



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП

(подпись)

Тананаев И.Г.  
(Ф.И.О.)



УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента ядерных технологий

(подпись)

Тананаев И.Г.  
(Ф.И.О.)

19 декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы оптических методов исследования материалов

Направление подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Перспективные материалы и технологии материалов

(совместно с НИЦ "Курчатовский институт" и ИХ ДВО РАН)

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 1  
лекции 10 час.  
практические занятия 24 час.  
лабораторные работы 00 час.  
в том числе с использованием  
всего часов аудиторной нагрузки 34 час.  
самостоятельная работа 74 час.  
зачет 1 семестр  
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 22.04.01 **Материаловедение и технологии материалов** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 24 апреля 2018 г. № 306.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента ядерных технологий Института наукоемких технологий и передовых материалов  
протокол № 3 от «19» декабря 2022 г.

Директор Департамента ядерных технологий      Тананаев И.Г.

Составитель (ли):                      канд. тех. наук, проф. ДЯТ, Косьянов Д.Ю.

Владивосток  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Академического департамента ядерных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор АДЯТ ШЕН \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Академического департамента ядерных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор АДЯТ ШЕН \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании Академического департамента ядерных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор АДЯТ ШЕН \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании Академического департамента ядерных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор АДЯТ ШЕН \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение теоретических основ функционирования контрольно-измерительного и опытно-исследовательского оборудования, сконструированного для эксплуатации различных физических аспектов процесса рассеяния (и поглощения) электромагнитного излучения в исследуемой среде (материале).

Задачи:

- ознакомить студентов с классическими представлениями об электромагнитных свойствах среды;
- ознакомить студентов с основными моделями теории рассеяния света;
- ознакомить студентов с использованием моделей рассеяния света в контрольно-измерительном и опытно-конструкторском оборудовании для определения параметров исследуемой среды (материала);
- ознакомить студентов с методами передачи тепла материалу с поглощающими электромагнитные волны частицами (СВЧ нагрев гетерогенных сред).

Основой для изучения дисциплины необходимы знания, полученные после изучения основных физических и математических дисциплин бакалавриата естественнонаучных и инженерных направлений подготовки.

В курсе «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» рассматриваются основы теории рассеяния света, её различные приближения, условия их применимости; освещаются способы применения фундаментальной теории рассеяния света в задачах анализа размера частиц в среде, пористости материала, влияния неоднородностей на пропускную способность материалов; поясняются пути взаимодействия гетероструктурных материалов с электромагнитным излучением.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Теоретические основы оптических методов исследования материалов», могут быть использованы для решения различных задач в рамках учебных дисциплин и при выполнении квалификационных работ.

Для успешного изучения дисциплины «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» у обучающихся должны быть сформированы предварительные универсальные компетенции выпускников бакалавриата естественнонаучных или инженерных направлений подготовки.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

| Тип задач       | Код и наименование профессиональной компетенции<br>(результат освоения)  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|-----------------|--|--|
| технологический | <b>ПК-5</b> – Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале | <b>ПК-5.1</b> – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам |
|                 |  | <b>ПК-5.2</b> – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале   |

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: проблемная лекция, работа в малых группах.

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Наименование показателя оценивания<br>(результата обучения по дисциплине) |   |
|--|---|---|
| <b>ПК-5.1</b> – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам | Знает   | Формулировки основных положений теории статического и динамического рассеяния света, различных приближений, их применимости.  |
|  | Умеет   | Верно соотносить определяемые соответствующим контрольно-измерительным и опытно-исследовательским оборудованием параметры исследуемой среды (материала) и её (его) реальные характеристики.   |
|  | Владеет навыками  | Самостоятельно решить задачу рассеяния в конкретном случае, сопоставить результаты расчёта с непосредственно измеряемыми соответствующим оборудованием величинами и наиболее корректно определить характеристики исследуемой среды (материала).   |
| <b>ПК-5.2</b> – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале   | Знает   | Формулировки основных положений теории статического и динамического рассеяния света, различных приближений, их применимости.  |
|  | Умеет   | Верно решить задачу рассеяния на неоднородностях среды (включениях в материал, дефектах), определив долю (величину) рассеянной и поглощённой средой (материалом) энергии.   |
|  | Владеет навыками  | Применять методы расчёта тепловыделения при поглощении электромагнитного излучения при рассмотрении конкретной задачи взаимодействия гетерогенной среды (материала с поглощающими излучение дефектами, включениями) и рассчитать эквивалентные электродинамических параметры такой среды (материала). |

