

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	1	36	8	24	0	4	0	3
8	2	72	4	20	0	12	0	Э
Итого	3	108	12	44	0	16	0	

## **АННОТАЦИЯ**

В курсе изучаются современные физические методы обработки информации средствами фотоники. Рассматриваются физические предпосылки и ограничения высокого быстродействия и параллелизма при получении, передаче, обработке и отображении информации оптическими системами. Излагаются основные методы ввода, преобразования, регистрации и хранения информации в оптическом канале средствами физики твердого тела. Дается информационное описание оптического сигнала и оптических систем. Анализируются перспективные, в том числе основанные на новых физических принципах, разработки дифракционных оптико-цифровых устройств обработки информации.

Учебные задачи курса. Показать возможности современных оптических методов обработки информации для создания высокопроизводительных измерительных и вычислительных средств на основе достижений фотоники. Научить применять данные методы для экспериментальных исследований и разработки функциональных элементов и приборов фотоники.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения учебной дисциплины «Оптические методы обработки информации» является получение знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области исследований, разработок и технологий, направленных на регистрацию и обработку информации, создание и применение установок и систем в области фотоники и оптоинформатики.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: физическая оптика, фотоника, квантовая радиофизика, материалы для оптики и фотоники.

В курсе изучаются современные физические методы обработки информации средствами фотоники. Рассматриваются физические предпосылки и ограничения высокого быстродействия и параллелизма при получении, передаче, обработке и отображении информации оптическими системами. Излагаются основные методы ввода, преобразования, регистрации и хранения информации в оптическом канале средствами физики твердого тела. Дается информационное описание оптического сигнала и оптических систем. Анализируются перспективные, в том числе основанные на новых физических принципах, разработки дифракционных оптико-цифровых устройств обработки информации.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

установок и систем в области лазерной физики, лазерной медицинской физики; использования информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; методов повышения безопасности лазерных установок, материалов и технологий; способов применения лазерных пучков в решении технологических и медико-биологических задач; лазерных установок и технологий, обладающих высокой эффективностью,

безопасностью и защищенностью; систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Анализ поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	научно-исследовательской элементная база, системы и технологии интегральной, волоконной и градиентной оптики, а также микрооптики; элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации; элементная база и системы преобразования и отображения информации; элементная база и системы на основе наноразмерных и фотоннокристаллических структур; системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры; оптические системы искусственного	ПК-1 [1] - способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - Знать современное состояние развития фотоники и оптоинформатики ; У-ПК-1[1] - уметь анализировать исходные требования при решении задач в области фотоники и оптоинформатики проводить поиск научнотехнической информации по теме решаемой задачи уточнять и корректировать требования к решаемой задаче в области фотоники и оптоинформатики ; В-ПК-1[1] - Владеть навыками анализа простых исследовательских задач в области фотоники и

	интеллекта; устройства и системы компьютерной фотоники		оптоинформатики
	проектно-конструкторский		
Составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и другой технической документации в области радиофотонных технологий и систем	элементная база, системы и технологии интегральной, волоконной и градиентной оптики, а также микрооптики; элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации; элементная база и системы преобразования и отображения информации; элементная база и системы на основе наноразмерных и фотоннокристаллических структур; системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры; оптические системы искусственного интеллекта; устройства и системы компьютерной фотоники	ПК-5.2 [1] - Способен использовать и осваивать программное обеспечение, необходимое для проектирования, моделирования, а также обработки результатов измерений характеристик оптико-электронных устройств радиофотоники и интегральных схем на их основе  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002	З-ПК-5.2[1] - Знать основные программно-технические средства, которые могут быть использованы для проектирования и моделирования устройств радиофотоники и интегральных схем на их основе; У-ПК-5.2[1] - Уметь осваивать новое программное обеспечение и другие методы анализа в области радиофотоники, а также комбинировать и интегрировать проекты, результаты моделирования и данные измерений при необходимости одновременного использования нескольких программно-технических средств; В-ПК-5.2[1] - Владеть основными методами измерений электронных, оптических и иных характеристик устройств радиофотоники, уметь грамотно представлять результаты измерений, а также проводить сравнение с

