**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

# Взаимодействие оптического излучения с веществом

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 12 | 12 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 8 | 8 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 36 | 36 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 20 | 20 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 72 | 72 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 72 | 72 | часов |
| | | 2.0 | 2.0 | З.Е |

Зачет: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 17264

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) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

ст. преподаватель каф. ЭП _____ В. В. Щербина

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

Эксперты:

председатель методической комиссии кафедры ЭП, профессор каф. ЭП кафедра ЭП _____ Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 17264

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов представлений о взаимодействии интенсивного излучения с веществом - важнейшем научном разделе оптической физики.

### 1.2. Задачи дисциплины

– дать студентам современные специальные знания с учетом последних научных достижений в области лазерных воздействий на вещество, включая механизмы поглощения света и передачи энергии;

– изучить закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;

– дать представления об оптическом пробое прозрачных сред.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Взаимодействие оптического излучения с веществом» (Б1.В.ДВ.10.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Квантовая и оптическая электроника, Когерентная оптика и голография, Научно-исследовательская работа, Оптические методы обработки информации, Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред; знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к процессам взаимодействия оптического излучения с веществом; знать методы математического анализа поставленной задачи исследований в процессах взаимодействия оптического излучения с веществом;

– **уметь** строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов;

– **владеть** современными подходами и методикам построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 8 семестр |

Согласована на портале № 17264

| | | |
|---|---|---|
| Аудиторные занятия (всего) | 36 | 36 |
| Лекции | 12 | 12 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 8 | 8 |
| Из них в интерактивной форме | 20 | 20 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | 8 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 18 | 18 |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |
| Общая трудоемкость ч | 72 | 72 |
| Зачетные Единицы | 2.0 | 2.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | 1 | 2 | 0 | 4 | 7 | ПК-1, ПК-2 |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | 1 | 2 | 0 | 2 | 5 | ПК-1 |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | 1 | 2 | 0 | 2 | 5 | ПК-1, ПК-2 |
| 4 Взаимодействие света с границей раздела сред | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ПК-2 |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | 2 | 6 | 2 | 12 | 22 | ПК-1, ПК-2 |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | 1 | 2 | 2 | 6 | 11 | ПК-1, ПК-2 |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | 1 | 0 | 2 | 2 | 5 | ПК-2 |
| 8 Тепловое действие оптического излучения на вещество | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПК-1, ПК-2 |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | 2 | 2 | 2 | 4 | 10 | ПК-1, ПК-2 |

Согласована на портале № 17264

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Итого за семестр | 12 | 16 | 8 | 36 | 72 | |
| Итого | 12 | 16 | 8 | 36 | 72 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Модели нелинейной поляризации. Временная и пространственная дисперсии | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | Электронная теория дисперсии Лоренца. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Эллипсоид показателей преломления. Формулы Френеля. Двойное лучепреломление света на границе с анизотропной средой. Наведенная анизотропия: электро- и магнитооптические эффекты | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 4 Взаимодействие света с границей раздела сред | Отражение и преломление света на границе раздела сред. Формулы Френеля. Эффект Брюстера. Отражение света от поверхности металла. | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Симметрия кристаллов. Квадратично- и кубично нелинейные кристаллы. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения | 1 | ПК-2, ПК-1 |

Согласована на портале № 17264

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Симметрия кристаллов. Квадратично- и кубично нелинейные кристаллы. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения | 1 | |
| | Итого | 2 | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Интегралы движения для генерации второй гармоники. Аналитические решения системы укороченных уравнений. Эффективность преобразования во вторую гармонику. Приближения заданной интенсивности и заданного поля | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | Генерация суммарной частоты. Повышение частоты вверх (анконверсия). Генерация разностной частоты в терагерцовый диапазон. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Самофокусировка света. | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 8 Тепловое действие оптического излучения на вещество | Оптический нагрев поглощающей среды. Импульсный нагрев поверхности металла лазерным излучением. Лазерный отжиг полупроводников. Физические принципы лазерного термоядерного синтеза. | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Сверхсильные световые поля. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах. Перспективы исследований взаимодействия фемтосекундных импульсов с веществом. | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 12 | |

**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 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | |
| 1 Квантовая и оптическая электроника | + | | | | | | | | | |