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единиц (108 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

|             |  |
|-------------|--|
| Обозначение | Виды учебных занятий и работы обучающегося                           |
| Лек         | Лекции   |
| Пр          | Практические занятия   |
| СР          | Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения |

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

| № | Наименование раздела дисциплины    | Семестр | Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося |    |    |          | Формы промежуточной аттестации |
|---|------------------------------------|---------|---|----|----|----------|--------------------------------|
|   |                                    |         | Лек   | Пр | СР | Контроль |                                |
| 1 | Оптические свойства среды и частиц | 1       | 7   | 18 | 52 |          |                                |
| 2 | Применения                         | 1       | 3   | 6  | 18 |          |                                |
|   | Итого:                             |         | 10  | 24 | 74 |          | зачет                          |

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Структура теоретической части курса

Теоретическая часть курса направлена на освещение основных положений дисциплины «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» в лекционной форме. В дальнейшем самостоятельная проработка конспектов лекций позволяет освоить базовые теоретические методы для их применения на практических занятиях. В рамках теоретической части применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: проблемная лекция.

### ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ (10 час.)

#### РАЗДЕЛ I. Оптические свойства среды и частиц (7 час.)

##### ТЕМА 1. Оптические свойства объёмного вещества (2 час.)

Модель Лоренца. Многоосцилляторная модель. Модель анизотропных осцилляторов. Модель Друде. Релаксационная модель Дебая. Общее соотношение между  $\epsilon'$  и  $\epsilon''$ .

##### ТЕМА 2. Поглощение и рассеяние произвольной частицей (1 час.)

Общая формулировка задачи. Матрица амплитуд рассеяния. Матрица рассеяния. Рассеяние, поглощение, экстинкция.

##### ТЕМА 3. Поглощение и рассеяние шаром (теория Ми) (2 час.)

***Интерактивная форма: проблемная лекция***

Решение векторных волновых уравнений. Разложение плоской волны по векторным сферическим гармоникам. Внутреннее и рассеянное поля. Сечения и элементы матриц. Параметр асимметрии и давление излучения. Радиолокационное сечение обратного рассеяния. Тепловое излучения. Расчёт коэффициентов рассеянного поля и сечений рассеяния.

**ТЕМА 4. Оптические свойства частиц (2 час.)**

Экстинкция в диэлектрических шарах. Рядь. Вклад поглощения в экстинкцию. Экстинкция несферических частиц. Угловая зависимость неполяризованного и линейно поляризованного света. Симметрия матрицы рассеяния. Применимость теории Ми. Методы решения задачи рассеяния на несферических частицах регулярной и нерегулярной формы.

**РАЗДЕЛ II. Применения (3 час.)**

**ТЕМА 5. Рассеяние и ослабление света, как метод исследования (1 час.)**

***Интерактивная форма: проблемная лекция***

Критерии эффективности применения метода. Выбор способа исследования. Определяемые измерениями параметры. Гидрозоли, аэрозоли, пористость оптически прозрачных материалов.

**ТЕМА 6. Корреляционная спектроскопия (1 час.)**

***Интерактивная форма: проблемная лекция***

Теоретические основы, методы измерения, области применения: броуновское движение, жидкие кристаллы, многокомпонентные системы.

**ТЕМА 7. Микроволновый нагрев гетероструктур (1 час.)**

***Интерактивная форма: проблемная лекция***

Среда с поглощающими частицами. Общие методы расчёта. Металлические шары. «Тепловая» глубина проникновения. Эквивалентные параметры многокомпонентных сред.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ  
КУРСА**

**Структура практической части курса**

Практическая часть курса дисциплины «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» заключается в разборе решений задач обучающимися, представления ими отдельных небольших тем на семинарских занятиях при сопровождении преподавателя. В рамках практической части применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: работа в малых группах.