			результатами моделирования с учетом погрешностей и допусков
--	--	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	4/12/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2
2	Часть 2	9-16	4/12/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		8/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-

							5.2
	<i>8 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	2/14/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2
2	Часть 2	9-11	2/6/0		25	КИ-11	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		4/20/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	8	24	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	4	12	0
1	<b>Предмет, методы и задачи оптоэлектроники</b> Проблемы создания перспективных систем преобразования информации. Этапы развития оптических методов обработки информации.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Предпосылки применения оптических элементов и устройств в системах получения, передачи, хранения, обработки и отображения информации</b> Свойства электромагнитного излучения оптического диапазона, обуславливающие высокое быстродействие, параллелизм, возможность создания массивов оперативно перестраиваемых связей, снижение энергопотребления и повышение надежности информационных систем. Физические пределы электронных и оптических средств преобразования информации.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Основные виды и элементы оптических систем преобразования информации</b> Проекционные, волноводные и использующие дифракцию в свободном пространстве оптические системы. Взаимодействие оптических и электронных систем обработки.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Основные элементы оптических информационных систем</b> Источники излучения, фотоприемники, классические оптические элементы, дифракционные оптические элементы, пространственно-временные модуляторы света (ПВМС). Научные проблемы создания оптических средств обработки информации.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Примеры выполнения вычислительных операций сложения и умножения оптическими системами</b> Особенности выполнения операций и построения оптических схем при использовании когерентного и некогерентного излучения. Количество вычислительных операций выполняемых за один такт и вычислительная производительность. Применение методов голографии для сложения и умножения волновых фронтов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Оптический вектор-матричный перемножитель</b> Принципиальная схема информационных потоков.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0



	Оптическая схема перемножителя. Оценка количества вычислительных операций за такт и производительности устройства. Вектор-матричный перемножитель с производительностью свыше 1012 операций в секунду. Области применения перемножителей.	Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Когерентный Фурье-спектроанализатор сигналов и изображений</b> Принципиальная схема. Размер элемента разрешения и области считывания в плоскости пространственных частот. Требования к временной и пространственной когерентности освещения. Оценка количества вычислительных операций за такт и производительности Фурье-спектроанализатора. Области применения спектроанализаторов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Система фильтрации пространственных частот с когерентным освещением</b> Фильтры низких и высоких пространственных частот. Эксперимент Аббе-Портера. Передаточная функция и импульсный отклик системы фильтрации пространственных частот с когерентным освещением. Оценка количества вычислительных операций за такт и производительности. Области применения систем фильтрации пространственных частот с когерентным освещением.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Часть 2</b>	4	12	0
9	<b>Система фильтрации пространственных частот с пространственно-некогерентным монохроматическим освещением</b> Передаточная функция и импульсный отклик системы фильтрации пространственных частот с пространственно-некогерентным освещением. Возможности фильтрации низких и высоких пространственных частот в схеме с пространственно-некогерентным освещением. Области применения систем фильтрации с пространственно-некогерентным освещением.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Назначение и общие характеристики пространственно-временных модуляторов света (ПВМС)</b> Классификация ПВМС. Основные параметры, характеризующие ПВМС как элемент оптической информационной системы. Физические методы модуляции света, используемые для создания ПВМС с электронным и оптическим управлением.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Электрооптические кристаллические ПВМС</b> Электрооптический эффект. Двулучепреломление и модуляция поляризации. Функциональные возможности и основные характеристики электрооптических ПВМС	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Акустооптические ПВМС</b> Принцип действия акустооптических (АО) ПВМС. АО ПВМС в режиме дифракции Рамана-Ната. АО ПВМС в режиме дифракции Брэгга. Точечные, одноканальные и многоканальные АО ПВМС. Дефлекторы на основе АО ПВМС. Планарные ПВМС. Функциональные возможности	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	и характеристики АО ПВМС.			
13	<b>Жидкокристаллические ПВМС</b> Ориентационные эффекты в жидких кристаллах (ЖК). Эффект динамического рассеяния. Матричные ЖК ПВМС с управлением электрическими сигналами. Функциональные возможности и основные характеристики ЖК ПВМС с управлением электрическими сигналами для использования в системах отображения и обработки информации.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Управляемые светом ПВМС на основе ЖК</b> Функциональные возможности и основные характеристики управляемых светом ЖК ПВМС для преобразования оптических сигналов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Перспективные ПВМС</b> ПВМС на основе микроэлектронных механических систем (MEMS). Характеристики MEMS ПВМС и их функциональные возможности в оптических системах преобразования информации.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Управляемые светом ПВМС для регистрации голограмм</b> Фототермопластик. Фоторефрактивных кристаллы. Фотополимеры. Бактериородопсин. Функциональные возможности и характеристики ПВМС для записи голограмм.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>8 Семестр</i>	4	20	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	2	14	0
1	<b>Информационное описание оптического сигнала</b> Дискретизация и квантование сигналов. Теорема отсчетов в оптике. Пропускная способность оптического канала. Шумы в оптических системах. Шумы при когерентном и некогерентном освещении. Потери информации в оптической системе.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Увеличение пропускной способности оптических систем</b> Реконструкция оптических сигналов. Роль шумов. Получение «сверхразрешения». Степени свободы оптической системы и их перераспределение. Теорема Габор. Оптические системы с синтезированной апертурой. Управляемые системы на основе адаптивной оптики.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Когерентность света как информационный параметр</b> Модуляция временной и пространственной когерентности. Системы обработки информации, основанные на преобразовании пространственной когерентности. Фурье-спектроанализатор с пространственно-некогерентным освещением. Формирование изображений с большой глубиной резкости без фокусирующих элементов. Системы фильтрации пространственных частот, использующие преобразование пространственной когерентности. Дисперсионные системы обработки информации.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Запись, хранение, преобразование, синтез и восстановление оптических сигналов методом голографии</b>	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		

