**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Фотоника наноконструированных материалов и наноплазмоника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 8 | 8 | часов |
| 2 | Практические занятия | 50 | 50 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 58 | 58 | часов |
| 4 | Из них в интерактивной форме | 40 | 40 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 50 | 50 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е |

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21182

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 2 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 30 октября 2014 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

| | | |
|---|---|---|
| зав.каф. ЭП каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

| | | |
|---|---|---|
| Декан ФЭТ | _____ | А. И. Воронин |
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |

Эксперт:

| | | |
|---|---|---|
| председатель методической комиссии каф. ЭП каф. ЭП | _____ | Л. Н. Орликов |

Согласована на портале № 21182

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

сформировать у студентов знания о когерентных нелинейных оптических явлениях в наноконструированных материалах;

сформировать у студентов знания о возбуждении, регистрации и использованиию коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах.

### 1.2. Задачи дисциплины

– изучение основных принципов фотоники наноконструированных материалов и наноплазмоники;

– изучение круга явлений, в которых возбуждение коллективных электронных колебаний приводит к увеличению чувствительности и разрешающей способности оптических методов исследования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Фотоника наноконструированных материалов и нанoплазмоника» (Б1.В.ОД.1.6) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Актуальные проблемы науки и индустрии фотоники и оптоинформатики, История и методология фотоники и оптоинформатики, Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика).

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Научно-исследовательская работа (рассред.).

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 готовностью обосновать актуальность целей и задач проводимых научных исследований;

– 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;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** фундаментальные физические закономерности. определяющие свойства наноконструированных материалов; методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах

– **уметь** выполнять оценочные расчеты характеристик нанконструированных материалов; выполнять оценочные расчеты параметров коллективных электронных возбуждений плазменного типа в наноконструированных композитных материалах

– **владеть** методами анализа параметров коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 58 | 58 |
| Лекции | 8 | 8 |

Согласована на портале № 21182

| | | |
|---|---|---|
| Практические занятия | 50 | 50 |
| Из них в интерактивной форме | 40 | 40 |
| Самостоятельная работа (всего) | 50 | 50 |
| Проработка лекционного материала | 5 | 5 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 45 | 45 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 3.0 |

## 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 | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | | |
| 1 Введение | 1 | 0 | 1 | 2 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| 2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | 2 | 10 | 9 | 21 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| 3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | 2 | 10 | 9 | 21 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| 4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц | 2 | 15 | 15 | 32 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| 5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструируированных композитных материалах в устройствах.фотоники и оптоинформатики | 1 | 15 | 16 | 32 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| Итого за семестр | 8 | 50 | 50 | 108 | |
| Итого | 8 | 50 | 50 | 108 | |

Согласована на портале № 21182

**5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)**

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 Введение | Роль микро и наночастиц в истории цивилизации.Современные методы синтеза плазмонных наночастиц.Галерея наночастиц и наноструктур. | 1 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | Введение в электродинамику металлов: электродинамика проводящих сред, теория Друде-Зоммерфельда оптических свойств металлов, диэлектрическая проницаемость малых частиц, дисперсия в газе свободных электронов и объемные плазмоны. Поверхностные плазмоны: двумерный случай, слоистые среды, одномерные поверхностные плазмоны. | 2 | ПК-1, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | Возбуждение и наблюдение поверхностных плазмонов. Теория плазмонных колебаний в наночастицах; аналогия между спектрами локализованных плазмонов и спектрами атомов и молекул. Оптические свойства сферических частиц. Плазмонные свойства наносфероидов. Оптические свойства трехосного наноэллипсоида. Локализованные плазмоны в многогранных наночастицах. Локализованные плазмоны в кластерах наночастиц | 2 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц | Оптические свойства наночастиц из «необычных» материалов: оптика частице отрицательным показотелем преломления; оптические свойства киральных частиц. Оптические свойства наноотверстий в металлических пленках | 2 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в | Терапия и визуализация опухолей с помощью наночастиц. Биосенсоры на поверхностных плазмонах. Биосенсоры | 1 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |

