МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Практические занятия	32	32	часов
2	Всего аудиторных занятий	32	32	часов
3	Самостоятельная работа	40	40	часов
4	Всего (без экзамена)	72	72	часов
5	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е.

Зачет: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 42118

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

старший преподаватель каф. ЭП _____ М. В. Бородин

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Эксперты:

Профессор кафедры электронных приборов (ЭП) _____ Л. Н. Орликов

Доцент кафедры электронных приборов (ЭП) _____ А. И. Аксенов

Согласована на портале № 42118

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

освоение студентами теоретических основ строения таких твердотельных материалов, как фотонные кристаллы, изучение их свойств, процессов и эффектов в них происходящих

1.2. Задачи дисциплины

– изучение основ строения фотонных кристаллов;
– изучение основных характеристик и свойств фотонных кристаллов;
– изучение основных процессов и эффектов, происходящие в фотонных кристаллах;
– применение фотонных кристаллов в современных приборах и устройствах фотоники и оптоинформатики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов» (Б1.В.ОД.1.5) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Материалы нелинейной оптики и динамической голографии, Оптические солитоны, Фоторефрактивная и нелинейная оптика.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты, Преддипломная практика, Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 способностью применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов;
– ПК-8 способностью разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства;
– ПК-9 способностью использовать оптические методы для решения задач распознавания образов и искусственного интеллекта;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** фундаментальные физические закономерности, определяющие свойства кристаллических и некристаллических материалов; методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к фотонным кристаллам; методы математического анализа поставленной задачи исследований в фотонных кристаллах
– **уметь** выполнять оценочные расчеты электрических, механических и тепловых характеристик фотонных кристаллов; моделировать реальные процессы как краевые задачи для уравнений в частных производных применительно к фотонным кристаллам; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов
– **владеть** навыками анализа научно-технической литературы, навыками расчета электрических, механических и тепловых характеристик фотонных кристаллов; методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	32	32
Практические занятия	32	32

Согласована на портале № 42118

Самостоятельная работа (всего)	40	40
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	40	40
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость, ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр				
1 Фотонные кристаллы. Эффекты в фотонных кристаллах	6	8	14	ПК-7, ПК-8, ПК-9
2 Распространение электромагнитного излучения в веществе	8	12	20	ПК-7, ПК-8, ПК-9
3 Распространение электромагнитных волн в периодических средах	8	10	18	ПК-7, ПК-8, ПК-9
4 Нелинейно-оптические явления в фотонных кристаллах	10	10	20	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	32	40	72	
Итого	32	40	72	

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Материалы нелинейной оптики и динамической голографии	+	+	+	
2 Оптические солитоны		+	+	+
3 Фоторефрактивная и нелинейная оптика		+	+	+
Последующие дисциплины				
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты	+	+	+	+
2 Преддипломная практика	+	+	+	+

Согласована на портале № 42118

3 Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики	+	+	+	+

5.3. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий		Формы контроля
	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-7	+	+	Опрос на занятиях, Зачет, Тест
ПК-8	+	+	Опрос на занятиях, Зачет, Тест
ПК-9	+	+	Опрос на занятиях, Зачет, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Фотонные кристаллы. Эффекты в фотонных кристаллах	Периодические слоистые среды. Особенности физических свойств. Эффекты в фотонных кристаллах.	6	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	6	
2 Распространение электромагнитного излучения в веществе	Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Лазерные импульсы. Групповая скорость. Различные типы сред. Оптические свойства кристаллов.	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	8	
3 Распространение электромагнитных волн в периодических средах	Основные особенности взаимодействия с периодическими средами. Распространение оптических волн через периодические структуры. Распространение оптических волн через периодические доменные структуры	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	8	
4 Нелинейно-оптические явления в фотонных кристаллах	Пространственное взаимодействие оптических пучков на фотонных решетках. Активные фотонные структуры. Генерация оптических гармоник. Параметрическое преобразование частоты.	10	ПК-7, ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 42118