	Применение голограмм для хранения информации и преобразования световых полей. Интерференционное изготовление голограмм. Перезаписываемые и динамические голограммы.	0	0	0
7	<b>Синтезированные дифракционные оптические элементы</b> Компьютерный синтез голограмм. Методы компьютерного синтеза киноформов. Способы изготовления синтезированных дифракционных оптических элементов. Оперативно перестраиваемые дифракционные элементы.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Разработка трехмерных дисплеев</b> Дисплей с «подвижной плоскостью». Отображение трехмерных сцен методом локального оптического возбуждения объема среды. Дисплей на основе синтезируемых в реальном масштабе времени голограмм.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-11	<b>Часть 2</b>	2	6	0
9	<b>Цифровая голография как метод регистрации, передачи по цифровым каналам связи и воспроизведения объемных изображений Цифровые системы с синтезируемой оптической передаточной функцией</b> Цифровая регистрация амплитуды и фазы волны методом фазовых шагов. Цифровая передача и воспроизведение объемных сцен в реальном масштабе времени. Фазовое кодирование волнового фронта и цифровая реконструкция изображений. Увеличение глубины резкости, уменьшение хроматических aberrаций, снижение габаритов и стоимости изображающих систем.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Оптические устройства хранения информации Дифракционные оптические процессоры для распознавания образов</b> Создание голографических дисков и карт памяти. Адресная память на основе объемных голограмм и ее характеристики. Перспективы создания ассоциативной памяти на основе «глубоких» объемных голограмм. Корреляторы с раздельным и совместным преобразованием Фурье. Когерентные системы и системы, использующие преобразование пространственной когерентности. Методы синтеза корреляционных фильтров распознавания. Адаптивные оптические системы распознавания. Системы для распознавания трехмерных сцен. Вычислительная производительность, функциональные возможности и области применения оптических устройств для распознавания образов.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Оптические системы защиты информации Перспективы создания оптических компьютеров на новых физических принципах</b> Защитные голограммы. Машиносчитываемые голограммы. Системы идентификации и контроля доступа. Оптические криптографические ключи. Разработка оптических дифракционных систем криптографического кодирования	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