Согласована на портале № 21182

| | | | |
|---|---|---|---|
| наноконструируированных композитных материалах в устройствах.фотоники и оптоинформатики | на локализованных плазмонах. Спектроскопия отдельных плазмонных наночастиц. Элементная база для волноводной фотоники на плазмонах: пассивные и активные элементы. Приложения на основе влияния наночастиц на излучение атомов и молекул. Супер- и гиперлинзы на основе поверхностных плазмонов и метаматериалов. Покрытия-невидимки на основе плазмонных метаматериалах. | | |
| | Итого | 1 | |
| Итого за семестр | | 8 | |

**5.3. 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 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 Актуальные проблемы науки и индустрии фотоники и оптоинформатики | + | + | | + | + |
| 2 История и методология фотоники и оптоинформатики | + | | | | |
| 3 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика) | | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | |
| 1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты | | + | + | + | + |
| 2 Научно-исследовательская работа (рассред.) | | + | + | + | + |

**5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий**

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| | Виды занятий | Формы контроля |
|---|---|---|

Согласована на портале № 21182

| Компетенции | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | |
|---|---|---|---|---|
| ПК-1 | + | + | + | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |
| ПК-7 | + | + | + | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |
| ПК-8 | + | + | + | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| Презентации с использованием слайдов с обсуждением | | 4 | 4 |
| Работа в команде | 10 | | 10 |
| Решение ситуационных задач | 26 | | 26 |
| Итого за семестр: | 36 | 4 | 40 |
| Итого | 36 | 4 | 40 |

## 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 |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | Макроскопическая электродинамика: волновые уравнения, материальные уравнения, комплексная диэлектрическая проницаемость, монохроматические поля, случай кусочно-неонород- | 10 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |

Согласована на портале № 21182

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ной среды, граничные условия, закон сохранения энергии, диадная функция Грина, эванесцентные поля. Теория Друде-Зоммерфельда. Объемные плазмоны. Плазмоны на плоской границе раздела «металл - диэлектрик». Поверхностные плазмоны в слоистых средах. Плазмоны в металлических проволоках круглого сечения | | |
| | Итого | 10 | |
| 3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | Возбуждение поверхностных плазмонов при нарушенном полном внутреннем отражении, на поверхностной дифракционной решетке и нанолокализованными источниками света. Наблюдение поверхностных плазмонов. Решение уравнений Максвелла для наночастиц «е- методом». Аналогия между спектрами локализованных плазмонов и спектрами атомов и молекул. Оптические резонансы в сферических частицах. Оптические свойства сферической частицы. Плазмонные резонансы в сфероидах. Оптические свойства сфероидов. Плазмонные моды и резонансы в трехосном наноэллипсоиде. Плазмоны в кластере из двух одинаковых наносфер. Возбуждение плазмонных резонансов в кластерах наночастиц. | 10 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| | Итого | 10 | |
| 4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц | Электродинамика сред с отрицательным показателем преломления. Оптика частиц с отрицательным показателем преломления. Экспериментальная реализация сред с отрицательным показателем преломления. Материальные уравнения для киральных сред. Волны в бесконечной однородной киральной среде. Сферические волны в киральных средах. Теория дифракции Бете-Боукампа. Локализованные плазмоны в наноотверстии. Экстраординарное прохождение света через решетки из наноотверстий | 15 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |
| | Итого | 15 | |
| 5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструирированных композитных материалах в устройствах.фотоники и | Терапия и визуализация опухолей с помощью золотых наночастиц одностенных нанотрубок и ферромагнитных наночастиц Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах Пассивные элементы для оптических инте- | 15 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 |

Согласована на портале № 21182

| | | | |
|---|---|---|---|
| оптоинформатики | гральных схем на плазмонах. Активные (динамические) элементы плазмоники для оптических и интегральных схем. Формирование изображений наноструктур с использованием супер- и гиперлинз на основе поверхностных плазмонов и метаматериалов | | |
| | Итого | 15 | |
| Итого за семестр | | 50 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 14 | ПК-1, ПК-7, ПК-8 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 5 Перспективы применения | Подготовка к практическим занятиям, семина- | 15 | ПК-1, ПК-7, | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, |

