

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

**ФОТОНИКА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОПЛАЗМОНИКА**

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: **2**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	8	8	часов
Практические занятия	50	50	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	10	10	часов
Самостоятельная работа	50	50	часов
Общая трудоемкость	108	108	часов
(включая промежуточную аттестацию)	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	2

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 № 81339

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. сформировать у студентов знания о когерентных нелинейных оптических явлениях в нано-структурированных материалах.

2. сформировать у студентов знания о возбуждении, регистрации и использованию коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. изучение основных принципов фотоники наноструктурированных материалов и наноплазмоники.

2. 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

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.01.06.

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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-3. Способен разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства	ПК-3.1. Знает элементную базу фотонных устройств	Знает методику поиска научно-технической информации по разработке оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
	ПК-3.2. Умеет проводить подбор оборудования и комплектующих, необходимых для проведения исследований	Умеет проводить подбор оборудования и комплектующих, необходимых для проведения исследований в области фотоники
	ПК-3.3. Владеет навыками обработки и анализа результатов исследований	Владеет навыками обработки и анализа результата исследований в области 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 3 зачетных единиц, 108 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 2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	58	58
Лекционные занятия	8	8
Практические занятия	50	50
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	50	50
Подготовка к зачету	45	45
Подготовка к тестированию	5	5
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	108
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	3	3

## 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	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>					
1 Введение	1	-	2	3	ПК-3
2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	2	10	9	21	ПК-3
3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	2	10	9	21	ПК-3
4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц	2	15	15	32	ПК-3
5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах в устройствах фотоники и оптоинформатики	1	15	15	31	ПК-3
Итого за семестр	8	50	50	108	
Итого	8	50	50	108	

### 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
<b>2 семестр</b>			
1 Введение	Роль микро и наночастиц в истории цивилизации. Современные методы синтеза плазмонных наночастиц. Галерея наночастиц и наноструктур.	1	ПК-3
	Итого	1	
2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных 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-3
	Итого	2	
3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	Возбуждение и наблюдение поверхностных плазмоны. Теория плазмонных колебаний в наночастицах; аналогия между спектрами локализованных плазмонов и спектрами атомов и молекул. Оптические свойства сферических частиц. Плазмонные свойства наносфераидов. Оптические свойства трехосного наноэллипсоида. Локализованные плазмоны в многогранных наночастицах. Локализованные плазмоны в кластерах наночастиц	2	ПК-3
	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 наноотверстий в металлических пленках	2	ПК-3
	Итого	2	

5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах в устройствах фотоники и оптоинформатики	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.	1	ПК-3
	Итого	1	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

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
<b>2 семестр</b>			
2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	Макроскопическая электродинамика: волновые уравнения, материальные уравнения, комплексная диэлектрическая проницаемость, монохроматические поля, случай кусочно-неонородной 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	10	ПК-3
	Итого	10	

<p>3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах</p>	<p>Возбуждение поверхностных плазмонов при нарушенном полном внутреннем отражении, на поверхности 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 сферидах. Оптические свойства сфериодов. Плазмонные моды и резонансы в трехосном наноэллипсоиде. Плазмоны в кластере из двух одинаковых наносфер. Возбуждение плазмонных резонансов в кластерах наночастиц.</p>	10	ПК-3
Итого		10	
<p>4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц</p>	<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-3
Итого		15	

5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах в устройствах фотоники и оптоинформатики	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	15	ПК-3
	Итого	15	
	Итого за семестр	50	
	Итого	50	

#### 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

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>2 семестр</b>				
1 Введение	Подготовка к зачету	1	ПК-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПК-3	Тестирование
	Итого	2		
2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	Подготовка к зачету	8	ПК-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПК-3	Тестирование
	Итого	9		
3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	Подготовка к зачету	8	ПК-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПК-3	Тестирование
	Итого	9		

4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц	Подготовка к зачету	14	ПК-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПК-3	Тестирование
	Итого	15		
5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах в устройствах фотоники и оптоинформатики	Подготовка к зачету	14	ПК-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПК-3	Тестирование
	Итого	15		
Итого за семестр		50		
Итого		50		

### 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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	Зачёт, Тестирование

## 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
<b>2 семестр</b>				
Зачёт	0	0	25	25
Тестирование	25	25	25	75
Итого максимум за период	25	25	50	100
Нарастающим итогом	25	50	100	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. Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 564 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/212564>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. 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.).

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

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Фотоника наноструктурированных материалов и наноплазмоника: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров - 2024. 8 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/11031>.

#### 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 лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. 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.