и декодирования информации. Оптические средства обмена информацией и ее коммутации в компьютерных системах. Быстродействующие матричные оптоэлектронные процессоры. Нейроподобные оптические вычислители. Обработка информации, основанная на когерентном взаимодействии оптического излучения с веществом. Применения эффекта фотонного эхо. Квантовый компьютеринг.			
---	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторские занятия в виде лекций, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в повторении ранее пройденного материала, подготовке к занятиям и текущему контролю в виде тестов, том числе, выполнении заданий для самостоятельной работы. Часть занятий проводится в интерактивной форме. Для того чтобы дать современное состояние оптических методов обработки информации средствами фотоники, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в рамках Научной сессии НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-11

	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-11
ПК-5.2	З-ПК-5.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-5.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-5.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-11

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Г 61 Дифракционная компьютерная оптика : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2007
2. ЭИ Г 12 Дифракционная нанофотоника : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2011
3. ЭИ Б 40 Дифракционная оптика и нанофотоника : , Москва: Физматлит, 2014
4. ЭИ П 30 Интерференция и дифракция для информационной фотоники : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2020
5. ЭИ И 26 Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2020
6. ЭИ И 98 Поляризационная оптика : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2019
7. ЭИ П 16 Физические основы фотоники : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
8. ЭИ Г 93 Цифровая голография. Математические методы : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
9. 53 С34 Общий курс физики Т.4 Оптика, , Москва: Физматлит;МФТИ, 2013

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 А16 Современная оптика гауссовых пучков : , Е. Г. Абрамочкин, В. Г. Волостников, Москва: Физматлит, 2010
2. 535 С42 Квантовая оптика : , М. О. Скалли, М. С. Зубайри, М.: Физматлит, 2003
3. 004 И74 Информационная оптика : Учеб. пособие для вузов, Н. Н. Евтихийев [et al.], М.: МЭИ, 2000
4. 621.38 Р64 Оптоэлектроника : , Э. Розеншер, Б. Винтер, Москва: Техносфера, 2006
5. 621.38 Я49 Теория и расчет оптико-электронных приборов : учебник для вузов, Ю. Г. Якушенков, Москва: ЛОГОС, 2011
6. 535 А28 Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей : , Ю. Н. Кульчин [и др.], Москва: Физматлит, 2009
7. 535 К38 Оптические солитоны : от световодов к фотонным кристаллам, Ю. С. Кившарь, Г. П. Агравал, М.: Физматлит, 2005

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

При изучении курса «Оптические методы обработки информации» необходимо твердо усвоить основные свойства электромагнитного излучения оптического диапазона, обуславливающие высокое быстродействие, параллелизм, возможность создания массивов оперативно перестраиваемых связей, снижение энергопотребления и повышение надежности информационных систем; физические пределы электронных и оптических средств преобразования информации; основные виды и элементы оптических систем преобразования информации и особенности взаимодействия оптических и электронных средств обработки.

При изучении первой части курса (7-й семестр).

Следует знать классификации оптических систем обработки информации и основные элементы оптических систем обработки информации: источники излучения, фотоприемники, классические оптические элементы, дифракционные оптические элементы, пространственно-временные модуляторы света (ПВМС).

Необходимо знать назначение и общие характеристики пространственно-временных модуляторов света (ПВМС), физические методы модуляции света, используемые для создания ПВМС. Уметь оценивать функциональные возможности и характеристики основных типов ПВМС: совмещенных с излучателями, электрооптических, акустооптических, жидкокристаллических на основе микроэлектромеханических структур (МЭМС).

Следует понимать физические основы метода голографии как способа записи, хранения, преобразования, восстановления и синтеза световых полей. Представлять способ сохранения информации об амплитуде и фазе волны при записи голограмм. Понимать физическое различие в свойствах тонких и объемных голограмм. Знать основные свойства синтезированных и цифровых голограмм, их отличия от «классических» голограмм и представляемые ими новые возможности. Владеть представлением о о практических применениях голографии для управления оптическим излучением, хранения, передачи и обработки информации, отображения объемных сцен;.

