

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФОТОНИКА**

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
8	2	72	12	21	0		12	0	Э
Итого	2	72	12	21	0	0	12	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются основные явления интегральной и волоконной оптик. Расчет основных параметров интегральных оптических схем и ВОЛС с учетом особенностей параметров волноводов требует знакомства с основными физическими явлениями в волоконных и планарных световодах, в частности с нелинейно оптическими процессами, которые в силу специфики волоконных световодах оказываются более важными, чем в объемных оптических средах. Кратко рассказано о современном разделе фотоники – дискретной фотонике.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Проиллюстрировать на примерах точно решаемых задач основные понятия и эффекты, присущие интегральной оптике. Научить общим теоретическим методам описания разнообразных эффектов, связанных с поверхностными и направленными волнами.

Рассмотрены некоторые нелинейные явления в направляющих структурах - граница раздела двух диэлектрических сред, тонкая пленка нелинейного вещества на границе раздела двух сред, планарный оптический волновод. Среди всех известных сейчас явлений нелинейной интегральной оптики эти примеры выделяются тем, что здесь нет необходимости использовать приближение метода связанных волн для построения соответствующей теории, которая в этом смысле точная.

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

Курс идёт после курсов общей физики.

### 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
научно-исследовательской			
Разработка лазерных и оптических технологий; анализ	Лазерные технологии, элементы в составе	ПК-1 [1] - способен к анализу поставленной задачи исследований в	З-ПК-1[1] - Знать современное состояние развития фотоники и

<p>поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; экспериментальные исследования в области фотоники и оптоинформатики новых явлений, материалов, систем и устройств</p>	<p>лазерных систем, оптические материалы и детали, дифракционные оптические элементы, голограммы</p>	<p>области фотоники и оптоинформатики</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>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 оптоинформатики</p>
<p>Моделирование систем, использующих оптические методы обработки информации, и результатов их работы; построение математических моделей для анализа свойств объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи</p>	<p>Методы и технологии фотоники и оптоинформатики</p>	<p>ПК-2 [1] - способен к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.007, 06.018</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать возможности стандартных пакетов автоматизированного проектирования при математическом моделировании объектов фотоники и оптоинформатики.; У-ПК-2[1] - уметь решать типичные математические задачи на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками самостоятельной разработки программ при математическом моделировании процессов и объектов фотоники и оптоинформатики.</p>
<p>проектно-конструкторский</p>			
<p>Проектирование и конструирование</p>	<p>Элементная база фотоники и</p>	<p>ПК-5 [1] - способен к участию в монтаже,</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать общие принципы,</p>

<p>оптических технологий передачи, приема, обработки, хранения и отображения информации; участие в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов изделий, узлов, элементов приборов и систем фотоники и оптоинформатики</p>	<p>оптоинформатики и цифровые методы анализа</p>	<p>наладке, настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте техники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.018</p>	<p>правила и методы электрических и оптикофизических измерений ; У-ПК-5[1] - Уметь выбрать метод монтажа, наладки, настройки, юстировки, испытаний опытного образца разработать схему для монтажа, настройки, юстировки, испытаний формулировать и обосновывать требования к настройке, наладке, юстировке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов техники ; В-ПК-5[1] - Владеть навыками монтажа, наладки, настройки, юстировки и проведения испытаний</p>
<p>Проектирование и конструирование оптических технологий передачи, приема, обработки, хранения и отображения информации; участие в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов изделий, узлов, элементов приборов и систем фотоники и оптоинформатики</p>	<p>Элементная база фотоники и оптоинформатики и цифровые методы анализа</p>	<p>ПК-6 [1] - способен проводить поверку, наладку и регулировку оборудования, настройку программных средств, используемых для разработки, производства и настройки приборной техники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.018</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать общие принципы, правила и методы поверки, наладки и регулировки оборудования, настройки программных средств ; У-ПК-6[1] - Уметь подготавливать испытательное оборудование и измерительную аппаратуру, выбрать метод поверки, наладки и регулировки оборудования, настройки программных средств ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками тестирования оборудования, настройки программных средств</p>

#### 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)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - 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.

#### 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>8 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8/12/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Второй раздел	9-12	4/9/0		25	КИ-11	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-

							6, У- ПК-6, В- ПК-6
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		12/21/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6

\* – 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:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	12	21	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	12	0
1	<b>Тема 1. Общее введение в курс “Интегральная оптика”</b> Примеры применения оптических явлений в обработке оптических сигналов, передачи информации по	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		