## **Семинарские занятия (24 час.)**

### **ТЕМА 1. Распространение волн в среде с рассеивающими частицами ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 1-2 (4 час.)**

*Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)*

Вывод основной формулы ослабления: отдельная частица -> облако множества частиц. Определение ослабления и дисперсии в среде с частицами. Определение ослабления и дисперсии поляризованного света: в общем случае, в случае сферических частиц. Выявление связи с классической теорией молекулярной оптики.

### **ТЕМА 2. Частицы, малые по сравнению с длиной волны ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 3-4 (4 час.)**

*Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)*

Поляризуемость и релеевское рассеяние для случая: тензорной поляризуемости, изотропной поляризуемости, поглощающих частиц. Вывод формул для расчёта размера и числа частиц при релеевском рассеянии. Рассеяние малыми частицами с показателем преломления  $\sim 1$ . Рассеяние на малых частицах специальной формы: шары, эллипсоиды, сферические оболочки. Вывод условия существования релеевского рассеяния для проводящих малых частиц.

### **ТЕМА 3. Рассеяние Релея-Ганса ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 5-6 (4 час.)**

*Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)*

Вывод общих формул: частицы с  $m-1 > 0$ , поглощающие частицы с  $m < 1$ . Построение диаграммы рассеяния шаров. Полное рассеяние шаров. Рассеяние эллипсоида, бесконечного кругового цилиндра, конечного кругового цилиндра, дифракция на полупрозрачном круглом диске, хаотически ориентированные стержни и диски. Дискретные рассеивающие центры, форм-фактор.

### **ТЕМА 4. Частицы, большие по сравнению с длиной волны ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 7 (2 час.)**

*Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)*

Дифракция на больших шарах и на толстых цилиндрах. Большие выпуклые частицы со случайной ориентацией: среднее геометрическое поперечное сечение, диаграмма отражённого излучения.

**ТЕМА 5. Сферические частицы без поглощения**  
**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 8-9 (4 час.)**

*Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)*

Исследование области  $m$ -х. Введение фазовых углов. Вычисление рассеяния с помощью разложения в ряды. Вычисление рассеяния с помощью фазовых углов. Свободные колебания шара. Резонансные эффекты в теории Ми. Малые полностью отражающие шары. Средние и большие отражающие частицы.

**ТЕМА 6. Сферические частицы с показателем преломления около 1**  
**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 10-11 (4 час.)**

*Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)*

Выделение предельных случаев. Построение кривой ослабления: общая формула, сферическая частица без поглощения, поглощающая частица, чёрное тело. Ослабление в области спектральной линии: малые частицы, большие частицы с показателем преломления около 1. Среда частиц различных размеров. Обобщение на случай не слишком малых  $m-1$ .

**ТЕМА 7. Частицы других форм**  
**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 12 (2 час.)**

Плоские полностью отражающие частицы: круглый диск, параллельная полоса. Шар в оболочке. Анизотропная сфера, анизотропный эллипсоид. Оптически активные частицы. Эффективная диэлектрическая проницаемость неоднородных частиц.

**5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа включает в себя разбор конспектов лекционного материала и предварительной индивидуальной и/или групповой подготовки предполагаемых к разбору на семинарских занятиях тем, задач.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

**Самостоятельная работа (74 час.)**



**ТЕМА 1. Распространение волн в среде с рассеивающими частицами  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (12 час.)**

**Задания:** Определение ослабления и дисперсии поляризованного света: в общем случае, в случае сферических частиц.

**ТЕМА 2. Частицы, малые по сравнению с длиной волны  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (12 час.)**

**Задания:** Рассеяние на малых частицах специальной формы: шары, эллипсоиды, сферические оболочки.

**ТЕМА 3. Рассеяние Релея-Ганса  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (12 час.)**

**Задания:** Построение диаграммы рассеяния шаров. Полное рассеяние шаров.

**ТЕМА 4. Частицы, большие по сравнению с длиной волны  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (6 час.)**

**Задания:** Дифракция на больших шарах и на толстых цилиндрах.

**ТЕМА 5. Сферические частицы без поглощения  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (12 час.)**

**Задания:** Свободные колебания шара. Резонансные эффекты в теории Ми. Малые полностью отражающие шары. Средние и большие отражающие частицы.

