

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 10.11.2023 14:23:28  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Нано- и микросистемная техника»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«МИКРООПТИКА»**

для подготовки магистров

по направлению

28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

по программе

**«Нано- и микросистемная техника»**

Санкт-Петербург

2023

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Разработчики:

доцент, к.ф.-м.н., доцент Панов М.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МНЭ  
10.02.2023, протокол № 03/23

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 01.03.2023, протокол № 01/23

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## **1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	МНЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	1
Семестр	2

## Виды занятий

Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144

## **Вид промежуточной аттестации**

Экзамен (курс) 1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МИКРООПТИКА»**

Основной целью изучения дисциплины «Микрооптика» является приобретение знаний в области оптических методах передачи и обработки информации и оптики движущихся тел. В результате изучения дисциплины студенты должны уметь определять области использования устройств интегральной оптики, а также применять основные эффекты, лежащие в основе их функционирования. Данная дисциплина закладывает основы для последующего применения основных методов и алгоритмов расчета элементной базы и устройств интегральной оптики.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«MICROOPTICS»**

Main objective of studying of discipline «Microoptics» is acquisition of knowledge in the field of optical methods of transfer and information processing and optics of moving solids. As a result of studying of discipline students should be able to define areas of use of devices of integrated optics, and also to apply the main effects, their underlying functioning. The given discipline lays the foundation for the subsequent application of the basic methods and algorithms of calculation of element base and devices of integrated optics.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью освоения дисциплины является приобретение знаний в области оптических методов передачи и обработки информации и оптики движущихся тел. В результате изучения дисциплины студенты должны уметь определять области использования устройств интегральной оптики, а также применять основные эффекты, лежащие в основе их функционирования. Данная дисциплина закладывает основы для последующего применения основных методов и алгоритмов расчета элементной базы и устройств интегральной оптики.
2. Задачей дисциплины является овладение теоретической базой и навыками разработки физических и математических моделей микрооптических систем и передачи оптических сигналов в них, компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники.
3. Знания:
  - физических принципов, эффектов и процессов, лежащих в основе функционирования элементной базы и устройств интегральной оптики, особенностей их проявления при переходе к элементам микронных размеров;
  - оптических методов передачи и обработки информации;
  - основных принципов оптики движущихся тел.
4. Умения определять области рационального использования устройств интегральной оптики, а также применять основные эффекты, лежащие в основе их функционирования; применять методы расчета и исследования элементной базы и устройств интегральной оптики.
5. Владеть навыками и умениями расчета элементной базы и устройств интегральной оптики с учетом условий их реализации и границ применения.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Микро-и наносенсорика»
2. «Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Прикладные вопросы микросистемной техники»
2. «Производственная практика (преддипломная практика)»

### **3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-3	Готов разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники
ПК-3.1	<i>Знает физические и математические модели и методы моделирования исследуемых физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники</i>
ПК-3.2	<i>Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники</i>
СПК-1	Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников
СПК-1.2	<i>Умеет анализировать литературные и патентные источники при разработке конструкций изделий нанотехнологии и микросистемной техники</i>
СПК-1.3	<i>Владеет навыками конструирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники</i>

## **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Содержание разделов дисциплины**

#### **4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Лек, ач</b>	<b>Пр, ач</b>	<b>ИКР, ач</b>	<b>СР, ач</b>
1	Введение	2			2
2	Тема 1. Основные принципы волновой оптики	6	8		16
3	Тема 2. Оптические световоды	6	8		16
4	Тема 3. Теория связанных мод	6	6		14
5	Тема 4. Интегрально-оптические и оптомеханические элементы и устройства	6	6		13
6	Тема 5. Оптика движущихся тел	6	6		12
7	Заключение	2		1	2
	Итого, ач	34	34	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе				144/4

