

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА (ПИШ)

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии

(Овчинников О.В.)
05.06.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.07 Преобразование и обработка оптических сигналов

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Королев Никита Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета (протокол № 6 от 04.06.2025)
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр: 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины является формирования знаний, умений и навыков в области формирования оптических сигналов в устройствах фотоники.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть теоретические основы применения фурье-преобразований при анализе волновых процессов в оптике;
- изучить принципы формирования оптического изображения в рамках аппарата преобразований Фурье;
- рассмотреть подходы к определению параметров оптических систем с позиций характеристик получаемого оптического изображения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина Б1.В.07 «Преобразование и обработка оптических сигналов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блок Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-5	Способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и технологий	ПК-5.1	Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием систем оптоинформатики	Знать: подходы к описанию преобразования оптических сигналов. Уметь: устанавливать связь между требуемыми характеристиками изображения и параметрами оптической системы. Владеть: навыками управления характеристиками изображений через параметры оптической системы.
		ПК-5.2	Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем	Знать: подходы к описанию преобразования оптических сигналов. Уметь: устанавливать связь между требуемыми характеристиками изображения и параметрами оптической системы. Владеть: навыками управления характеристиками изображений через параметры оптической системы.
		ПК-5.3	Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации	Знать: подходы к описанию преобразования оптических сигналов. Уметь: устанавливать связь между требуемыми характеристиками изображения и параметрами оптической системы. Владеть: навыками управления характеристиками изображений через параметры оптической системы.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах – 3/108.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1
Аудиторные занятия		60	60
в том числе:	лекции	30	30
	практические		
	лабораторные	30	30
Самостоятельная работа		48	48
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (зачет с оценкой)			
Итого:		108	108

13.1 Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Свет как электромагнитная волна	Плоские световые волны. Поляризация плоской волны. Сферические и цилиндрические волны. Волновое скалярное уравнение Гельмгольца. Пространственные частоты. Интенсивность светового излучения.
1.2	Частотный спектр сигналов	Представления о частотном спектре. Частотный спектр некоторых простых сигналов. Пространственный спектр излучения. Спектр одномерного сигнала. Спектр двумерного сигнала. Квазимонохроматический свет. Пучок света конечной ширины.
1.3	Интерференция света	Интерференция световых монохроматических волн. Интерференция волн различных видов. Методы получения когерентных световых пучков. Интерференция по методу деления волнового фронта.
1.4	Когерентность	Частичная когерентность. Корреляция световых волн. Временная когерентность. Спектральный подход к рассмотрению временной когерентности. Теорема Винера – Хинчина. Пространственная когерентность.
1.5	Дифракция света. Дифракция Френеля	Определение дифракции. Виды дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракционный интеграл Кирхгофа – Френеля – Зоммерфельда. Представление поля излучения в виде совокупности плоских волн. Приближение Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Френеля на щели.
1.6	Дифракция Фраунгофера	Приближение Фраунгофера. Дифракции Фраунгофера как пространственное преобразование Фурье. Дифракция Фраунгофера на двух точечных отверстиях. Дифракция Фраунгофера на щели. Пространственная когерентность и дифракция Фраунгофера.
1.7	Дифракция света на периодических структурах	Амплитудная гармоническая решетка. Фазовая гармоническая решетка. Плоская одномерная щелевая решетка. Решетки, периодические относительно квадратичных переменных. Двумерные решетки. Трехмерные решетки.
1.8	Линейные интегральные преобразования в оптике	Общие представления о линейных интегральных преобразованиях. Преобразование Фурье. Преобразование Фурье – Бесселя. Преобразование свертки. Корреляция. Преобразование Френеля. Преобразование Лапласа.
1.9	Линейные оптические системы	Понятие линейной оптической системы. Импульсная характеристика оптической системы. Передаточная функция оптической системы. Слой свободного пространства.