Согласована на портале № 21182

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструируированных композитных материалах в устройствах.фотоники и оптоинформатики | рам | | ПК-8 | Отчет по практическому занятию |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 16 | | |
| Итого за семестр | | 50 | | |
| Итого | | 50 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| Конспект самоподготовки | 8 | 8 | 8 | 24 |
| Опрос на занятиях | 15 | 15 | 15 | 45 |
| Отчет по практическому занятию | 10 | 10 | 11 | 31 |
| Итого максимум за период | 33 | 33 | 34 | 100 |
| Нарастающим итогом | 33 | 66 | 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) |

Согласована на портале № 21182

| | | |
|---|---|---|
| 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. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2011.— 528 е.: [Электронный ресурс]. - https://e.lanbook.com/book/684#book_name

### 12.2. Дополнительная литература

1. Основы физической и квантовой оптики: учебное пособие для вузов. - Томск.: ТУСУР, 2005. - 258 с. ISBN 5-86889-228- (наличие в библиотеке ТУСУР - 26 экз.)

2. Введение в оптическую физику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 127 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2196, дата обращения: 01.06.2017.

3. Теоретическая физика : учебное пособие для вузов: В 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М. : Физматлит, 2005 - . - ISBN 5-9221-0053-X. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. : Л. П. Питаевский. - 4-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2005. - 651[5] с. : ил. - Предм. указ.: с. 646-651. - ISBN 5-9221-0123-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

4. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588[4] с. : ил. - (Мир электроники ; VII - 04). - ISBN 5-94836-031-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

5. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059, дата обращения: 01.06.2017.

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы физической и квантовой оптики: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210401.65 / Шандаров В. М. - 2013. 57 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2888, дата обращения: 01.06.2017.

2. Физические основы квантовой электроники и фотоники: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Шандаров С. М. - 2012. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1700, дата обращения: 01.06.2017.

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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.

Согласована на портале № 21182

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория 515, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 5 этаж, Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **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 удаленного просмотра.

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

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, пере-

Согласована на портале № 21182

чень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | 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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 21182

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Фотоника наноконструированных материалов и наноплазмоника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **2**
Семестр: **3**

Учебный план набора 2015 года

Разработчик:
- зав.каф. ЭП каф. ЭП С. М. Шандаров

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21182

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК-8 | способностью разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства | Должен знать фундаментальные физические закономерности. определяющие свойства наноконструированных материалов; методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах;<br>Должен уметь выполнять оценочные расчеты характеристик нанконструированных материалов; выполнять оценочные расчеты параметров коллективных электронных возбуждений плазменного типа в наноконструированных композитных материалах;<br>Должен владеть методами анализа параметров коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах.; |
| 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-1 | готовностью обосновать актуальность целей и задач проводимых научных исследований | |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Согласована на портале № 21182

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-8

ПК-8: способностью разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | элементную базу фотоники, системы, методы материалы и технологии интегральной, волоконной и градиентной оптики, устройства на основе когерентной оптики и голографии | разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства | навыками разработки фотонных устройств на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Конспект самоподготовки;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | • Конспект самоподготовки;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | • Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • основные параметры фотонных устройств, представляет основные способы контроля параметров устройств, обосновывает выбор метода контроля и обработки данных; | • проводить компьютерное математическое моделирования и оптимизацию объектов фотоники и оптоинформатики; осуществлять наладку, постройку и опытную проверку отдельных видов фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях и на объектах ; | • Опытом профессиональной эксплуатации современного оборудования и фотонных приборов; |
| Хорошо (базовый | • имеет представление | • осуществлять налад- | • Навыками измерения, |

Согласована на портале № 21182

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | об основных параметрах фотонных устройств, имеет представление об основных способах контроля параметров устройств ; | ку, постройку и опытную проверку отдельных видов фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях и на объектах ; | анализа исследуемых характеристик приборов фотоники. Самостоятельно работает на исследовательских установках.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • дает определения основных параметров фотонных устройств, имеет самые общие представление о методиках разработки фотонных устройств ; | • осуществлять наладку, постройку и опытную проверку отдельных видов устройств фотоники; | • Навыками эксплуатации типовых приборов и устройств фотоники; |

**2.2 Компетенция ПК-7**

ПК-7: способностью применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | Современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов, этапы роектирования технологических процессов производства материалов нелинейной оптики и динамической голографии | применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов | методиками экспериментального исследования свойств оптических материалов, приемами и алгоритмами решения задач; - навыками работы с реальными исследовательскими приборами, в том числе и экспериментальными приборами. |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Конспект самоподготовки;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | • Конспект самоподготовки;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | • Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; |