#### **4.1.2 Содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1	Введение	Основные принципы микрооптики. История создания и тенденции развития оптических приборов и способов передачи информации. Классификация оптических компонентов и приборов. Поляризация света и двулучепереломление. Интерферометрия. Эффекты кристаллооптики.
2	Тема 1. Основные принципы волновой оптики	Геометрическая и волновая оптика планарных и цилиндрических световодов. Параметры световодов. Характеристические уравнения. Направляемые и вытекающие моды, модовые порядки, условия отсечки мод. Много- и одномодовые световоды. Распределение поля по сечению световода. ЕН- и НЕ-моды, гибридные моды цилиндрических световодов. Виды дисперсии в оптических световодах: межмодовая, материальная, волноводная. Потери мощности в световодах. Волоконно-оптические кабели: соединение и спlicing волокон, разъемы. Оптические мультиплексоры и демультиплексоры.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
3	Тема 2. Оптические световоды	Геометрическая и волновая оптика планарных и цилиндрических световодов. Параметры световодов. Характеристические уравнения. Направляемые и вытекающие моды, модовые порядки, условия отсечки мод. Много-и одномодовые световоды. Распределение поля по сечению световода. EH-и HE-моды, гибридные моды цилиндрических световодов. Виды дисперсии в оптических световодах: межмодовая, материальная, волноводная. Потери мощности в световодах. Волоконно-оптические кабели: соединение и спlicing волокон, разъемы. Оптические мультиплексоры и демультиплексоры.
4	Тема 3. Теория связанных мод	Уравнения связанных волн и их решения для различных режимов связи. Ортогональность и нормировка мод. Коэффициент связи волноводных мод.
5	Тема 4. Интегрально-оптические и оптомеханические элементы и устройства	Основные компоненты интегрально-оптических схем: устройства и способы ввода и вывода излучения, комутационные устройства, направленные ответвители, переключатели. Лазеры с распределенной обратной связью. Электро-, акусто- и магнитооптические функциональные устройства в интегральном исполнении. Микропротомеханические элементы и схемы: оптические распределительные и оптические спектральные фильтры, интерференционные покрытия, управляемые зеркала и дифракционные решетки, линзы Френеля, фокусирующие компоненты интегральной оптики, оптомеханические ключи, механические сканирующие микрозеркала, линзы, модуляторы и дифракционные решетки.
6	Тема 5. Оптика движущихся тел	Эффект Доплера. Сдвиг и уширение спектральных линий. Эффект Физо. Эффект Саньяка. Волоконно-оптические гироскопы. Интеграция механических, оптических и электронных компонентов на микроуровне. Сверхскоростные способы передачи и обработки информации.
7	Заключение	Обобщение результатов изучения дисциплины и их практического приложения.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Основные принципы волновой оптики.	8
2. Оптические световоды.	8
3. Теория связанных мод.	6
4. Интегрально-оптические и оптомеханические элементы и устройства.	6
5. Оптика движущихся тел.	6
<b>Итого</b>	<b>34</b>

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь

период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	0
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	15

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	25
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## **5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Название, библиографическое описание</b>	<b>К-во экз. в библ.</b>
<b>Основная литература</b>		
1	Панов, Михаил Федорович. Физические основы интегральной оптики [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / М.Ф. Панов, А.В. Соломонов, Ю.В. Филатов, 2010. -427 с.	149
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Пихтин, Александр Николаевич. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учеб. для вузов по направлению подгот. "Электроника и наноэлектроника" и "Нанотехнологии и микросистемная техника" / А. Н. Пихтин, 2012. -655, [1] с.	97
2	Чео, Питер К. Волоконная оптика: Приборы и системы [Текст] : монография / П.К. Чео; Пер. с англ. Г.И.Литвиновой, Ю.Т.Ларина, 1988. -280 с	14

### **5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Электронный адрес</b>
1	Публикации "Российский квантовый центр" <a href="https://rqc.ru/publications">https://rqc.ru/publications</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9129>

## **6 Критерии оценивания и оценочные материалы**

### **6.1 Критерии оценивания**

Для дисциплины «Микрооптика» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### **Экзамен**

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

## **Особенности допуска**

К экзамену допускаются студенты, которые в течение семестра выполнили контрольную работу на положительную оценку и тест.

Экзамен проводится по билетам.