Согласована на портале № 17264

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 Когерентная оптика и голография | | | | + | | | | | | |
| 3 Научно-исследовательская работа | | | | | + | | | | | + |
| 4 Оптические методы обработки информации | | | | | + | | | | | + |
| 5 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности | | | | | | | | + | | |

**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

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии |
| ПК-2 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |

**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 |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением | | 10 | 10 |
| Мозговой штурм | 10 | | 10 |
| Итого за семестр: | 10 | 10 | 20 |
| Итого | 10 | 10 | 20 |

Согласована на портале № 17264

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Моделирование распространения световых пучков в оптически неоднородных средах | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 8 | |

## 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 |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Модели нелинейной поляризации. Временная и пространственная дисперсии | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | Электронная теория дисперсии Лоренца. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 17264

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Распространение света в анизотропной среде | Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Эллипсоид показателей преломления. Формулы Френеля. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения | 2 | ПК-2 |
| | Интегралы движения для генерации второй гармоники. Аналитические решения системы укороченных уравнений. Эффективность преобразования во вторую гармонику. | 2 | |
| | Оптический нагрев поглощающей среды. Импульсный нагрев поверхности металла лазерным излучением. | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Генерация разностной частоты в терагерцовый диапазон. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Сверхсильные световые поля. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1, ПК-2 | Домашнее задание, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Домашнее задание |

Согласована на портале № 17264

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Итого | 2 | | |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Домашнее задание |
| | Итого | 2 | | |
| 4 Взаимодействие света с границей раздела сред | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-2 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-2, ПК-1 | Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-2, ПК-1 | Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | ПК-2 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 2 | | |
| 8 Тепловое действие оптического излучения на вещество | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1, ПК-2 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-2 | Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| Итого | | 36 | | |

Согласована на портале № 17264

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Домашнее задание | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Конспект самоподготовки | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Опрос на занятиях | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Отчет по лабораторной работе | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Итого максимум за период | 32 | 34 | 34 | 100 |
| Нарастающим итогом | 32 | 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 | 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) |

Согласована на портале № 17264

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Оптика : Учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. - М. : Физматлит, 2006. - 848 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Взаимодействие оптического излучения с веществом: учебное пособие / П. П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2007. - 151 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 89 экз.)
2. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. - М.: Мир, 1987. – 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
3. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989. – 557 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1349, дата обращения: 16.03.2017.
2. Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью : Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1351, дата обращения: 16.03.2017.
3. Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1352, дата обращения: 16.03.2017.
4. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания по самостоятельной работе / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1348, дата обращения: 16.03.2017.
5. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления 210100.62 – "Электроника и наноэлектроника" / Щербина В. В., Шандаров С. М. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4089, дата обращения: 16.03.2017.

#### 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 по-

Согласована на портале № 17264

садочных 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, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

**13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ**

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, ауд. 111.

**13.1.4. 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. 111. 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, перечень 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 | Собеседование по вопросам к зачету, | Преимущественно устная проверка |

Согласована на портале № 17264

| | | |
|---|---|---|
| зрения | опрос по терминам | (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 № 17264

**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

## Взаимодействие оптического излучения с веществом

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- ст. преподаватель каф. ЭП В. В. Щербина

Зачет: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 17264

## 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-1 | способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | Должен знать механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред; знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к процессам взаимодействия оптического излучения с веществом; знать методы математического анализа поставленной задачи исследований в процессах взаимодействия оптического излучения с веществом;;<br>Должен уметь строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов;;<br>Должен владеть современными подходами и методикам построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования.; |
| ПК-2 | способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | |

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 | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 17264

| критерии | | | |
|---|---|---|---|
| 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-1

ПК-1: способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

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 | механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред | строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники. | современными подходами и методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники. |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые | • Отчет по лаборатор- | • Отчет по лаборатор- | • Отчет по лаборатор- |

Согласована на портале № 17264

| | | | |
|---|---|---|---|
| средства оценивания | ной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Зачет; | ной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Зачет; | ной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<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) | • Обладает фактическими и теоретическими знаниями о механизмах поглощения света и передачи энергии;<br>• обладает фактическими и теоретическими знаниями о закономерностях нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;;<br>• обладает фактическими и теоретическими знаниями о механизмах оптического пробоя прозрачных сред.; | • строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники.; | • современными подходами и методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники;; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Знает принципы,процессы, общие понятия о механизмах поглощения света и передачи энергии;<br>• знает принципы,процессы, общие понятия о закономерностях нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;;<br>• знает принципы,процессы, общие понятия о механизмах оптического пробоя прозрачных сред.; | • строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для исследований;; | • современными подходами и методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом;; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Обладает базовыми общими знаниями о механизмах поглощения света и передачи энергии;<br>• Обладает базовыми общими знаниями о за- | • строить математические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом; | • методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом;; |

