

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



(Овчинников О.В.)

14.06.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.07 Преобразование и обработка оптических сигналов

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности: 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (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 13.06.2024)
8. Учебный год: 2024/2025 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: часть, формируемая 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)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
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	<i>Черемисин, А. И. Фурье-оптика, Ч. 1. Световые волны и сигналы. Учебное пособие / А. И. Черемисин. – СПб.: Изд. СПбГУКиТ, 2012. – 340 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://pl.spb.ru/oegallery/item.php?ID=207</i>
2	<i>Черемисин, А. И. Фурье-оптика, Ч. 2. Формирование оптического изображения. Учебное пособие / А. И. Черемисин. – СПб.: Изд. СПбГУКиТ, 2012. – 329 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://pl.spb.ru/oegallery/item.php?ID=207</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	<i>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.</i>
4	<i>Локшин, Г. Р. Основы радиооптики : Учебное пособие. 2-е изд. / Г. Р. Локшин. – Долгопрудный : Издательский дом Интеллект, 2014. – 343 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурс
5.	<i>Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://www.book.ru/</i>
6.	<i>ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/</i>
7.	<i>ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/</i>
8.	<i>ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/</i>
9.	<i>ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/</i>
10.	<i>Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru</i>

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	<i>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.</i>
4	<i>Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете</i>

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

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд. 129): специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount, ANSYSHF AcademicResearch 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 141

Учебно-научная лаборатория (ауд. 132): специализированная мебель, 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 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 137

Учебная аудитория (ауд. 119а): специализированная мебель 394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом.1, этаж – 5, пом. 4

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	Самостоятельные задания для контроля освоения дисциплины
2.	Частотный спектр сигналов			Вопросы
3.	Интерференция света			Вопросы
4.	Когерентность			Вопросы
5.	Дифракция света. Дифракция Френеля			Отчет по лабораторной работе
6.	Дифракция Фраунгофера			Отчет по лабораторной работе
7.	Дифракция света на периодических структурах			Отчет по лабораторной работе
8.	Линейные интегральные преобразования в оптике			Практические задания Тест
9.	Линейные оптические системы			Отчет по лабораторной работе
10.	Центрированные оптические системы формирования изображения			Отчет по лабораторной работе
11.	Формирование			Отчет по лабораторной работе

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	оптического изображения при когерентном освещении			
12.	Формирование оптического изображения при некогерентном и частично когерентном освещении			Отчет по лабораторной работе Тест
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов + Практические задания

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: выполнения лабораторных работ, практических и тестовых заданий.

Выполнение лабораторных работ состоит с изучения кратких теоретических сведений по изучаемому вопросу, ознакомлению со стендом или методикой выполнения практической части и получения допуска путем ответа на контрольные вопросы. В результате выполнения лабораторной работы оформляется отчет со структурой: тема, цель, теоретическая часть (определения, вывод формул), практическая часть (таблицы, графики, расчеты), вывод. После выполнения всех лабораторных работ проводится итоговое тестирование.

Самостоятельные задания формулируются преподавателем по окончании занятия для закрепления обучающимся пройденного материала (содержит перечень задач для выполнения / вопросов) или подготовке к последующим занятиям. На следующем занятии преподаватель осуществляет полную/выборочную проверку выполнения обучающимися домашних (самостоятельных) заданий. В случае невыполнения обучающимся домашнего (самостоятельного) задания (по лабораторному занятию) преподаватель не оценивает работу обучающегося на текущем лабораторном занятии выше 2 баллов (положительная оценка (3/4/5) может быть выставлена по результатам выполнения индивидуального задания).

20.2. Промежуточная аттестация

Оценка «отлично» на экзамене может быть выставлена по результатам текущего контроля успеваемости при выполнении всех следующих условий обучающимся:

- посещение 80% и более лекционных занятий;
- пропуск не более 1 лабораторного (без уважительной причины) с последующей отработкой;
- количество правильных ответов в тесте более 85 %.

В других случаях студент при условии выполнения лабораторных работ вправе сдавать зачет на общих основаниях путем ответа на вопросы контрольно-измерительного материала, включающего:

- теоретический вопрос;
- два практических задания в соответствии индикаторам компетенций ПК-5.

Примеры тестовых заданий для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Чему равен интеграл $\int_{-\infty}^x \delta(x) dx$ при $x > 1$:

- а) 0; б) 1; в) 1/2; г) $+\infty$.

2. 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 $\omega, \omega \pm \omega_0$.

3. 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.

4. 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)

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

5. Квазимонохроматический свет можно характеризовать двумя временными масштабами:

- а) временем корреляции τ и временем когерентности t_0 ;
- б) периодом центральной гармоники $T = 2\pi/\omega_0$ и моментов начала колебательного процесса;
- в) периодом центральной гармоники $T = 2\pi/\omega_0$ и временем корреляции τ (временем когерентности).

6. 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;

7. 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

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

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

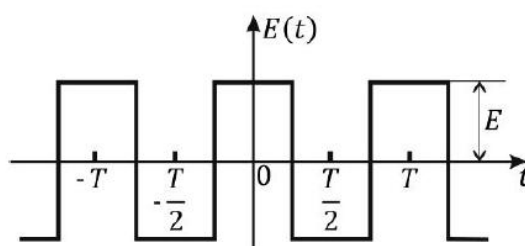


Рисунок 1 – Форма сигнала меандр

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

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

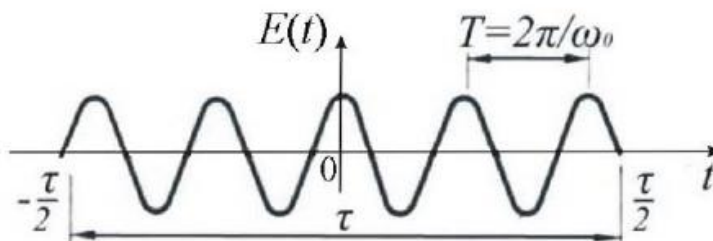


Рисунок 1 – Вид синусоиды в волновом цуге

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.