Согласована на портале № 21182

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов ; | • применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов; | • современными методиками исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методиками прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, ; | • применять методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров фотонных кристаллов ; | • современными методиками исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов,; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Типовые методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов; | • Эксплуатировать типовое оборудование для исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов ; | • методиками экспериментального исследования свойств фотонных кристаллов ; |

**2.3 Компетенция ПК-1**

ПК-1: готовностью обосновать актуальность целей и задач проводимых научных исследований.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | Знает цели и задачи научных исследований в области фотоники и оптоинформатики | обосновать актуальность целей и задач проводимых научных исследований | Владеет навыками оформления отчетов и статей на базе современных требований; разработки технических заданий в области фотоники |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые | • Конспект самоподго- | • Конспект самоподго- | • Отчет по практиче- |

Согласована на портале № 21182

| | | | |
|---|---|---|---|
| средства оценивания | товки;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | товки;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | скому занятию;<br>• Зачет; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • обосновывает актуальность целей и задач проводимых научных исследований. Знает ответы на вопросы, моделирует процессы, использует прикладные пакеты программ решения профессиональных задач ; | • обосновывает актуальность целей и задач. Умеет проектировать и моделировать оптические схемы; | • Владеет творческими способностями при математическом моделировании процессов ; |
| Хорошо (базовый уровень) | • обосновывает актуальность целей и задач проводимых научных исследований. Знает ответы на вопросы, моделирует процессы,; | • Умеет решать профессиональные задачи фотоники; | • Владеет методами систематизации информации; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • в основном обосновывает актуальность целей и задач проводимых научных исследований. ; | • в основном справляется с профессиональными задачами фотоники; | • Владеет методами копирования информации ; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Вопросы на самоподготовку

- .Современные методы синтеза плазмонных наночастиц
- теория Друде-Зоммерфельда оптических свойств металлов
- , дисперсия в газе свободных электронов и объемные плазмоны
- одномерные поверхностные плазмоны
- Теория плазмонных колебаний в наночастицах
- Плазмонные свойства наносфероидов
- Оптические свойства трехосного наноэллипсоида
- Локализованные плазмоны в кластерах наночастиц
- оптика частиц отрицательным показателем преломления;
- Оптические свойства наноотверстий в металлических пленках
- Биосенсоры на поверхностных плазмонах
- . Элементная база для волноводной фотоники на плазмонах: пассивные и активные элементы
- гиперлинзы на основе поверхностных плазмонов и метаматериалов

Согласована на портале № 21182

– Покрытия-невидимки на основе плазмонных метаматериалов.

### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Роль микро и наночастиц в истории цивилизации.

– Современные методы синтеза плазмонных наночастиц.

– Галерея наночастиц и наноструктур.

– Введение в электродинамику металлов: электродинамика проводящих сред, теория Друде-Зоммерфельда оптических свойств металлов, диэлектрическая проницаемость малых частиц, дисперсия в газе свободных электронов и объемные плазмоны. Поверхностные плазмоны: двумерный случай, слоистые среды, одномерные поверхностные плазмоны.

– Возбуждение и наблюдение поверхностных плазмонов. Теория плазмонных колебаний в наночастицах; аналогия между спектрами локализованных плазмонов и спектрами атомов и молекул. Оптические свойства сферических частиц. Плазмонные свойства наносфероидов. Оптические свойства трехосного наноэллипсоида. Локализованные плазмоны в многогранных наночастицах. Локализованные плазмоны в кластерах наночастиц

– Оптические свойства наночастиц из «необычных» материалов: оптика частице отрицательным показотелем преломления; оптические свойства киральных частиц. Оптические свойства наноотверстий в металлических пленках

– Терапия и визуализация опухолей с помощью наночастиц. Биосенсоры на поверхностных плазмонах. Биосенсоры на локализованных плазмонах. Спектроскопия отдельных плазмонных наночастиц. Элементная база для волноводной фотоники на плазмонах: пассивные и активные элементы. Приложения на основе влияния наночастиц на излучение атомов и молекул. Супер- и гиперлинзы на основе поверхностных плазмонов и метаматериалов. Покрытия-невидимки на основе плазмонных метаматериалах.

