

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

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

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

## 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

## 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 использованию 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 наноплазмоника» (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 наноконструированных материалов; выполнять оценочные расчеты параметров коллективных электронных возбуждений плазмонного 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

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 наноконструированных 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	

## 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 показателем преломления; оптические свойства киральных частиц. Оптические свойства нанотверстий 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

наноконструированных 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 метаматериалов.		
	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 (рас-сред.)		+	+	+	+

### 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
--	--------------	----------------

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

	<p>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</p>		
	Итого	10	
3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах	<p>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.</p>	10	ПК-1, ПК-7, ПК-8
	Итого	10	
4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц	<p>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</p>	15	ПК-1, ПК-7, ПК-8
	Итого	15	
5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах в устройствах фотоники и	<p>Терапия и визуализация опухолей с помощью золотых наночастиц одностенных нанотрубок и ферромагнитных наночастиц Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах Пассивные элементы для оптических инте-</p>	15	ПК-1, ПК-7, ПК-8



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, семинарам	15	ПК-1, ПК-7,	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях,

коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных 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)

4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	В (очень хорошо)
	75 - 84	С (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	Е (посредственно)
	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 с.: [Электронный ресурс]. - [https://e.lanbook.com/book/684#book\\_name](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-Х. 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.

## **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-

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.

**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

## 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;
ПК-7	способностью применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов	Должен уметь выполнять оценочные расчеты характеристик наноконструированных материалов; выполнять оценочные расчеты параметров коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах;
ПК-1	готовностью обосновать актуальность целей и задач проводимых научных исследований	Должен владеть методами анализа параметров коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноконструированных композитных материалах.;

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

## 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>

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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основные параметры фотонных устройств, представляет основные способы контроля параметров устройств, обосновывает выбор метода контроля и обработки данных;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить компьютерное математическое моделирование и оптимизацию объектов фотоники и оптоинформатики; осуществлять наладку, постройку и опытную проверку отдельных видов фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях и на объектах ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Опыт профессиональной эксплуатации современного оборудования и фотонных приборов;</li> </ul>
Хорошо (базовый)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• имеет представление</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• осуществлять налад-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Навыками измерения,</li> </ul>



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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дает определения основных параметров фотонных устройств, имеет самые общие представление о методиках разработки фотонных устройств ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• осуществлять наладку, постройку и опытную проверку отдельных видов устройств фотоники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Навыками эксплуатации типовых приборов и устройств фотоники;</li> </ul>

## 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 проектирования 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по практическому занятию;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>

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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>современными методиками исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методиками прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>применять методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров фотонных кристаллов ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>современными методиками исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов,;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Типовые методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Эксплуатировать типовое оборудование для исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>методиками экспериментального исследования свойств фотонных кристаллов ;</li> </ul>

### 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые	<ul style="list-style-type: none"> <li>Конспект самоподго-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Конспект самоподго-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Отчет по практиче-</li> </ul>

средства оценивания	товки; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	товки; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	скому занятию; • 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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обосновывает актуальность целей и задач проводимых научных исследований. Знает ответы на вопросы, моделирует процессы, использует прикладные пакеты программ решения профессиональных задач ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обосновывает актуальность целей и задач. Умеет проектировать и моделировать оптические схемы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет творческими способностями при математическом моделировании процессов ;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обосновывает актуальность целей и задач проводимых научных исследований. Знает ответы на вопросы, моделирует процессы,;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет решать профессиональные задачи фотоники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет методами систематизации информации;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• в основном обосновывает актуальность целей и задач проводимых научных исследований. ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• в основном справляется с профессиональными задачами фотоники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет методами копирования информации ;</li> </ul>

### 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

- 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 показателем 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 метаматериалов.

### **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 «e- 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 одномерной 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

- 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 формирования 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](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