.
56. Интерференция электромагнитных волн. Интерференционная схема Юнга. Интерференционная картина на большом расстоянии. Энергия интерференции. Координаты максимумов. Число полос интерференции. Видность.
57. Методы наблюдения интерференционных картин: полосы равного наклона. Влияние немонохроматичности света на интерференционную картину.
58. Методы наблюдения интерференционных картин: полосы равной толщины. Влияние немонохроматичности света на интерференционную картину.
59. Методы наблюдения интерференционных картин: Кольца Ньютона. Влияние немонохроматичности света на интерференционную картину.
60. Методы наблюдения интерференционных картин: Зеркало Ллойда. Влияние немонохроматичности света на интерференционную картину.

61. Методы наблюдения интерференционных картин: бипризма Френеля. Влияние немонахроматичности света на интерференционную картину.
62. Методы наблюдения интерференционных картин: бизеркала Френеля. Влияние немонахроматичности света на интерференционную картину.
63. Методы наблюдения интерференционных картин: билинза Бийе. Влияние немонахроматичности света на интерференционную картину.
64. Когерентность. Необходимые условия интерференции.
65. Интерференция немонахроматических волн. Временная когерентность. Вре́мя и длина временной когерентности.
66. Интерференция от протяженного источника. Пространственная когерентность. Дли́на пространственной когерентности.
67. Связь параметров пространственной и временной когерентности со спектральными характеристиками.
68. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля.
69. Дифракция Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зависимость интенсивности центрального максимума от расстояния до точки наблюдения. Спираль Френеля. Пятно Пуассона.
70. Дифракция Френеля на щели. Зоны Шустера. Спираль Корню.
71. Границы применимости дифракционных формул Френеля. Дли́на Рэлея.
72. Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на щели. Выражение для интенсивности дифракционной картины на экране.
73. Дифракционная решетка. Параметр решетки. Выражение для интенсивности дифракционной картины на экране. Щелевой и решеточный множители. Центральны́й максимум, главные максимумы, побочные максимумы. Координаты максимумов.
74. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Условие разрешения дифракционной картины от немонахроматического источника.
75. Эйконал. Уравнение Эйконала.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	превосходное владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена
отлично	исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твёрдое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая

Оценка	Критерии оценивания
	часть курса успешно выполнена.
очень хорошо	полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, знакомство с отдельными теориями и фактами. Практическая часть курса успешно выполнена.
хорошо	достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам. Практическая часть курса успешно выполнена.
удовлетворительно	фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов. Практическая часть курса успешно выполнена.
неудовлетворительно	отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.
плохо	отсутствие ответа на оба основных вопроса, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

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

Основная литература:

1. Ландсберг Григорий Самуилович. Оптика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов. - 6-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2003. - 848 с., 23 таб., 511 ил. - ISBN 5-9221-0314-8 : 317.00., 3 экз.
2. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов : [в 5 т.]. Т. 4. Оптика. - Изд. 3-е, стер. - М. : Физматлит, 2013. - 792 с. - ISBN 5-9221-0228-1 (т. 4) : 558.00., 6 экз.
3. Фаддеев Михаил Андреевич. Элементарная обработка результатов эксперимента : учебное пособие / М. А. Фаддеев ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2002. - 108 с. - ISBN 5-85746-637-7., 100 экз.
4. Зисман Григорий Абрамович. Курс общей физики : [для втузов]. Т. 3. Оптика, физика атомов и

молекул, физика атомного ядра и микрочастиц. - Изд. 3-е. - М. : Наука, 1968. - 495 с., 2 л. ил. : ил. - 0.50., 1 экз.

5. Савельев Игорь Владимирович. Курс общей физики : в 5 кн. Кн. 4. Волны. Оптика / И. В. Савельев. - Москва : Астрель : АСТ, 2003. - 256 с. : ил. - ISBN 5-17-004586-7 (кн. 4) : 64.00., 1 экз.

6. Горелик Г. С. Лекции по оптике / Горьк. гос. ун-т. - Горький : Горьк. гос. ун-т, 1941. - 68 с. - На тит. л.: На правах рукописи. - 4.00., 1 экз.

7. Горелик Габриэль Семенович. Колебания и волны : Введение в акустику, радиофизику и оптику : учеб. пособие для студентов вузов по направлению подготовки "Приклад. математика и физика" / под ред. С. М. Рытова. - Изд. 3-е. - М. : Физматлит, 2008. - 656 с. - (Фундаментальная и прикладная физика) (Физтехковский учебник / ред. совет: Кудрявцев Н. Н. (пред.) [и др.]). - ISBN 978-5-9221-0776-1 : 675.51., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Фейнман Ричард П. Фейнмановские лекции по физике = The Feynman Lectures on Physics : [пер. с англ.]. [Вып.] 4. Кинетика. Теплота. Звук. - [2-е изд.]. - М. : Мир, 1967. - 261 с. : ил. - 1.27., 4 экз.

2. Фейнман Ричард П. Фейнмановские лекции по физике = The Feynman Lectures on Physics : [пер. с англ.]. [Вып.] 3. Излучение. Волны. Кванты. - [2-е изд.]. - М. : Мир, 1967. - 238 с. : ил. - 1.17., 3 экз.

3. Борн Макс. Основы оптики / пер с англ. С. Н. Бреуса [и др.] ; под ред. Г. П. Мотулевич. - 2-е изд., испр. - М. : Наука, 1973. - 719 с. : ил. - 5.10., 1 экз.

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

<http://phys.unn.ru/library.asp?contenttype=Library>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Зайцева Екатерина Владимировна, кандидат физико-математических наук
Марычев Михаил Олегович, кандидат физико-математических наук
Овсечина Татьяна Ивановна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.