	световодам, нелинейные оптические явления в тонких пленках, оптическая бистабильность и оптические солитоны (краткое изложение).	0	0	0
2	<b>Тема 2. Световоды-1</b> Прохождение световой волны через границу раздела диэлектриков. ТЕ- и ТМ- волны. Угол полного внутреннего отражения, однородные и неоднородные волны. Эффект Гусса-Хенгена.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тема 2 Световоды-2</b> Математический аппарат -- уравнения Максвелла с граничными условиями на бесконечности. Световые волны вблизи двух границ раздела сред: диэлектрик-диэлектрик-диэлектрик. Излучательные моды, моды подложки, моды утечки, направленные моды. Симметричный и несимметричный световоды. ТЕ- и ТМ- моды пленки. Симметричные и несимметричные моды, профили электрического поля световой волны различных мод. Градиентные световоды, селфок, оптические волноводы с многослойным покрытием. Законы дисперсии различных направленных мод, постоянная распространения, эффективный показатель преломления, эффективная толщина световода. Мощность, переносимая по световоду. Геометрическая оптика волноводов. Непланарные волноводы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Тема 3. Волоконные световоды</b> Законы дисперсии различных направленных мод, постоянная распространения, эффективный показатель преломления, эффективная толщина световода. Мощность, переносимая по световоду. Геометрическая оптика волноводов. Непланарные волноводы. Градиентные волноводы с параболическим профилем показателя преломления. Траектория параксиального луча. Волновое уравнение мод параболической среды. Фокусирующие свойства параболического волновода. Элементы соединений волоконных световодов. Ввод (вывод) через подложку, через скошенный край, через призму и через дифракционную решетку. Ввод излучения в волоконные световоды. Элементы связи в интегральной оптике. Мостиковая связь, эксперимент Тьена, рупорная связь, связь через направленный ответвитель. Связь оптического волокна с тонкопленочным световодом.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Тема 4. Распространение электромагнитного импульса в волоконном световоде.</b> Внутримодовая дисперсия. Волноводная дисперсия. Материальная дисперсия. Дисперсия фазового, группового и эффективного показателей преломления. Нули материальной дисперсии в кварцевом стекле. Распространение светового импульса с учетом дисперсии групповых скоростей второго порядка. Распространение гауссовского импульса в волоконном световоде. Импульс с начальной фазовой дисперсией (чирпом) и без оной. Зависимость длительности импульса от пройденного	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0



	расстояния.			
6	<b>Тема 5. Градиентные среды.</b> Преломление и отражение от градиентной границы раздела. Эффект Гусса-Хенген. Градиентный волновод.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 6. Нелинейные волны в оптике.</b> Нелинейные восприимчивости. Генерация гармоник. Самофокусировка. Солитоны, основные их свойства. Ударные оптические волны.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 7. Распределенная обратная связь.</b> Дифракция Рамана и Брэгга. Резонанс Брэгга. Метод связанных волн для описания РОС. Соотношение Мэнли-Роу.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 7. Распределенная обратная связь-2.</b> Брэгговское зеркало. Зависимость коэффициента отражения от параметров РОС. Применение РОС в фотонике.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-12</b>	<b>Второй раздел</b>	4	9	0
9	<b>Тема 8. Направляющий ответвитель.</b> Двухканальный ответвитель. Нарушенное полное внутреннее отражение. Теоретическое описание направляющего ответвителя.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Тема 8. Направляющий ответвитель-2.</b> Многоканальный направляющий ответвитель. Соотношение Мэнли-Роу. Ответвитель с переменным зазором. Применение направляющих ответвителей в фотонике. Нелинейные ответвитель. Эффект запираения ответвителя. Применение в роли оптического переключателя. Реализация вентилях фотонной логики.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 9. Дискретная фотоника.</b> Примеры решеток волноводов. Прямые и обратные волны. Дискретная дифракция. Преломление волн в дискретной фотонной среде. Дискретные солитоны. Квази-одномерные фотонные решетки. Плоские зоны. Модуляционная неустойчивость мод плоских зон. Двумерные фотонные решетки.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Тема 8. Солитоны и квази-солитоны.</b> Солитоны в оптике - автомодуляция. Солитон огибающий. Неустойчивость стационарной волны в керровской среде. Особенности солитонов нелинейного уравнения Шредингера. Опыты Молленауэра. Оптические солитоны фемтосекундной длительности. Компрессия импульсов излучения фемтосекундного диапазона длительностей.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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

Лекции и практические занятия

## 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)
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-11
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-11
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-11
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-6	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»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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»	Ф	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 Б 73 Волоконные технологические лазеры и их применение : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Ж 86 Материалы микро- и оптоэлектроники: кристаллы и световоды : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2022
3. ЭИ С 78 Основы оптики : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ М 91 Физика: колебания, оптика, квантовая физика : учебное пособие для спо, Москва: Юрайт, 2022

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.39 Ц 85 Волоконно-оптическая техника : практическое руководство, Москва: Инфра-Инженерия, 2018

2. 53 С34 Общий курс физики Т.4 Оптика, , Москва: Физматлит, 2006

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**

Студентам необходимо регулярно решать предлагаемые задачи домашнего задания, обращать внимание на основные соотношения, описывающие нелинейно оптические процессы и физические явления в волоконных и планарных световодах

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

Важную роль в освоении курса играет подробный разбор основных задач курса, демонстрирующих нелинейнооптические явления в современной фотонике

Автор(ы):

Маймистов Андрей Иванович, д.ф.-м.н., профессор