	Итого	10	
Итого за семестр		32	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Фотонные кристаллы. Эффекты в фотонных кристаллах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	8		
2 Распространение электромагнитного излучения в веществе	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	12		
3 Распространение электромагнитных волн в периодических средах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	10		
4 Нелинейно-оптические явления в фотонных кристаллах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	10		
Итого за семестр		40		
Итого		40		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Зачет			20	20
Опрос на занятиях	28	28	14	70
Тест			10	10
Итого максимум за пери-	28	28	44	100

Согласована на портале № 42118

од				
Нарастающим итогом	28	56	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Голенищев-Кутузов, А.В. Фотонные и фононные кристаллы [Электронный ресурс] / А.В. Голенищев-Кутузов, В.А. Голенищев-Кутузов, Р.И. Калимуллин. — Электрон. дан. — Москва [Электронный ресурс]: Физматлит, 2010. — 156 с. — ресурс доступен по IP-адресам ТУСУРа - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/48285 (дата обращения: 03.08.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750 (дата обращения: 06.08.2018).

2. Введение в нелинейную оптику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / С. М. Шандаров - 2012. 41 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059 (дата обращения: 03.08.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Когерентная и нелинейная оптика фотонных материалов [Электронный ресурс]: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы / А. Е. Мандель - 2018. 21 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8117 (дата обращения: 03.08.2018).

Согласована на портале № 42118

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh
2. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии: www.elibrary.ru (доступ свободный)
3. Интернет библиотека с доступом к реферативным и полнотекстовым статьям и материалам конференций: www.ieeexplore.ieee.org (бессрочно без подписки)
4. 88 естественно-научных журналов, включая старейший и один из самых авторитетных научных журналов Nature: www.nature.com (доступ свободный)
5. SpringerLink. Более 3 000 журналов Springer 1997 – 2018 гг. Более 80 000 электронных книг Springer 2005 – 2010 гг. и 2011 – 2017 гг., включая монографии, справочники и труды конференций: rd.springer.com (ресурс доступен по IP-адресам ТУСУРа)

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;

Согласована на портале № 42118

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Фотонными кристаллами называют …	макроскопические периодические структуры, состоящие из чередующихся в пространстве пар диэлектрических элементов, отличающихся диэлектрическими постоянными (скоростями электромагнитных волн)
	макроскопические непериодические структуры, состоящие из чередующихся в пространстве пар диэлектрических элементов, отличающихся диэлектрическими постоянными

Согласована на портале № 42118

	(скоростями электромагнитных волн)
	макроскопические периодические структуры, состоящие из движущихся в пространстве электронных сгустков
	макроскопические непериодические структуры, состоящие из чередующихся в пространстве пар положительных и отрицательных ионов

2. Запрещенной зоной фотонного кристалла называют …	спектральную область электромагнитных волн, для которой фотонный кристалл является прозрачным
	спектральную область электромагнитных волн, для которой распространение излучения в фотонном кристалле оказывается невозможным
	спектральную область электромагнитных волн, в которой длина волны в вакууме во много раз превышает характерный пространственный период элементов фотонного кристалла
	спектральную область электромагнитных волн, в которой излучение отражается от фотонного кристалла под углом 90°

3. При падении на плоскую границу раздела двух прозрачных сред плоской световой волны под углом Брюстера …	модуль коэффициента отражения $\lvert R_{\perp}\rvert$ для составляющей вектора поляризации, перпендикулярной плоскости падения, стремится к единице
	модуль коэффициента отражения $\lvert R_{\parallel}\rvert$ для составляющей вектора поляризации в плоскости падения стремится к единице
	модуль коэффициента отражения $\lvert R_{\parallel}\rvert$ для составляющей вектора поляризации в плоскости падения обращается в нуль
	модуль коэффициента отражения $\lvert R_{\perp}\rvert$ для составляющей вектора поляризации, перпендикулярной плоскости падения, обращается в нуль

Согласована на портале № 42118

4. Полное внутреннее отражение плоских световых волн на границе раздела сред с показателями преломления n_1 и n_2 …	наблюдается только для волн, поляризованных нормально к плоскости падения
	наблюдается при их падении из оптически более плотной среды на менее плотную под углом $\theta_i > \arcsin(n_2 / n_1)$
	наблюдается только для волн, поляризованных в плоскости падения
	наблюдается при их падении из оптически менее плотной среды на более плотную под углом $\theta_i > \arcsin(n_2 / n_1)$