		Импульсная характеристика и передаточная функция слоя свободного пространства. Решение интегрального уравнения распространения световой волны в свободном пространстве. Линейность оптической системы при различных видах освещения. Оптическая передаточная функция оптической системы. Функция рассеяния оптической системы.
1.10	Центрированные оптические системы формирования изображения	Основные понятия геометрической теории изображений. Центрированные оптические системы. Тонкая линза. Функция пропускания тонкой линзы. Фокусирующие свойства линзы. Тонкая линза как элемент, выполняющий преобразование Фурье. Двойное преобразование Фурье. Частотная характеристика тонкой линзы.
1.11	Формирование оптического изображения при когерентном освещении	Искажение изображения при распространении света в свободном пространстве. Изображение линзой точечного объекта. Изображение линзой протяженного предмета. Образование изображения при когерентном освещении как двойное преобразование Фурье. Влияние на изображение конечных размеров линзы. Влияние конечных размеров линзы на спектр пространственных частот.
1.12	Формирование оптического изображения при некогерентном и частично когерентном освещении	Разрешающая способность оптических систем. Оптические передаточные функции дифракционно-ограниченных систем. Функции рассеяния точки, линии и края дифракционно-ограниченных систем. Формирование изображения при некогерентном освещении. Изображение при частично когерентном квазимонохроматическом освещении. Фотографическое отображение сигналов. Оптическая обработка пространственной информации.
2. Лабораторные работы		
2.1	Частотный спектр сигналов	Построение частотного спектра простых сигналов и пространственного спектра излучения. Спектр одномерного и двумерного сигнала. Пучок света конечной ширины.
2.2.	Дифракция света	Исследование основных зависимостей дифракции света на периодических решетках различной размерности.
2.3	Интегральные преобразования	Построение Фурье-образов сигналов различной формы. Выполнение преобразований Фурье-Бесселя и Лапласа различных сигналов.
2.4	Линейные оптические системы	Расчет импульсных характеристик и передаточной функции оптических систем. Функция рассеяния оптической системы.
2.5	Центрированные оптические системы формирования изображения	Расчет параметров и функции пропускания тонкой линзы. Преобразования Фурье и формирование изображения. Частотная характеристика тонкой линзы.
2.6	Формирование оптического изображения при когерентном освещении	Построение изображения линзой при когерентном освещении. Изучение влияния на изображение конечных размеров линзы. Оценка влияния конечных размеров линзы на спектр пространственных частот.
2.7	Формирование оптического изображения при некогерентном и частично когерентном освещении	Разрешающая способность оптических систем. Оптические передаточные функции. Функции рассеяния точки, линии и края дифракционно-ограниченных систем. Формирование изображения при некогерентном освещении.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Свет как электромагнитная волна	2			2	4
2.	Частотный спектр сигналов	2		4	6	12
3.	Интерференция света	2			2	4
4.	Когерентность	2			2	4
5.	Дифракция света. Дифракция Френеля	2			4	6
6.	Дифракция Фраунгофера	2			4	6
7.	Дифракция света на периодических структурах	2		4	4	10
8.	Линейные интегральные преобразования в оптике	4		4	6	14
9.	Линейные оптические системы	2		4	4	10
10.	Центрированные оптические системы формирования изображения	2		6	4	12
11.	Формирование оптического изображения при когерентном освещении	4		4	6	14
12.	Формирование оптического изображения при некогерентном и частично когерентном освещении	4		4	4	12
	Итого:	30		30	48	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 2) Лабораторные занятия. При подготовке к лабораторным занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой лабораторной работы, прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий конспект, в котором указать цель работы, оборудование, описание установки и методики измерения; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю
- 3) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 4) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется

использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Черемисин, А. И. Фурье-оптика, Ч. 1. Световые волны и сигналы. Учебное пособие / А. И. Черемисин. – СПб.: Изд. СПбГУКиТ, 2012. – 340 с.
2	Черемисин, А. И. Фурье-оптика, Ч. 2. Формирование оптического изображения. Учебное пособие / А. И. Черемисин. – СПб.: Изд. СПбГУКиТ, 2012. – 329 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Дубнищев, Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : Учебное пособие. 4-е изд., исп. и доп. / Ю. Н. Дубнищев. – СПб. : Издательств «Лань», 2011. – 368 с.
4	Локишин, Г. Р. Основы радиооптики: Учебное пособие. 2-е изд. / Г. Р. Локишин. – Долгопрудный : Издательский дом Интеллект, 2014. – 343 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурс
5.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Основы оптоинформатики : учебное пособие. – Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019. – Часть 2 : Оптическая обработка сигналов. – 2019. – 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/180200 (дата обращения: 01.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются традиционные и дистанционные образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и лабораторные занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения устных вопросов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, цели занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5.

Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOK ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount, ANSYSHF AcademicResearch

Фотоприемник PDF-10C/M, лазерный модуль/блок питания поворотного крепления, фотоэлектронный умножитель 928P, ПЗС-линейка ToshibaTCD1304AP, волоконно-оптический спектральный комплекс OceanOpticsна базе спектрометра USB-2000+XR1 с источником излучения USB-DT, и набором зондов для измерения диффузного ISP-80-8-R и зеркального отражения RSS-VA и люминесценции R400-7-SR, пропускания и люминесценции жидких и твердых образцов CUV-VAR и CUV-ALL-UV. Пакет ПО для управления спектрофотометром USB 2000+ (OceanOptics), для анализа и обработки данных, WinPro 8, OfficeStandard 2019

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Свет как электромагнитная волна	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Вопросы, тесты, задачи
2.	Частотный спектр сигналов			
3.	Интерференция света			
4.	Когерентность			
5.	Дифракция света. Дифракция Френеля			
6.	Дифракция Фраунгофера			
7.	Дифракция света на периодических структурах			
8.	Линейные интегральные преобразования в оптике			
9.	Линейные оптические системы			
10.	Центрированные оптические системы формирования изображения			
11.	Формирование оптического изображения при когерентном освещении			
12.	Формирование оптического изображения при некогерентном и частично когерентном освещении			
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов + Практические задания

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие

процедуры оценивания

20.1. Текущая аттестация

Текущая аттестация проводится по итогам выполнения лабораторных работ. Лабораторная работа выполнена, если:

- составлен конспект, в котором указаны: цель работы, оборудование, теоретические основы работы, приведено описание установки (стенда) и методики измерения; получен допуск к выполнению работы в устной беседе с преподавателем по содержанию конспекта;
- выполнена экспериментальная часть работы, обработаны результаты измерений, получен окончательный результат и сделаны выводы, оформлен отчет.
- В устной беседе с преподавателем студент «защитил» работу.

Критерии и шкалы оценивания:

«Отлично» – студент выполнил не менее трех работ, при защите продемонстрировал высокий уровень освоения материала по тематике работы; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

«Хорошо» – студент выполнил не менее трех работ, при защите продемонстрировал достаточный уровень освоения материала по тематике работы; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

«Удовлетворительно» – студент выполнил не менее трех работ, при защите продемонстрировал удовлетворительный уровень освоения материала по тематике работы; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

«Не удовлетворительно» – студент не выполнил работы или выполнил менее трех работ; при защите не продемонстрировал знаний материала по тематике работы; не способен дать трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

20.2. Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет с оценкой.

На промежуточной аттестации подводится итог выполнения всех лабораторных работ согласно программе дисциплины.

Критерии и шкалы оценивания:

«Отлично» – студент выполнил все работы по программе, при защите продемонстрировал высокий уровень освоения материала по тематике работ; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

«Хорошо» – студент выполнил все работы по программе, при защите продемонстрировал достаточный уровень освоения материала по тематике работ; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

«Удовлетворительно» – студент выполнил все работы по программе, при защите продемонстрировал удовлетворительный уровень освоения материала по тематике работы; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

«Не удовлетворительно» – студент не выполнил работы; при защите не продемонстрировал знаний материала по тематике работ; не способен дать трактовку результатам, полученным при выполнении работы.

Оценка на зачете может быть выставлена по результатам текущей успеваемости обучающегося в течение семестра на заключительном занятии. Оценки вносятся в аттестационную ведомость. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать зачет на общих основаниях.

Зачет проводится в письменной форме. Каждый КИМ включает теоретический вопрос и два практических задания в соответствии индикаторам компетенций ПК-5 задачу (вопросы к зачету и задачи см. в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины). Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа на бланках ответа и устно отвечает преподавателю. Оценивается правильность и полнота ответа на каждый вопрос, при решении задачи оценивается: знание физических основ (явлений, законов, формул), необходимых для ее решения; наличие математических преобразований; правильный ответ. Время подготовки ответа не более 45 мин, время ответа не более 15 мин.