Согласована на портале № 17264

| | | | |
|---|---|---|---|
| | кономерностях нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;; | | |

**2.2 Компетенция ПК-2**

ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

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 | методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к процессам взаимодействия оптического излучения с веществом; знать методы математического анализа поставленной задачи исследований в процессах взаимодействия оптического излучения с веществом | моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов | методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования. |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Зачет; |

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) | • знать методы математического моделирова- | • уметь моделировать различные процессы | • свободно и творчески решать уравнения в |

Согласована на портале № 17264

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ния, обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;;<br>• знать методы математического анализа поставленной задачи исследований при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; ; | взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных;;<br>• уметь писать макросы и осуществлять взаимосвязь файлов для самостоятельно разработанных программных продуктов; ; | частных производных для теоретических и практических задач с широким использованием стандартных и продвинутых компьютерных технологий;;<br>• свободно и уверенно владеть стандартными и продвинутыми программными пакетами автоматизированного проектирования;; |
| Хорошо (базовый уровень) | • знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;;<br>• знать методы математического анализа поставленной задачи исследований при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;; | • уметь моделировать типовые процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных;;<br>• уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов; ; | • владеть методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием стандартных компьютерных технологий;;<br>• уверенно владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования ;; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными;;<br>• знать методы математического анализа поставленной задачи исследований при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;; | • уметь моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом, представленные как краевые задачи для уравнений в частных производных.; | • под наблюдением владеть методами решения уравнений в частных производных для практических задач с использованием компьютерных технологий;;<br>• владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования ;; |

## 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

– Временная и пространственная дисперсии Распространение светового импульса в дис-

Согласована на портале № 17264

пергирующей среде. Рассеяние света Наведенная анизотропия: электро- и магнитооптические эффекты Отражение света от поверхности металла. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения Приближения заданной интенсивности и заданного поля Самофокусировка света. Физические принципы лазерного термоядерного синтеза. Сверхсильные световые поля.

### 3.2 Темы домашних заданий

– Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Приближения заданной интенсивности и заданного поля Генерация суммарной частоты. Повышение частоты вверх (анконверсия). Параметрическое усиление. Сверхсильные световые поля. Симметрия кристаллов.

### 3.3 Темы опросов на занятиях

– Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Формулы Френеля. Двойное лучепреломление света на границе с анизотропной средой. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Генерация суммарной частоты. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Оптический нагрев поглощающей среды. Квадратично- и кубично нелинейные кристаллы.

### 3.4 Темы докладов

– Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Наведенная анизотропия: электро- и магнитооптические эффекты Отражение и преломление света на границе раздела сред. Оптический нагрев поглощающей среды. Лазерный отжиг полупроводников. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах. Перспективы исследований взаимодействия фемтосекундных импульсов с веществом.

### 3.5 Темы лабораторных работ

– Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света

– Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью

– Моделирование распространения световых пучков в оптически неоднородных средах

– Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах

### 3.6 Зачёт

– Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Отражение и преломление света на границе раздела сред. Формулы Френеля. Эффект Брюстера. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Генерация суммарной частоты. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Физические принципы лазерного термоядерного синтеза.

## 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. Оптика : Учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. - М. : Физматлит, 2006. - 848 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

### 4.2. Дополнительная литература

1. Взаимодействие оптического излучения с веществом: учебное пособие / П. П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2007. - 151 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 89 экз.)

2. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. - М.: Мир, 1987. – 616 с. (наличие в

Согласована на портале № 17264

библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

3. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989. – 557 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1349, свободный.

2. Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью : Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1351, свободный.

3. Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1352, свободный.

4. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания по самостоятельной работе / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1348, свободный.

5. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления 210100.62 – "Электроника и наноэлектроника" / Щербина В. В., Шандаров С. М. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4089, свободный.

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

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

Согласована на портале № 17264