5. В прозрачной среде с нормальной дисперсией световой импульс...	расплывается
	сжимается
	увеличивается по амплитуде
	разбивается на несколько импульсов

6. Укажите волновое уравнение для среды с учетом наводимой в ней световыми волнами нелинейной электрической поляризации	$\nabla^2 \mathbf{E} - \mu_0 \frac{\partial^2 (\boldsymbol{\varepsilon} \cdot \mathbf{E})}{\partial t^2} = \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{P}_{nl}}{\partial t^2}$
	$\nabla^2 E - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$
	$\frac{\partial A}{\partial z} - \frac{i}{2k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} = \frac{ik\Delta n_{nl}}{n} A$
	$U'' + \left(\frac{2k^2 \Delta n_{нл}}{n} - 2k\gamma \right) U = 0$

7. Условием проявления оптической нелинейности среды является зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от:	напряженности светового поля
	длины волны света
	поляризации светового излучения
	начальной фазы световой волны

8. Длиной когерентности для генерации второй гармоники называется расстояние взаимодействия, при котором:	мощность данной гармоники увеличивается от нуля до первого максимального значения

Согласована на портале № 42118

	мощность данной гармоники увеличивается линейно
	мощность данной гармоники увеличивается квадратично
	мощность данной гармоники достигает первого минимума

9. Сильное взаимодействие двух волн с волновыми векторами k_1 и k_2, распространяющихся в одном направлении в периодической слоистой структуре с периодом d, возможно при выполнении условия фазового синхронизма:	$k_1 - k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$k_1 + k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$k_1 - k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1, 2, 3, \ldots$
	$k_1 + k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1, 2, 3, \ldots$

10. Сильное взаимодействие двух волн с волновыми векторами k_1 и k_2, распространяющихся в противоположных направлениях в периодической слоистой структуре с периодом d, возможно при выполнении условия фазового синхронизма:	$k_1 - k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$k_1 + k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$k_1 - k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1, 2, 3, \ldots$
	$k_1 + k_2 - m(2\pi/d) = 0$, $m = 1, 2, 3, \ldots$

11. Максимальное пропускание периодической слоистой структурой с периодом d и толщиной L при распространении волны с волновым вектором k_m по нормали к её слоям наблюдается при выполнении условия:	$\lvert k_m \rvert L = (2m+1)\pi/2$, $m = 1, 2, 3, \ldots$
	$\lvert k_m \rvert L = (2m+1)\pi/2$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$\lvert k_m \rvert L = m\pi$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$\lvert k_m \rvert L = m\pi$, $m = 1, 2, 3, \ldots$

12. Максимальное отражение от периодической слоистой структурой с периодом d и толщиной L при распространении волны с волновым вектором k_m по нормали к её слоям наблюдается при выполнении условия:	$\lvert k_m \rvert L = (2m+1)\pi/2$, $m = 1, 2, 3, \ldots$
	$\lvert k_m \rvert L = m\pi$, $m = 1, 2, 3, \ldots$
	$\lvert k_m \rvert L = m\pi$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$
	$\lvert k_m \rvert L = (2m+1)\pi/2$, $m = 1/2, 3/2, 5/2, \ldots$

13. Приложение постоянного однородного электрического поля к периодической доменной структуре приводит к	вследствие различий в статической диэлектрической проницаемости в доменах с противоположными направлениями

Согласована на портале № 42118

периодическим изменениям показателя преломления …	вектора спонтанной поляризации
	вследствие различий в статической магнитной проницаемости в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации
	вследствие различий в знаках линейного электрооптического коэффициента *r* в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации
	вследствие различий в знаках квадратичного электрооптического коэффициента *R* в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации

14. Приложение к периодической доменной структуре в кристалле ниобата лития с доменными стенками, параллельными плоскости *YZ*, постоянного однородного электрического поля вдоль оси *Y*, приводит к возмущениям компонент тензора диэлектрической проницаемости:	$\Delta\varepsilon_{33}$
	$\Delta\varepsilon_{12} = \Delta\varepsilon_{21}$
	$\Delta\varepsilon_{13} = \Delta\varepsilon_{31}$
	$\Delta\varepsilon_{11} = -\Delta\varepsilon_{22}$ и $\Delta\varepsilon_{23} = \Delta\varepsilon_{32}$

15. При распространении вдоль оси *X* в созданной в кристалле ниобата лития периодической доменной структуре с доменными стенками, параллельными плоскости *YZ*, к которой приложено постоянное однородное электрическое поле вдоль оси *Y*, могут взаимодействовать между собой только волны, поляризованные вдоль …	осей *Y* и *Z*
	осей *X* и *Z*
	оси *Y*
	оси *Z*

16. В разложении наведенной электрическим полем световой волны нелинейной поляризации *P* ответственной за генерацию второй оптической гармоники, параметрическое усиление и параметрическую генерацию является …	нелинейная восприимчивость третьего порядка
	нелинейная восприимчивость второго порядка
	линейная восприимчивость
	нелинейная восприимчивость четвертого

Согласована на портале № 42118

	порядка

17. В лазерных активных фотонных структурах на основе ниобата лития используется его дополнительное допирование …	оксидом меди и кремнием
	оксидом магния и кремнием
	оксидом магния и неодимом
	оксидом церия и германием

18. Условие квазисинхронизма для реализации нелинейных эффектов генерации гармоник, параметрического усиления и параметрической генерации вытекает из …	закона сохранения энергии
	формул Френеля для коэффициентов отражения от границ раздела сред
	граничных условий для электрического и магнитного полей
	условия сохранения квазиимпульса

19. Условие квазисинхронизма первого порядка для параметрической генерации световых волн с волновыми числами в среде k_1 и k_2 накачкой с волновым числом k_p на периодической доменной структуре с периодом Λ:	$k_p - k_1 - k_2 - 2\pi/\Lambda = 0$, или $k_p - k_1 - k_2 + 2\pi/\Lambda = 0$
	$k_p + k_1 + k_2 - \pi/\Lambda = 0$, или $k_p + k_1 + k_2 + \pi/\Lambda = 0$
	$k_p - k_1 - k_2 - 4\pi/\Lambda = 0$, или $k_p - k_1 - k_2 + 4\pi/\Lambda = 0$
	$k_p + k_1 + k_2 - 2\pi/\Lambda = 0$, или $k_p + k_1 + k_2 + 2\pi/\Lambda = 0$

20. При генерации второй оптической гармоники:	один фотон на частоте накачки порождает два фотона на частоте второй гармоники
	один фотон на частоте накачки порождает один фотон на частоте второй гармоники
	два фотона на частоте накачки порождают один фотон на частоте второй гармоники
	два фотона на частоте накачки порождают два фотона на частоте второй гармоники

Согласована на портале № 42118

14.1.2. Зачёт

1. Известные разновидности фотонных кристаллов. Периодические слоистые среды.
2. Особенности физических свойств ФК.
3. Эффекты в фотонных кристаллах.
4. Уравнения Максвелла.
5. Волновое уравнение.
6. Лазерные импульсы. Групповая скорость.
7. Оптические свойства кристаллов.
8. Основные особенности взаимодействия с периодическими средами.
9. Распространение оптических волн через периодические структуры.
10. Распространение оптических волн через периодические доменные структуры.
11. Пространственное взаимодействие оптических пучков на фотонных решетках.
12. Активные фотонные структуры.
13. Генерация оптических гармоник.
14. Параметрическое преобразование частоты.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

1. Периодические слоистые среды. Особенности физических свойств. Эффекты в фотонных кристаллах.

2. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Лазерные импульсы. Групповая скорость. Различные типы сред. Оптические свойства кристаллов.

3. Основные особенности взаимодействия с периодическими средами. Распространение оптических волн через периодические структуры. Распространение оптических волн через периодические доменные структуры

4. Пространственное взаимодействие оптических пучков на фотонных решетках. Активные фотонные структуры. Генерация оптических гармоник. Параметрическое преобразование частоты.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;

Согласована на портале № 42118

– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 42118