### 3.3 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Макроскопическая электродинамика: волновые уравнения, материальные уравнения, комплексная диэлектрическая проницаемость, монохроматические поля, случай кусочно-неоднородной среды, граничные условия, закон сохранения энергии, диадная функция Грина, эванесцентные поля. Теория Друде-Зоммерфельда. Объемные плазмоны. Плазмоны на плоской границе раздела «металл - диэлектрик». Поверхностные плазмоны в слоистых средах. Плазмоны в металлических проволоках круглого сечения

– Возбуждение поверхностных плазмонов при нарушенном полном внутреннем отражении, на поверхностной дифракционной решетке и нанолокализованными источниками света. Наблюдение поверхностных плазмонов. Решение уравнений Максвелла для наночастиц «е- методом». Аналогия между спектрами локализованных плазмонов и спектрами атомов и молекул. Оптические резонансы в сферических частицах. Оптические свойства сферической частицы. Плазмонные резонансы в сфероидах. Оптические свойства сфероидов. Плазмонные моды и резонансы в трехосном наноэллипсоиде. Плазмоны в кластере из двух одинаковых наносфер. Возбуждение плазмонных резонансов в кластерах наночастиц.

– Электродинамика сред с отрицательным показателем преломления. Оптика частиц с отрицательным показателем преломления. Экспериментальная реализация сред с отрицательным показателем преломления. Материальные уравнения для киральных сред. Волны в бесконечной однородной киральной среде. Сферические волны в киральных средах. Теория дифракции Бете-Боукампа. Локализованные плазмоны в наноотверстии. Экстраординарное прохождение света через решетки из наноотверстий

– Терапия и визуализация опухолей с помощью золотых наночастиц одностенных нанотрубок и ферромагнитных наночастиц Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах Пассивные элементы для оптических интегральных схем на плазмонах. Активные (динамические) элементы плазмоники для оптических и интегральных схем. Формирование изображений наноструктур с использованием супер- и гиперлинз на основе поверхностных плазмонов и метаматериалов

### 3.4 Зачёт

– Современные методы синтеза плазмонных наночастиц

Согласована на портале № 21182

- теория Друде-Зоммерфельда оптических свойств металлов
- дисперсия в газе свободных электронов и объемные плазмоны
- одномерные поверхностные плазмоны
- Теория плазмонных колебаний в наночастицах
- Плазмонные свойства наносфероидов
- Оптические свойства трехосного наноэллипсоида
- диадная функция Грина,
- эванесцентные поля.
- Теория Друде-Зоммерфельда
- Объемные плазмоны.
- Плазмоны на плоской границе раздела «металл - диэлектрик.
- Решение уравнений Максвелла для наночастиц «е- методом»
- Материальные уравнения для киральных сред
- Теория дифракции Бете-Боукампа.
- Пассивные элементы для оптических интегральных схем на плазмонах.
- Активные (динамические) элементы плазмоники

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2011.— 528 е.: [Электронный ресурс]. - https://e.lanbook.com/book/684#book_name

### 4.2. Дополнительная литература

1. Основы физической и квантовой оптики: учебное пособие для вузов. - Томск.: ТУСУР, 2005. - 258 с. ISBN 5-86889-228- (наличие в библиотеке ТУСУР - 26 экз.)
2. Введение в оптическую физику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 127 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2196, свободный.
3. Теоретическая физика : учебное пособие для вузов: В 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М. : Физматлит, 2005 - . - ISBN 5-9221-0053-X. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. : Л. П. Питаевский. - 4-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2005. - 651[5] с. : ил. - Предм. указ.: с. 646-651. - ISBN 5-9221-0123-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
4. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588[4] с. : ил. - (Мир электроники ; VII - 04). - ISBN 5-94836-031-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)
5. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059, свободный.

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы физической и квантовой оптики: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210401.65 / Шандаров В. М. - 2013. 57 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2888, свободный.
2. Физические основы квантовой электроники и фотоники: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Шандаров С. М. - 2012. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1700, свободный.

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

Согласована на портале № 21182