**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ВРЕМЕННЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СОЛИТОНЫ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Практические занятия | 54 | 54 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 12 | 12 | часов |
| Самостоятельная работа | 90 | 90 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 180 | 180 | часов |
| | 5 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 1 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 80267

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка студентов в области физики нелинейно-оптических эффектов, принципов построения и технологии нелинейно-оптических элементов и приборов на основе эффектов оптических солитонов.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных законов и соотношений волновой оптики и оптики ограниченных световых пучков.
2. Изучение основных понятий, законов и соотношений оптики диэлектрических волноводов.
3. Изучение базовых положений нелинейной оптики, эффектов самовоздействия световых полей в материальных средах и волноводно-оптических структурах, возможных приложений данных эффектов в оптоэлектронике и фотонике.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.01.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 80267

| | | |
|---|---|---|
| ПК-1. Способен к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи | ПК-1.1. Знает численные методы моделирования приборов квантовой электроники и фотоники | Знает базовые закономерности и соотношения, описывающие распространение и взаимодействие электромагнитных волн в различных условиях, в том числе в основных элементах фотоники. |
| | ПК-1.2. Умеет определять параметры разрабатываемого оптикоэлектронного прибора | Умеет подбирать средства проведения измерений, контроля и диагностики с учётом особенностей исследуемого узла и возможных диапазонов изменения параметров. |
| | ПК-1.3. Владеет навыками проектирования приборов квантовой электроники и фотоники | Владеет способностью использовать базовые закономерности и соотношения, описывающие распространение и взаимодействие электромагнитных волн в различных условиях, а также математический аппарат фотоники для анализа, описания и проектирования приборов и устройств фотоники. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 1 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 54 | 54 |
| Практические занятия | 54 | 54 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 90 | 90 |
| Подготовка к тестированию | 24 | 24 |
| Выполнение практического задания | 66 | 66 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 5 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |
| 1 Введение | 8 | 6 | 14 | ПК-1 |

Согласована на портале № 80267

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Механизмы нелинейно-оптического отклика диэлектрических сред, нелинейное волновое уравнение, пространственные оптические солитоны | 16 | 20 | 36 | ПК-1 |
| 3 Оптические солитоны в волоконных световодах | - | 8 | 8 | ПК-1 |
| 4 Фоторефрактивные пространственные солитоны | 8 | 24 | 32 | ПК-1 |
| 5 Вихревые и векторные пространственные солитоны | 4 | 10 | 14 | ПК-1 |
| 6 Периодические волноводные структуры и дискретные пространственные солитоны | 18 | 22 | 40 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 54 | 90 | 144 | |
| Итого | 54 | 90 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 1 Введение | История вопроса; оптические волноводы. | - | ПК-1 |
| | Итого | - | |
| 2 Механизмы нелинейно-оптического отклика диэлектрических сред, нелинейное волновое уравнение, пространственные оптические солитоны | Гармонические плоские волны. Нелинейно-оптический отклик среды. Солитонные решения волнового уравнения. | - | ПК-1 |
| | Итого | - | |
| 3 Оптические солитоны в волоконных световодах | Дисперсия оптических волокон. Распространение волновых пакетов. Солитонные состояния. | - | ПК-1 |
| | Итого | - | |
| 4 Фоторефрактивные пространственные солитоны | Механизмы локального фоторефрактивного отклика. Варианты солитонных режимов. | - | ПК-1 |
| | Итого | - | |
| 5 Вихревые и векторные пространственные солитоны | Гауссовые световые пучки. Вихревые и векторные солитоны. | - | ПК-1 |
| | Итого | - | |
| 6 Периодические волноводные структуры и дискретные пространственные солитоны | Распространение света в направляющих структурах. | - | ПК-1 |
| | Итого | - | |
| Итого за семестр | | - | |
| Итого | | - | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Согласована на портале № 80267

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 1 Введение | Волновые уравнения для безграничной среды | 4 | ПК-1 |
| | Решение волнового уравнения - плоские волны. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 2 Механизмы нелинейно-оптического отклика диэлектрических сред, нелинейное волновое уравнение, пространственные оптические солитоны | Гармонические плоские волны | 4 | ПК-1 |
| | Распространение плоской волны в произвольном направлении | 4 | ПК-1 |
| | Поляризация плоских световых волн. Поляризаторы. Фазовые пластинки. | 4 | ПК-1 |
| | Расчеты характеристик пространственных солитонных состояний в средах с керровской нелинейностью. Моделирование распределения интенсивностей пространственных оптических солитонов. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 16 | |
| 4 Фоторефрактивные пространственные солитоны | Дифракция света на щели и периодических структурах | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 5 Вихревые и векторные пространственные солитоны | Расчет характеристик гауссовых световых пучков | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Периодические волноводные структуры и дискретные пространственные солитоны | Распространение света в направляющих структурах | 18 | ПК-1 |
| | Итого | 18 | |
| Итого за семестр | | 54 | |
| Итого | | 54 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Согласована на портале № 80267