## **6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **Вопросы к экзамену**

<b>№ п/п</b>	<b>Описание</b>
1	Предмет фотоники и ее задачи. Особенности фотоники. Стандартная терминология, основные понятия и определения
2	Классификация приборов фотоники. Их роль в современной науке и технике
3	Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
4	Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение.
5	Рассеяние света.
6	Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления.
7	Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига.
8	Электронные состояния в полупроводниках и полупроводниковых твердых растворах.
9	Виды оптических переходов в полупроводниках. Оптическое поглощение.
10	Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Квантовый выход люминесценции. Влияние температуры и уровня легирования на электролюминесценцию.
11	Особенности инверсии населенностей в полупроводниках.
12	Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов.
13	Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции. Эффект широко-зонного окна. Волноводный эффект.
14	Фотоэлектрические эффекты в p-n-гетеропереходах и варизонных структурах.
15	Квантово-размерные эффекты, квантовые ямы, нити и точки.
16	Общая характеристика и особенности газовых лазеров. Требования к материалам и методы накачки. Процессы в газовом разряде.
17	Особенности устройства газоразрядных лазеров. Лазеры на самоограниченных переходах.
18	Атомарные газовые лазеры. Гелий -неоновый лазер. Лазер на парах меди.
19	Ионные газовые лазеры. Аргоновый лазер. Гелий -кадмиевый лазер.
20	Молекулярные CO <sub>2</sub> -лазеры. Газодинамические лазеры. Азотный лазер.
21	Эксимерные лазеры. Химические и фотохимические лазеры.
22	Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам. Требования к активаторам.
23	Рубиновый лазер.

24	Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом.
25	Твердотельные перестраиваемые лазеры.
26	Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Активные материалы. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров.
27	Принцип действия и особенности светодиодов. Эффективность светодиодов.
28	Способы улучшения параметра оптического вывода излучения.
29	Спектр излучения и яркость светодиодов. Конструкция и основные параметры светодиодов. Диаграмма направленности.
30	Светодиоды для волоконно-оптических линий связи.

## **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

**Дисциплина Микрооптика ФЭЛ**

1. Светодиоды для волоконно-оптических линий связи..
2. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига..

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

В.В. Лучинин

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

### 1.1. Текущий контроль включает в себя:

– проведение тестирования студентов по вопросам теста на 9 неделе семестра. В тесте 20 вопросов. Большинство из них предполагают короткие письменные ответы или комментарии.

Тестирование производится в письменной форме индивидуально каждым студентом, по результатам которого выставляется оценка по четырехбалльной системе. За каждый ответ студенту начисляется 0, ½ или 1 балл в зависимости от правильности и полноты ответа, считается общая сумма и отношение к 20-ти. Оценка “отлично” выставляется при отношении 0,7–1, “хорошо” – при 0,45–0,7, “удовлетворительно” – при отношении 0,25–0,45 и “неудовлетворительно” – при отношении менее 0,25.

### 1.2. Вопросы теста, проводимого в рамках лекционных занятий:

- 1) Среди указанных троек векторов

$$a - D, S, k; b - D, H, S; c - E, H, k; d - D, H, k$$

есть одна тройка или более одной тройки, которая (-ые) представляет (-ют) собой ортогональную группу. Для каждой тройки векторов, которая является, на ваш взгляд, ортогональной группой, ответьте на вопрос: представляет ли тройка собой ортогональную группу всегда или только при определенных условиях (тогда укажите при каких)?

- 2) а) Из каких известных соотношений между электрическим и магнитным полями (написать сами эти соотношения или указать, как они называются) при их совместном использовании вытекает другое соотношение –  $\sqrt{\mu_0}H = \sqrt{\epsilon_0}E$ . б) Каков вид аналитического представления полей  $E$  и  $H$ , который при этом используется (написать выражение)?
- 3) Что означает для электромагнитной волны (назвать термин, обозначающий свойство), компоненты которой описываются уравнением

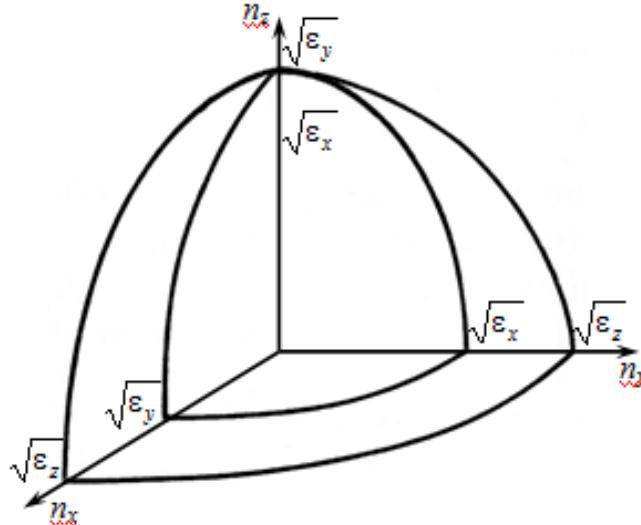
$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2 \frac{\cos\delta}{E_{0x} E_{0y}} E_x E_y = \sin^2 \delta, \text{ если параметр } \delta \text{ не является константой?}$$