Знать принципиальную схему и понимать функционирование оптоэлектронного вектор-матричного перемножителя, области его применения. Уметь оценивать количество вычислительных операций за такт и производительности устройства на современной и перспективной элементной базе.

Необходимо уметь обосновать работу принцип работы и давать количественное описание дифракционного устройства для Фурье-преобразования изображений с когерентным освещением. Знать и понимать требования к временной и пространственной когерентности освещения этого устройства. Уметь определять количество вычислительных операций за такт и производительность Фурье-преобразователей изображений с когерентным освещением, выполненных на современной и перспективной элементной базе.

Знать свойства голограмм Фурье и владеть представлениями об основах компьютерного синтеза голограмм и фазовых дифракционных элементов, областях применения синтезированных дифракционных элементов;

При изучении второй части курса (8-й семестр).

Следует знать схемы и количественное описание систем фильтрации пространственных частот с когерентным и пространственно-некогерентным монохроматическим освещением, области их применения, использование голограмм Фурье в качестве фильтров пространственных частот. Понимать физический смысл и отличительные особенности импульсных откликов и передаточных функций систем фильтрации пространственных частот для случаев когерентного и пространственно-некогерентного монохроматического освещения. Уметь оценивать количество вычислительных операций за такт и вычислительную производительность для систем фильтрации пространственных частот с когерентным и пространственно-некогерентным монохроматическим освещением, их характеристики при использовании современной и перспективной элементной базы

Необходимо уметь выполнять количественные оценки временной и пространственной когерентности освещения требуемой для правильного функционирования систем фильтрации пространственных частот с когерентным и пространственно-некогерентным монохроматическим освещением;

Следует овладеть навыками выполнения сравнительных оценок систем с когерентным и пространственно-некогерентным освещением по требованиям к оптическому качеству элементов, точности их позиционирования, возможностям обработки комплекснозначных данных, достижимой вычислительной производительности, на современной и перспективной элементной базе

Необходимо понимать физические предпосылки метода формирования изображений с большой глубиной резкости без фокусирующих элементов по функции пространственной когерентности. Уметь объяснить схему интерферометр поворота волнового фронта и его достоинства при измерении функции степени пространственной когерентности

Следует знать принцип работы и схему дифракционного устройства для Фурье-преобразования изображений с пространственно-некогерентным монохроматическим освещением, использующего распространение пространственной когерентности. Уметь находить для него размеры элемента разрешения и области считывания Фурье-спектра, оценивать количество вычислительных операций за такт и вычислительную производительность.

Необходимо получить представления о перспективных направлениях развития оптических методов обработки информации: оптико-цифровых системы формирования и кодирования изображений, основанных на фазовом кодировании волнового фронта и цифровой реконструкции изображений; цифровой голографии как метода цифровой регистрации, передачи по цифровым каналам связи и воспроизведения объемных изображений.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Курс решает следующие учебные задачи. Показать возможности современных оптических методов обработки информации для создания высокопроизводительных измерительных и вычислительных средств на основе достижений физики конденсированного



состояния вещества и фотоники. Научить применять данные методы для экспериментальных исследований по физике твердого тела и разработке функциональных элементов и приборов фотоники.

В курсе изучаются современные физические методы обработки информации средствами фотоники. Рассматриваются физические предпосылки и ограничения высокого быстродействия и параллелизма при получении, передаче, обработке и отображении информации оптическими системами. Излагаются основные методы ввода, преобразования, регистрации и хранения информации в оптическом канале средствами физики твердого тела. Дается информационное описание оптического сигнала и оптических систем. Анализируются перспективные, в том числе основанные на новых физических принципах, разработки дифракционных оптико-цифровых устройств обработки информации.

Необходимо чтобы студенты твердо усвоили основные свойства электромагнитного излучения оптического диапазона, обуславливающие высокое быстродействие, параллелизм, возможность создания массивов оперативно перестраиваемых связей, снижение энергопотребления и повышение надежности информационных систем; физические пределы электронных и оптических средств преобразования информации; основные виды и элементы оптических систем преобразования информации и особенности взаимодействия оптических и электронных средств обработки.