**ТЕМА 6. Сферические частицы с показателем преломления около 1  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (12 час.)**

**Задания:** Построение кривой ослабления: общая формула, сферическая частица без поглощения, поглощающая частица, чёрное тело. Ослабление в области спектральной линии: малые частицы, большие частицы с показателем преломления около 1.

**ТЕМА 7. Частицы других форм  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (8 час.)**

**Задания:** Оптически активные частицы. Эффективная диэлектрическая проницаемость неоднородных частиц.

**Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п | Вид самостоятельной работы                  | Дата/сроки выполнения | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля                  |
|-------|---|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1     | Задания для самостоятельной работы к теме 1 | 1-3 неделя            | 12 часов                              | Работа на семинарских занятиях. |
| 2     | Задания для самостоятельной работы к теме 2 | 4-5 неделя            | 12 часов                              | Работа на семинарских занятиях. |
| 3     | Задания для самостоятельной работы к теме 3 | 6-8 неделя            | 12 часов                              | Работа на семинарских занятиях  |
| 4     | Задания для самостоятельной работы к теме 4 | 9-10 неделя           | 6 часов                               | Работа на семинарских занятиях  |
| 5     | Задания для самостоятельной работы к теме 5 | 11-13 неделя          | 12 часов                              | Работа на семинарских занятиях  |
| 6     | Задания для самостоятельной работы к теме 6 | 14-15 неделя          | 12 часов                              | Работа на семинарских занятиях  |
| 7     | Задания для самостоятельной работы к теме 7 | 16-18 неделя          | 8 часов                               | Работа на семинарских занятиях  |

### Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Основным результатом самостоятельной работы по дисциплине «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» является решение задач студентами на практических занятиях при минимальной помощи преподавателя.

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Общими критериями оценки результатов самостоятельной работы студентов являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать её и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать её.

## 6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины     | Код и наименование индикатора достижения   | Результаты обучения | Оценочные средства    |                          |
|-------|--|--|---------------------|-----------------------|--------------------------|
|       |  |  |                     | текущий контроль      | промежуточная аттестация |
| 1     | Раздел I. Оптические свойства среды и частиц | ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам. | знает               | Конспект (ПР-7)       | Вопросы к зачёту № 1-22  |
|       |  |  | умеет               | Устный опрос (УО-1)   |                          |
|       |  |  | владеет             | Решение задач (ПР-11) |                          |
| 2     | Раздел II. Применения                        | ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале.   | знает               | Конспект (ПР-7)       | Вопросы к зачёту № 23-31 |
|       |  |  | умеет               | Устный опрос (УО-1)   |                          |
|       |  |  | владеет             | Решение задач (ПР-11) |                          |

## 7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Lupi, S. Fundamentals of Electroheat : Electrical Technologies for Process Heating / S. Lupi. – Cham, Switzerland : Springer International Publishing, 2017. – 620 pp.  
ЭБС «SpringerLink»:  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-46015-4>
2. Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение / В. В. Самарцев. – М. : Физматлит, 2013. – 167 с.  
ПОК НБ ДВФУ:  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:772671>  
ЭБС «Лань»:  
<https://e.lanbook.com/book/59661>  
ЭБС "Консультант студента":  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115117.html>
3. Ландсберг, Г. С. Оптика : учебное пособие [для физических специальностей вузов] / Г. С. Ландсберг. – М. : Физматлит, 2010 ; 2017. – 848 ; 852 с.  
ПОК НБ ДВФУ:  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:670162&theme=FEFU>

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2238>

<https://e.lanbook.com/book/105019>

4. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие [для физических специальностей вузов] : [в 5 т.] т. 4 . Оптика / Д. В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2002 ; 2013. – 792 ; 791 с.