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |
| 1 Введение | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Механизмы нелинейно-оптического отклика диэлектрических сред, нелинейное волновое уравнение, пространственные оптические солитоны | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 16 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Итого | 20 | | |
| 3 Оптические солитоны в волоконных световодах | Подготовка к тестированию | 8 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 4 Фоторефрактивные пространственные солитоны | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 20 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Итого | 24 | | |
| 5 Вихревые и векторные пространственные солитоны | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 8 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Итого | 10 | | |
| 6 Периодические волноводные структуры и дискретные пространственные солитоны | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 18 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Итого | 22 | | |
| Итого за семестр | | 90 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 126 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Согласована на портале № 80267

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | Формы контроля |
|---|---|---|---|
| | Прак. зан. | Сам. раб. | |
| ПК-1 | + | + | Практическое задание, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |
| Практическое задание | 20 | 20 | 15 | 55 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 25 | 25 | 20 | 100 |
| Нарастающим итогом | 25 | 50 | 70 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | 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) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

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

Согласована на портале № 80267

2. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : Учебное пособие / В. М. Шандаров, А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2012. 244 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1553.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Оптические солитоны.: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / М. В. Бородин - 2012. 35 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11005.

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

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

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

Согласована на портале № 80267

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

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

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

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

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

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

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

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПК-1 | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 80267

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Механизмы нелинейно-оптического отклика диэлектрических сред, нелинейное волновое уравнение, пространственные оптические солитоны | ПК-1 | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Оптические солитоны в волоконных световодах | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 4 Фоторефрактивные пространственные солитоны | ПК-1 | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Вихревые и векторные пространственные солитоны | ПК-1 | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Периодические волноводные структуры и дискретные пространственные солитоны | ПК-1 | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |

Согласована на портале № 80267

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Кто из перечисленных ученых в 1834 году впервые наблюдал на воде одиночную волну (солитон) и занялся ее изучением?
   а) М. Фарадей
   б) К. Юнг
   в) Дж. С. Рассел
   г) Дж.У. Рэлей
2. Солитон – это…
   а) волна, дифрагирующая в нелинейной среде
   б) структурно устойчивая уединённая волна, распространяющаяся в нелинейной среде
   в) структурно неустойчивая уединённая волна, распространяющаяся в нелинейной среде
   г) любая волна, распространяющаяся в нелинейной среде
3. Какие частицы переносят оптическую энергию?
   а) фотоны
   б) фононы
   в) электроны

Согласована на портале № 80267

г) частицы оптическую энергию не переносят

4. Световые пучки с поперечным распределением интенсивности, описываемые функцией exp(-r2/h2), называются…
   а) гауссовыми пучками
   б) бесселевыми пучками
   в) пучками Эйри
   г) резонаторными пучками
5. Какое определение не относится к понятию «солитон»?
   а) пространственный солитон
   б) светлый солитон
   в) временной солитон
   г) серый солитон
6. Какое уравнение доказывает существование солитона и описывает его поведение?
   а) уравнение Кортевего-Де-Вриза
   б) уравнение Максвелла
   в) уравнение Ньютона-Лейбница
   г) уравнение Фарадея
7. Условием проявления оптической нелинейности среды является…
   а) зависимость диэлектрической проницаемости материала от интенсивности света
   б) зависимость диэлектрической проницаемости материала от длины волны света
   в) зависимость диэлектрической проницаемости материала от поляризации излучения
   г) зависимость диэлектрической проницаемости материала от фазы волны излучения
8. Излучение какого источника способно вызвать нелинейный отклик среды?
   а) галогенная лампа
   б) светодиод
   в) лазер
   г) ртутная лампа
9. Что связывает параметр диэлектрической восприимчивости среды $\chi$ ?
   а) диэлектрическую проницаемость среды с напряженностью поля
   б) поляризацию среды с напряженностью поля
   в) фазу волны с напряженностью поля
   г) амплитуду волны с напряженностью поля
10. В случае если диэлектрическая восприимчивость среды не зависит от напряженности светового поля, среда является…
    а) нелинейной
    б) однородной
    в) линейной
    г) анизотропной
11. В центросимметричных средах низшим типом оптической нелинейности является….
    а) такие среды всегда линейны
    б) квадратичная нелинейность
    в) кубичная нелинейность
    г) нет правильного ответа
12. В средах, с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники?
    а) только в линейных средах
    б) в средах с кубичной нелинейностью
    в) в средах с квадратичной нелинейностью
    г) нет правильного ответа
13. Керровскими средами называют среды…
    а) линейные
    б) с кубичной нелинейностью
    в) с квадратичной нелинейностью
    г) нет правильного ответа
14. Среда, свойства которой в различных направлениях различны, например, среда, которая для разных направлений световой волны имеет разные значения показателя преломления, называется…
    а) изотропной