Пример КИМ:

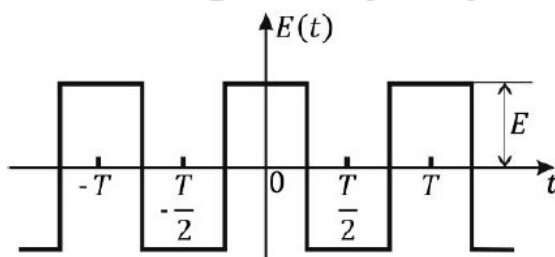
УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии
_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи
_____.20__

Направление подготовки 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика
Дисциплина _____ Преобразование и обработка оптических сигналов
Форма обучения _____ очная
Вид контроля _____ зачет с оценкой
Вид аттестации _____ промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Сферические и цилиндрические волны. Волновое скалярное уравнение Гельмгольца. Пространственные частоты. Интенсивность светового излучения.
2. Найти фазочастотную характеристику затухающего цуга.
3. Получить частотный спектр биполярного П-образного сигнала (меандр)

$$E(t) = \begin{cases} E, & -\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{4}; \\ -E, & -\frac{T}{2} \leq t < -\frac{T}{4}, \quad \frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}. \end{cases}$$



Форма сигнала меандр

Критерии и шкалы оценивания КИМ:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) ответ на теоретические вопросы:

- 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

В зависимости от набранного балла за КИМ, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

- от 5 до 6 баллов - «отлично»;
- от 3 до 4 баллов - «хорошо»;
- 2 балла - «удовлетворительно»;
- от 0 до 1 баллов – «неудовлетворительно».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень типовых заданий для проведения текущих и промежуточных аттестаций

Перечень вопросов для зачета по дисциплине:

1. Плоские световые волны. Поляризация плоской волны.
2. Сферические и цилиндрические волны. Волновое скалярное уравнение Гельмгольца. Пространственные частоты. Интенсивность светового излучения.
3. Представления о частотном спектре. Частотный спектр некоторых простых сигналов. Пространственный спектр излучения. Спектр одномерного сигнала. Спектр двумерного сигнала. Квазимонохроматический свет. Пучок света конечной ширины.
4. Интерференция световых монохроматических волн. Интерференция волн различных видов. Методы получения когерентных световых пучков. Интерференция по методу деления волнового фронта.
5. Частичная когерентность. Корреляция световых волн. Временная когерентность. Спектральный подход к рассмотрению временной когерентности. Теорема Винера – Хинчина. Пространственная когерентность.
6. Определение дифракции. Виды дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля.
7. Дифракционный интеграл Кирхгофа – Френеля – Зоммерфельда.
8. Представление поля излучения в виде совокупности плоских волн. Приближение Френеля.
9. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Френеля на щели.
10. Приближение Фраунгофера. Дифракции Фраунгофера как пространственное преобразование Фурье.
11. Дифракция Фраунгофера на двух точечных отверстиях. Дифракция Фраунгофера на щели. Пространственная когерентность и дифракция Фраунгофера.
12. Амплитудная гармоническая решетка.
13. Фазовая гармоническая решетка.
14. Плоская одномерная щелевая решетка. Решетки, периодические относительно квадратичных переменных. Двумерные решетки. Трехмерные решетки.
15. Общие представления о линейных интегральных преобразованиях. Преобразование Фурье.
16. Преобразование Фурье – Бесселя.
17. Преобразование свертки. Корреляция.
18. Преобразование Френеля.
19. Преобразование Лапласа.
20. Понятие линейной оптической системы. Импульсная характеристика оптической системы.
21. Передаточная функция оптической системы.
22. Слой свободного пространства. Импульсная характеристика и передаточная функция слоя свободного пространства.
23. Решение интегрального уравнения распространения световой волны в свободном пространстве.
24. Линейность оптической системы при различных видах освещения.
25. Оптическая передаточная функция оптической системы.
26. Функция рассеяния оптической системы.
27. Основные понятия геометрической теории изображений.
28. Центрированные оптические системы. Тонкая линза. Функция пропускания тонкой линзы.
29. Фокусирующие свойства линзы. Тонкая линза как элемент, выполняющий преобразование Фурье. Двойное преобразование Фурье.
30. Частотная характеристика тонкой линзы.
31. Искажение изображения при распространении света в свободном пространстве. Изображение линзой точечного объекта. Изображение линзой протяженного предмета.
32. Образование изображения при когерентном освещении как двойное преобразование Фурье. Влияние на изображение конечных размеров линзы.
33. Влияние конечных размеров линзы на спектр пространственных частот.
34. Разрешающая способность оптических систем.
35. Оптические передаточные функции дифракционно-ограниченных систем.