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2314>

ПОК НБ ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:812754>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Хюлст, Г. Рассеяние света малыми частицами / Г. ван де Хюлст ; пер. с англ. Т. В. Водопьяновой. – М. : Иностранная литература, 1961. – 536 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:668639>

ЭБС «StudMed.py»:

[https://www.studmed.ru/hyulst-g-van-de-rasseyanie-sveta-malymi-chasticami\\_baef5ab1778.html](https://www.studmed.ru/hyulst-g-van-de-rasseyanie-sveta-malymi-chasticami_baef5ab1778.html)

2. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами : монография / К. Борен, Д. Хафмен ; пер. с англ. З. И. Фейзулина, А. Г. Виноградова, Л. А. Апреяна ; предисл. В. И. Татарского. – М. : Мир, 1986. – 664 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:683296>

ЭБС «StudMed.py»:

[https://www.studmed.ru/boren-k-hafmen-d-pogloschenie-i-rasseyanie-sveta-malymi-chasticami\\_1162ad56263.html](https://www.studmed.ru/boren-k-hafmen-d-pogloschenie-i-rasseyanie-sveta-malymi-chasticami_1162ad56263.html)

3. Камминс, Г. Спектроскопия оптического смешения и корреляция фотонов / Камминс, Г. : под ред. Пайк Э. – М. : Мир, 1978. – 584 с.

ЭБС «StudMed.py»:

[https://www.studmed.ru/kammins-g-payk-e-red-spektroskopiya-opticheskogo-smesheniya-i-korrelyaciya-fotonov\\_eed680e7473.html](https://www.studmed.ru/kammins-g-payk-e-red-spektroskopiya-opticheskogo-smesheniya-i-korrelyaciya-fotonov_eed680e7473.html)

### **Перечень ресурсов**

**информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Учебное пособие «Оптические свойства материалов и механизмы их формирования» А.М. Ефимова на сайте «Учебные издания» Санкт-

Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики:

<https://books.ifmo.ru/file/pdf/399.pdf>

## **8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия по курсу «Основы оптических методов исследования материалов» ориентированы на освещение теоретических основ оптических методов исследования материалов, связанных с рассеянием и поглощением света, и призваны сориентировать студентов в теоретическом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Дополнительная информация по изучаемым разделам может быть получена при самостоятельном изучении рекомендованной литературы.

Важнейшим компонентом работы студента является практическое решение задач на различные темы по теории рассеяния света, поглощения энергии в гетерогенных средах. Задания выполняются как на аудиторных занятиях, так и в рамках предусмотренной самостоятельной работы (домашние задания).

Самостоятельная работа является важнейшей компонентой изучения дисциплины «Основы оптических методов исследования материалов» и состоит, помимо выполнения заданий, в изучении конспектов лекций и рекомендованной литературы.

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины в форме зачёта и позволяет определить развитие компетенций, предусмотренных для ОПОП.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о.Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup>  | Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа  |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения учебных занятий:   |   |   |
| 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L L560, L632, L633 Учебная аудитория для лекционных занятий                  | Мультимедийная аудитория: экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229, проектор BenQ MW 526 E  |   |
| 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 770, L 656. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий. | Химические лаборатории с вытяжными шкафами, водоснабжением, муфельная печь, сушильный шкаф, pH-метр, нагревательные приборы, химическая посуда, реактивы. Дистиллятор. Весы электронные лабораторные HR-200. Весы технические ВЛР-200/01.   |   |
| Помещения для самостоятельной работы:   |   |   |
| A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов  | Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой. | Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № A238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия па право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, |