- 4) а) Может ли волна не отражаться от границы воздух-стекло? Если да, при каких условиях? б) Может ли волна не отражаться от границы стекло-воздух? Если да, при каких условиях?
- 5) Назовите, от какого (-их) фактора (-ов) зависит, будет ли при отражении от оптической границы “потеря” полуволны?
- 6) Рассмотрите границу раздела изотропных сред. Существуют амплитудные и энергетические коэффициенты отражения и пропускания. а) Чем они отличаются? б) Попробуйте написать соотношения между амплитудными и энергетическими коэффициентами отражения и пропускания.
- 7) Объектив фотоаппарата при взгляде на него извне нередко отливает фиолетовым цветом. а) Как можно объяснить это явление? б) Какую цель предсновали создатели устройства, реализация которой привела к появлению данного эффекта?
- 8) Вещественным, комплексным или мнимым является коэффициент отражения от границы раздела: а) воздух – структура “прозрачный слой на прозрачной подложке”, б) воздух – поглощающая среда, в) воздух – полупрозрачная среда? Ответ коротко пояснить.
- 9) Будет ли интерференция в слое, показатель преломления который отличается от показателя преломления подложки только мнимой частью? Ответ коротко пояснить.
- 10) Взяв за основу рис. 1.16 из п. 1.2.2, нарисуйте в 3D-варианте 1/8 часть поверхности волновых нормалей для анизотропной среды, имеющей одноосную положительную или одноосную отрицательную анизотропию (указать на рисунке знак выбранной вами оптической анизотропии).
- 11) Какую процедуру нужно выполнить (пояснить словами и, если нужно, рисунком) для того, чтобы определить скорости обычновенной и необыкновенной волн в заданном пространственном направлении в анизотропной среде, для которой известно уравнение оптической индикатрисы?
- 12) Напишите для произвольной системы координат второе уравнение системы, описываемой с помощью соотношения  $(n^2\delta_{ij} - n_i n_j - \epsilon_{ij})E_j = 0$ .

- 13) Чем обыкновенная волна отличается от необыкновенной волны? (Пояснить словами.)
- 14) Напишите уравнение Френеля в произвольной изотропной среде.
- 15) Рассмотрите кристалл с двухосной анизотропией. Каким количеством отличных друг от друга а) показателей преломления определяется распространение света в таком кристалле и б) ненулевых компонент характеризуется тензор диэлектрической непроницаемости, представленный в главных осях?
- 16) Чем должны характеризоваться две волны, чтобы в описывающем их взаимодействие выражении не было интерференционного члена? (Пояснить словами.)
- 17) Приведите пример функций, описывающих электромагнитные волны и при этом являющихся парами относительно Фурье-преобразования.
- 18) Какую роль играет отражающее покрытие, наносимое на поверхность интерферометра (эталона) Фабри-Перо?
- 19) Что можно использовать в качестве источника излучения в Фурье-спектрометре: а) лазер, б) светодиод, в) лазерный диод, г) лампочку накаливания, д) раскаленную керамику? Ответ коротко пояснить.
- 20) Напишите условия возникновения главных максимумов (или главных минимумов) при дифракции а) на щели и б) на решетке. Охарактеризуйте все входящие в них величины.

Ответы на вопросы теста.

№ вопроса	Правильный вариант ответа	Требуемый комментарий
1	в г	в изотропной среде в любой среде
2	—	а) выведено из уравнений Максвелла; б) $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 e^{i(\omega t - kz)}$ и $\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 e^{i(\omega t - kz)}$
3	—	эллиптическая поляризация
4	—	а) и б): если волна падает под углом Брюстера
5	—	соотношение между показателем преломления сред, а также соотношение между углом падения и углом Брюстера