36. Функции рассеяния точки, линии и края дифракционно-ограниченных систем.
 37. Формирование изображения при некогерентном освещении.

Примеры тестовых заданий для текущего и промежуточного контроля знаний:

- Чему равен интеграл $\int_{-\infty}^x \delta(x) dx$ при $x > 1$:
 а) 0; б) 1; в) 1/2; г) $+\infty$.
- Амплитудный спектр монохроматического излучения $E(t) = E_{00} \cos \omega_0 t$ представляет собой:
 а) спектральную линию на частоте $\omega = \omega_0$;
 б) лоренцев контур с опорной частотой $\omega = \omega_0$;
 в) набор частот $\omega, \omega \pm \omega_0$.
- Коэффициент амплитудной модуляции показывает:
 а) величину поправки на опорный сигнал;
 б) разницу между минимума и максимумами в модулированном сигнале;
 в) в каких пределах может изменяться амплитуда модулированного колебания под воздействием управляющего сигнала.
- Амплитудно-частотная характеристика затухающего цуга есть:
 а)

$$|E(\omega)| = \frac{E_0}{\sqrt{(\omega - \omega_0)^2 + \beta^2}}$$
 б)

$$|E(\omega)| = \frac{E_0}{(\omega - \omega_0)^2 + \beta^2}$$
 в)

$$|E(\omega)| = \frac{E_0}{\sqrt{(\omega + \omega_0)^2 - \beta^2}}$$
 г)

$$|E(\omega)| = \frac{E_0^2}{\sqrt{(\omega - \omega_0)^2 + \beta^2}}$$
- Квазимонохроматический свет можно характеризовать двумя временными масштабами:
 а) временем корреляции τ и временем когерентности τ_0 ;
 б) периодом центральной гармоники $T = 2\pi/\omega_0$ ω и моментов начала колебательного процесса;
 в) периодом центральной гармоники $T = 2\pi/\omega_0$ ω и временем корреляции τ (временем когерентности).
- Дифракционная картина от щелевой решетки представляет собой:
 а) гармоники разложения исходного сигнала;
 б) гармоники, которые составляют функцию пропускания решетки;
 в) гармоники, которые составляют функцию преломления решетки;
- Линейная по интенсивности оптическая система действует на гармонический сигнал также как:

- а) линейный преобразователь гармоник входного сигнала;
- б) линейный преобразователь гармоник входного сигнала со смещением частот;
- в) оптическая система, линейная по фазе;
- г) оптическая система, линейная по комплексной амплитуде.

8. Идеальная оптическая система формирования изображения имеет:
- а) передаточную характеристику с ограниченной полосой под гауссовым контуром.
 - б) передаточную характеристику с ограниченной полосой пространственных частот.
 - в) передаточную характеристику с неограниченной полосой пространственных частот.
9. Разрешающая сила объектива связана с апертурной диафрагмой соотношением:
- а) $R = 1.22 \lambda / (D)$;
 - б) $R = D / (1.22 \lambda)$;
 - в) $R = \lambda / (1.22 D)$;
 - г) $R = D / 1.22 \lambda$.
10. Амплитуда поля в фокальной плоскости линзы пропорциональна:
- а) Фурье-образу поля на входе линзы;
 - б) Фурье-образу поля во входном зрачке линзы;
 - в) спектральной плоскости поля на выходе из линзы;
 - г) толщине линзы.