При изучении первой части курса (7-й семестр).

Следует разъяснить студентам особенности выполнения операций сложения и умножения и построения соответствующих оптических схем при использовании как когерентного, так и некогерентного излучения. Научить оценивать количество вычислительных операций за один такт и вычислительная производительность. Продемонстрировать использование методов голографии для сложения и умножения волновых фронтов.

Объясняя принципиальную оптическую схемы вектор-матричного перемножителя, необходимо рассказать о важных практических области применения этого устройства. Проводя оценки количества вычислительных операций за такт и производительности устройства, следует привести пример его современной реализации, обладающей производительностью характерной для суперкомпьютеров.

Используя приближение скалярной теории дифракции обосновать работу когерентного Фурье-спектроанализатора сигналов и изображений, а также указать области его применения. Следует обратить внимание на формулирование и обоснование требований к временной и пространственной когерентности освещения Фурье-спектроанализатора. Необходимо научить студентов оценивать размеры элемента разрешения и области считывания в плоскости пространственных частот, а также находить количество вычислительных операций за такт и производительность Фурье-спектроанализатора.

Используя в качестве примера схему когерентного Фурье-спектроанализатора, следует подробно описать схемы систем фильтрации пространственных частот с когерентным освещением и пространственно-некогерентным освещением, указать области их практического применения. В рамках результатов скалярной теории дифракции провести количественное описание этих систем. Следует подробно разъяснить определения импульсных откликов и передаточных функций систем фильтрации пространственных частот и их соотношение для случаев когерентного и пространственно-некогерентного освещений. Обоснование оценок количества вычислительных операций за такт и производительности для систем фильтрации

удобно провести исходя из оценок этих величин для когерентного Фурье-спектроанализатора сигналов и изображений.

Студентам необходимо дать четкое представление о назначении и общих характеристиках пространственно-временных модуляторов света (ПВМС). Следует рассмотреть физические методы модуляции света, используемые для создания ПВМС, а также функциональные возможности и характеристики основных типов ПВМС: твердотельных электрооптических, акустооптических, жидкокристаллических, на основе MEMS-структур. Необходимо дать общее представление о возможностях управляемых светом ПВМС для регистрации голограмм.

При изучении второй части курса (8-й семестр).

Необходимо дать студентам основные представления о пропускной способности оптического канала, шумах в оптических системах при когерентном и некогерентном освещении, потери информации в оптической системе. Следует ознакомить студентов с общими представлениями о возможностях реконструкции оптических сигналов и получения «сверхразрешения», оптических системах с синтезированной апертурой.

При объяснении принципа работы и схемы Фурье-спектроанализатора с пространственно-некогерентным освещением, использующего преобразование пространственной когерентности, следует основываться на результатах теоремы Ван Циттерта Цернике. Этот же подход следует использовать, давая студентам общие представления о системах формирования изображений с большой глубиной резкости без фокусирующих элементов и системах фильтрации пространственных частот, использующих преобразование пространственной когерентности.

В рамках изучения использования голограмм для хранения, преобразования, синтеза и восстановления оптических сигналов методом голографии необходимо дать студентам представление об интерференционных и компьютерных способах изготовления статических, перезаписываемых и динамических голограмм. Следует ознакомить их с основами компьютерного синтеза голограмм и фазовых дифракционных элементов.

При изложении материала по цифровой голографии необходимо подчеркнуть основные отличительные свойства и возможности этого метода регистрации световых полей, их передачи по цифровым каналам связи и воспроизведения, как численного, так и физического.

Описывая оптико-цифровые дифракционные системы с синтезируемой оптической передаточной функцией, следует пояснить эффективность сочетания в них оптических и электронных средств обработки информации.

Студентов необходимо ознакомить с основными направлениями разработки устройств оптической памяти, трехмерных дисплеев, оптоэлектронной элементной базы компьютеров, в том числе на новых физических принципах.

Автор(ы):

Стариков Ростислав Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор

Краснов Виталий Вячеславович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Евтихий Н.Н., д.ф.-м.н., профессор