6	–	<p>а) Например, для <math>TM</math>-волн амплитудный коэффициент отражения – <math>r_{TM} \equiv \frac{E_{r0}}{E_{i0}}</math>, энергетический коэффициент отражения – <math>R_{TM} \equiv \frac{\langle (S_r)_x \rangle}{\langle (S_i)_x \rangle}</math> – усредненная во времени проекция вектора Пойнтинга). б) При нормальном падении <math>R_{TM} = (r_{TM})^2</math>, а <math>T_{TM} \neq (t_{TM})^2</math>. При падении не под углом <math>90^\circ</math> соотношения отсутствуют.</p>
7	–	<p>а) фиолетовые длины волн отражаются объективом; б) неполное “просветление” оптики из области коротких волн</p>
8		<p>во всех трех случаях – а, б, в – коэффициент отражения комплексный: в случае а – из-за наличия слоя и интерференционных явлений в нем; в случаях б и в – из-за комплексного показателя преломления одной из сред (есть поглощение)</p>
9		<p>да, интерференция будет, так как в выражениях для коэффициента отражения фигурируют показатели преломления, которые в общем случае комплексные; следовательно, они отличаются, если отличается только минимая часть</p>
10		<p>например, для отрицательного кристалла:</p> 
11		<p>определить эллипс – сечение индикатрисы плоскостью перпендикулярной направлению распространения света; полуоси этого эллипса равны по-</p>

		казателям преломления, соответствующим обычной и необыкновенной волнам, которые и определяют скорости распространения
12		$n^2 E_2 - n_2 (n_1 E_1 + n_2 E_2 + n_3 E_3) - (\varepsilon_{21} E_1 + \varepsilon_{22} E_2 + \varepsilon_{23} E_3) = 0$
13		скорость распространения необыкновенной волны зависит от направления, а обычной – нет
14		$x^2 + y^2 + z^2 = n^2$
15		а) двумя показателями преломления; б) тремя ненулевыми компонентами тензора
16		в выражении, описывающем взаимодействие волн нет интерференционного члена, когда отсутствует взаимная когерентность волн
17		$E(t)$ и $E(v)$ , $I(v)$ и $G(\tau)$
18		увеличение коэффициента отражения повышает спектральное разрешение эталона Фабри-Перо
19		г) лампочку накаливания, д) раскаленную керамику – широкоспектральные источники
20		$b \sin \phi = \pm m\lambda$ – условие главных минимумов при дифракции на щели ( $b$ – ширина щели); $d \sin \phi = m\lambda$ – условие главных максимумов при дифракции на решетке ( $d$ – период решетки); во всех случаях $\phi$ – угол падения, $m$ – целое число, $\lambda$ – длина волны)

**Примерные вопросы для контрольной работы в рамках практических занятий:**

- 1) Влияние различных фазовых пластин произвольной ориентации на состояние поляризации.
- 2) Определение доли мощность отклонённого пучка в режиме дифракции Брэгга.
- 3) Определение параметров магнитооптического модулятора.
- 4) Определение условие отсечки направляемой моды световод.
- 5) Определение параметров различных видов дисперсии в световоде.
- 6) Определение потерь на изгиб в световоде.

- 7) Определение коэффициента связи мод для направленного ответвителя.
- 8) Определение коэффициента связи мод для устройства ввода излучения в световод.
- 9) Определение коэффициента связи мод и периодического возмущения световода в условиях связи противонаправленных мод.
- 10) Определение параметров электрооптического модулятора, основанного на связи волноводных мод.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### **6.3 График текущего контроля успеваемости**

<b>Неделя</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Вид контроля</b>
1	Введение	
2	Тема 1. Основные принципы волновой оптики	
3	Тема 2. Оптические световоды	
4		
5		
6		
7		
8		
9		Тест
10	Тема 4. Интегрально-оптические и оптомеханические элементы и устройства	
11	Тема 5. Оптика движущихся тел	
12	Заключение	
13		
14		
15		
16		
17		Контрольная работа

### **6.4 Методика текущего контроля**

#### **на лекционных занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее **80** % занятий);
- выполнение контрольной работы, оценка за которую по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно

«хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично

«удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки

ки; задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный «неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход решения неправильный.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **Критерии оценки теста:**

Тестирование производится в письменной форме индивидуально каждым студентом, по результатам которого выставляется оценка по четырехбалльной системе. За каждый ответ студенту начисляется 0,  $\frac{1}{2}$  или 1 балл в зависимости от правильности и полноты ответа, считается общая сумма и отношение к 20-ти. Оценка “отлично” выставляется при отношении 0,7–1, “хорошо” – при 0,45–0,7, “удовлетворительно” – при отношении 0,25–0,45 и “неудовлетворительно” – при отношении менее 0,25.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## **7 Описание информационных технологий и материально-технической базы**

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>