Пример практических заданий

1. Получить частотный спектр биполярного П-образного сигнала (меандр)

$$E(t) = \begin{cases} E, & -\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{4}; \\ -E, & -\frac{T}{2} \leq t < -\frac{T}{4}, \quad \frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}. \end{cases}$$

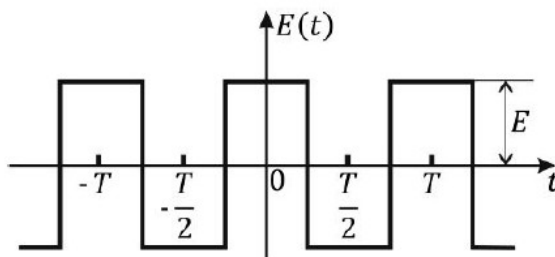


Рисунок 1 – Форма сигнала меандр

2. Найти спектр волнового цуга с длительностью синусоиды τ и круговой частотой ω_0 , заданного в комплексной форме (рисунок 1)

$$E(t) = \begin{cases} E_0 e^{-i\omega_0 t}, & |t| \leq \frac{\tau}{2}; \\ 0, & |t| > \frac{\tau}{2}. \end{cases}$$

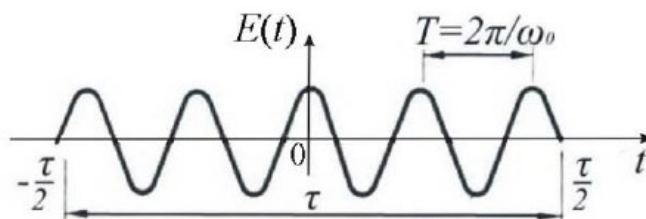
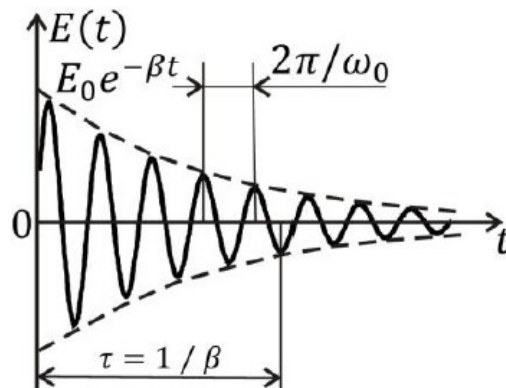


Рисунок 1 – Вид синусоиды в волновом цуге

3. Найти спектр затухающего волнового цуга с коэффициентом затухания β

$$E(t) = \begin{cases} E_0 e^{-\beta t} \cos \omega_0 t, & t \geq 0; \\ 0, & t < 0. \end{cases}$$



Затухающий волновой цуг

4. Найти фазочастотную характеристику затухающего цуга.

5. Рассчитать функцию пропускания тонкой двояковыпуклой линзы с радиусами кривизны преломляющих поверхностей 25 мм и $n = 1.5$.

6. Найти энергию и норму сигнала, представляющего собой отрезок синусоиды на интервале $[0, x_0]$

$$s(x) = s_0 \sin \frac{\pi x}{x_0}, \quad 0 \leq x \leq x_0$$

при условии, что $s_0 = 0.13$, $x_0 = \pi/4$.

7. Найти энергию и норму сигнала, представляющего собой отрезок синусоиды на интервале $[0, x_0]$

$$s(x) = s_0 \sin \frac{\pi x}{x_0}, \quad 0 \leq x \leq x_0$$

при условии, что $s_0 = 0.25$, $x_0 = \pi/6$.

8. Найти спектральную плотность экспоненциального видеоимпульса

$$s(t) = s_0 e^{-\alpha t} \sigma(t), \quad t \geq 0.$$

9. Найти энергетический спектр прямоугольного сигнала

$$s(t) = A \left[\sigma \left(t + \frac{\tau}{2} \right) - \sigma \left(t - \frac{\tau}{2} \right) \right].$$

10. Определить взаимный энергетический спектр двух гауссовых видеоимпульсов

$$s_1(t) = A_1 e^{-\beta_1 t^2}, \quad s_2(t) = A_2 e^{-\beta_2 t^2}.$$