Согласована на портале № 80267

б) анизотропной
в) однородной
г) неоднородной

15. Для среды с самофокусирующим типом нелинейности решение нелинейного уравнения Шредингера соответствует…
    а) временному солитону
    б) темному солитону
    в) светлому солитону
    г) для такой среды нет решения
16. Для среды с самодефокусирующим типом нелинейности решение нелинейного уравнения Шредингера соответствует…
    а) временному солитону
    б) темному солитону
    в) светлому солитону
    г) для такой среды нет решения
17. Эффект фоторефракции заключается в изменении…
    а) оптического поглощения
    б) показателя преломления
    в) оптического пропускания
    г) коэффициента связи мод
18. Электрооптический эффект заключается…
    а) в изменении показателя преломления среды под действием изменения температуры
    б) в изменении показателя преломления среды под действием приложенного физического воздействия
    в) в изменении показателя преломления среды под действием приложенного постоянного или переменного электрического поля
    г) в изменении показателя преломления среды под действием магнитного поля
19. Проявление фоторефрактивного эффекта происходит, если в рассматриваемой среде развиваются следующие элементарные процессы…
    а) фотовозбуждение свободных носителей электрического заряда
    б) пространственное перераспределение носителей заряда
    в) модуляция показателя преломления среды
    г) все ответы верны
20. Пространственное перераспределение носителей заряда может быть обусловлено…
    а) тепловой диффузией
    б) дрейфом носителей заряда
    в) фотовольтаическим эффектом
    г) все ответы верны

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Понятие углового спектра плоских волн. Параболическое уравнение в теории дифракции. Гауссовы световые пучки, основные параметры гауссова пучка.
2. Планарные оптические волноводы. Связанные оптические волноводы. Распространение световых волн в периодических структурах.
3. Условия проявления оптической нелинейности среды. Нелинейные восприимчивости.
4. Среда с квадратичной оптической нелинейностью. Возможные нелинейно-оптические эффекты в такой среде.
5. Среда с кубичной оптической нелинейностью. Возможные нелинейно-оптические эффекты в такой среде.
6. Распространение светового пучка в нелинейно-оптической среде. Нелинейное уравнение Шредингера.
7. Понятие временных и пространственных солитонов. Светлые и темные солитоны. Условия достижения солитонного режима.
8. Понятие керровской оптической нелинейности, выражение для показателя преломления такой среды.
9. Понятие и суть термооптической нелинейности среды.
10. Фоторефрактивная оптическая нелинейность. Суть дрейфового механизма транспорта

Согласована на портале № 80267

носителей заряда, выражение для поля пространственного заряда при дрейфовом механизме.

11. Фоторефрактивная оптическая нелинейность. Суть фотовольтаического механизма транспорта носителей заряда, выражение для поля пространственного заряда при фотовольтаическом механизме.
12. Пространственные оптические солитоны в среде с керровской оптической нелинейностью.
13. Пространственные оптические солитоны в среде с фоторефрактивной оптической нелинейностью.
14. Материалы, в которых исследовались фоторефрактивные пространственные солитоны.
15. Основные экспериментальные схемы, используемые при изучении фоторефрактивных пространственных солитонов.
16. Временные оптические солитоны. Фундаментальный солитон и солитоны высших порядков.
17. Использование режима временных солитонов в оптических линиях связи.
18. Оптические вихри. Понятие вихревых солитонов. Среда, в которой могут наблюдаться вихревые солитоны. Схемы и результаты экспериментов по наблюдению вихревых солитонов.
19. Понятие векторных солитонов. Неогерентно и когерентно связанные векторные солитоны. Схема эксперимента по наблюдению векторных солитонов.
20. Понятие параметрических солитонов. Условия, в которых могут быть реализованы параметрические солитоны.
21. Многоэлементные волноводно-оптические системы. Понятие дискретных пространственных солитонов. Материалы, использовавшиеся в экспериментальных исследованиях. Основные экспериментальные схемы и типичные результаты по реализации эффектов дискретных пространственных солитонов.

### 9.1.3. Темы практических заданий

1. Волновые уравнения для безграничной среды
2. Решение волнового уравнения - плоские волны
3. Гармонические плоские волны
4. Распространение плоской волны в произвольном направлении
5. Поляризация плоских световых волн. Поляризаторы. Фазовые пластинки.
6. Расчеты характеристик пространственных солитонных состояний в средах с керровской нелинейностью. Моделирование распределения интенсивностей пространственных оптических солитонов.
7. Дифракция света на щели и периодических структурах
8. Расчет характеристик гауссовых световых пучков
9. Распространение света в направляющих структурах

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании

Согласована на портале № 80267

изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

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

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

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

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

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

Согласована на портале № 80267

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

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

Согласована на портале № 80267

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 11 от «24» 11 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. ЭП | М.В. Бородин | Разработано, 4bab9e2d-1d70-4531-8ac1-b921b013421a |

Согласована на портале № 80267