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

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

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

### **8.4. 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-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Условия возникновения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Методы возбуждения и регистрации коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Связь между характеристиками плазмонов, оптическими свойствами материалов и формой наночастиц	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Перспективы применения коллективных электронных возбуждений плазмонного типа в наноструктурированных композитных материалах в устройствах фотоники и оптоинформатики	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по

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
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 или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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. Какой метод не может быть использован для получения наночастиц?
  - а) метод осаждения из коллоидных растворов
  - б) метод газофазного синтеза
  - в) метод наносферной литографии
  - г) метод Рунге-Кутта
2. Распространение продольных волн с вектором напряженности электрического поля, параллельным волновому вектору:
  - а) невозможно в любой среде
  - б) возможно в газоразрядной и твердотельной плазме на частотах, при которых диэлектрическая проницаемость имеет нулевое значение
  - в) возможно в прозрачной среде с относительной диэлектрической проницаемостью, равной единице
  - г) возможно в полупроводниках при энергии кванта светового поля, точно соответствующей ширине запрещенной зоны
3. В области высоких частот, где диэлектрическую проницаемость плазмы можно считать действительной величиной:
  - а) она принимает нулевое значение на частоте электромагнитного поля, равной плазменной частоте
  - б) она стремится к бесконечности на частоте электромагнитного поля, равной плазменной частоте
  - в) она принимает нулевое значение на частотах электромагнитного поля, превышающих плазменную частоту
  - г) она стремится к бесконечности на частотах электромагнитного поля, превышающих плазменную частоту
4. В области высоких частот, где диэлектрическую проницаемость плазмы можно считать действительной величиной:
  - а) она является отрицательной на частотах электромагнитного поля, превышающих плазменную частоту
  - б) она является отрицательной на частотах электромагнитного поля, не превышающих плазменную частоту
  - в) она является отрицательной на частотах электромагнитного поля, превосходящих плазменную частоту более чем в два раза
  - г) она является отрицательной на частотах электромагнитного поля, превосходящих плазменную частоту в  $e = 2,718$  раз
5. По какому закону изменяется напряженность электрического поля электромагнитной волны внутри металла в области низких частот, когда мнимая и действительная части диэлектрической проницаемости близки друг к другу?
  - а) экспоненциально возрастает с удалением от границы раздела с диэлектрической средой
  - б) экспоненциально убывает с удалением от границы раздела с диэлектрической средой
  - в) убывает с удалением от границы раздела с диэлектрической средой по линейному закону
  - г) убывает с удалением от границы раздела с диэлектрической средой по квадратичному закону
6. Поперечные объемные плазмоны существуют в области прозрачности плазмы:
  - а) на частотах, превосходящих плазменную частоту
  - б) на всех частотах спектра электромагнитных колебаний
  - в) на частотах, не превышающих плазменную частоту
  - г) в области частот, где реальная часть диэлектрической проницаемости плазмы принимает отрицательные значения
7. Существование продольных объемных плазмонов возможно:
  - а) в диэлектрической среде на любых частотах электромагнитного излучения
  - б) в прозрачной среде с относительной диэлектрической проницаемостью, равной единице
  - в) в газоразрядной и твердотельной плазме на частотах, при которых диэлектрическая

- проницаемость принимает нулевое значение
- г) в газоразрядной и твердотельной плазме в области частот, где реальная часть диэлектрической проницаемости имеет отрицательные значения
8. Двумерные поверхностные плазмоны реализуются в виде:
- а) электромагнитных ТЕ-волн в области частот, превосходящих плазменную частоту, на границе раздела «металл – диэлектрик»
- б) электромагнитных ТМ-волн в области частот, превосходящих плазменную частоту, на границе раздела «металл – диэлектрик»
- в) в виде поперечных электромагнитных Т-волн на границе раздела двух диэлектриков
- г) электромагнитных ТМ-волн в области частот, не превосходящих плазменную частоту, на границе раздела «металл – диэлектрик»
9. Двумерные поверхностные плазмоны характеризуются:
- а) наличием продольной компоненты магнитного поля, спадающей по экспоненциальному закону по мере удаления от границы «металл – диэлектрик»
- б) наличием продольной компоненты электрического поля, спадающей по экспоненциальному закону по мере удаления от границы «металл – диэлектрик»
- в) наличием поперечных компонент электрического и магнитного полей, спадающих по экспоненциальному закону по мере удаления от границы «металл – диэлектрик»
- г) наличием поперечных компонент электрического и магнитного полей, спадающих по экспоненциальному закону по мере удаления от границы «диэлектрик – диэлектрик»
10. Максимальная длина распространения двумерных поверхностных плазмоны на заданной частоте в трехслойных структурах наблюдается в случае:
- а) симметричных мод в структуре «металл – диэлектрик – металл»
- б) антисимметричных мод в структуре «металл – диэлектрик – металл»
- в) антисимметричных мод в структуре «диэлектрик – металл – диэлектрик»
- г) симметричных мод в структуре «диэлектрик – металл – диэлектрик»

### **9.1.2. Перечень вопросов для зачета**

1. Современные методы синтеза плазмонных наночастиц
2. Теория Друде-Зоммерфельда оптических свойств металлов
3. Дисперсия в газе свободных электронов и объемные плазмоны
4. Одномерные поверхностные плазмоны
5. Теория плазмонных колебаний в наночастицах
6. Плазмонные свойства наносфериоидов
7. Оптические свойства трехосного наноэллипсоида
8. Диадная функция Грина, эванесцентные поля.
9. Теория Друде-Зоммерфельда
10. Объемные плазмоны.
11. Плазмоны на плоской границе раздела «металл – диэлектрик»
12. Решение уравнений Максвелла для наночастиц «е- методом»
13. Материальные уравнения для киральных сред
14. Теория дифракции Бете-Боукампа.
15. Пассивные элементы для оптических интегральных схем на плазмонах.
16. Активные (динамические) элементы плазмоники

### **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 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:**

- 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.

## 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:

Профессор, каф. ЭП	С.М. Шандаров	Разработано, ab3ff0e2-dc9a-420c- 9fb4-5f882facc349
--------------------	---------------	--