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3. ФГОС

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center. |
|--|--|--|

## X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Перечень форм оценивания

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины     | Код и наименование индикатора достижения   | Результаты обучения | Оценочные средства    |                          |
|-------|--|--|---------------------|-----------------------|--------------------------|
|       |  |  |                     | текущий контроль      | промежуточная аттестация |
| 1     | Раздел I. Оптические свойства среды и частиц | ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам. | знает               | Конспект (ПР-7)       | Вопросы к зачёту № 1-22  |
|       |  |  | умеет               | Устный опрос (УО-1)   |                          |
|       |  |  | владеет             | Решение задач (ПР-11) |                          |
| 2     | Раздел II. Применения                        | ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале.   | знает               | Конспект (ПР-7)       | Вопросы к зачёту № 23-31 |
|       |  |  | умеет               | Устный опрос (УО-1)   |                          |
|       |  |  | владеет             | Решение задач (ПР-11) |                          |

### Оценочные средства для текущего контроля

#### Примеры задач

#### ТЕМА 1. Распространение волн в среде с рассеивающими частицами

Вывести основную формулу ослабления света, рассматривая сложение амплитуды падающего и рассеянного одиночной частицей света на расстояниях много больших размеров детектора, частицы и длины волны.

#### ТЕМА 2. Частицы, малые по сравнению с длиной волны

Рассмотреть рассеяние плоской электромагнитной волны на частице малого по сравнению с длиной волны размера как излучение точечного диполя, индуцированного внешним медленно меняющимся полем: получить выражение для интенсивности рассеянного света, полной энергии рассеяния, сечения рассеяния. Рассмотреть случай тензорной и изотропной поляризуемости.

#### ТЕМА 3. Рассеяние Релея-Ганса

Рассмотреть рассеяние частицей с относительным показатель преломления близким по модулю к 1, чьи размеры не обязательно много меньше длины волны, но «фазовый сдвиг» (сдвиг фазы «луча» точно

проходящего по диаметру сферы из материала частицы, в которую вписана частица) мал, как множественное независимое релеевское рассеяние отдельных объёмов частицы, чьи волны рассеяния интерферируют ввиду близкого и «упорядоченного» расположения.

#### **ТЕМА 4. Частицы, большие по сравнению с длиной волны**

Рассчитать амплитудную функцию дифракции шара размером  $a$ . Определить положения максимумов и минимумов.

#### **ТЕМА 5. Сферические частицы без поглощения**

Для частиц без поглощения провести анализ плоскости  $m$ -х, указав примерные области применимости различных приближений теории рассеяния света.

#### **ТЕМА 6. Сферические частицы с показателем преломления около 1**

Рассмотреть и классифицировать предельные случаи для  $\rho = 2x(m-1)$ .

#### **ТЕМА 7. Частицы других форм**

Решить задачу рассеяния для круглого диска радиуса  $a$  произвольной толщины при падении волны с длиной  $\lambda$  перпендикулярно его основанию.

#### **Критерии оценивания для текущего контроля**

Текущий контроль по дисциплине «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» проводится в форме решения задач на практических занятиях и в ходе самостоятельной работы.

Объектами оценивания выступают:

- активность на занятиях, посещаемость занятий по дисциплине;
- степень освоения теоретических знаний;
- уровень овладения навыками решения задач;
- результаты самостоятельной работы.



## Оценочные средства для промежуточной аттестации

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения | Шкала оценивания промежуточной аттестации  |   |
|--|---------------------|--|---|
|  |                     | Незачет  | Зачет   |
| ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; | Знает               | Неспособен сформулировать основные положения теории статического и динамического рассеяния света, различных приближений, их применимости.  | Знает основные положения теории статического и динамического рассеяния света.   |
|  | Умеет               | Неспособен верно интерпретировать результаты измерения контрольно-измерительного и опытно-исследовательского оборудования, сконструированного для эксплуатации различных физических аспектов процесса рассеяния (и поглощения) электромагнитного излучения в исследуемой среде (материале) для определения её характеристик. | Умеет определить заложенные (при их наличии) теоретические модели, по которым происходит интерпретация результатов измерения контрольно-измерительного и опытно-исследовательского оборудования, сконструированного для эксплуатации различных физических аспектов процесса рассеяния (и поглощения) электромагнитного излучения в исследуемой среде (материале) для определения её характеристик |
|  | Владеет навыками    | Не владеет методами самостоятельного расчёта задачи рассеяния в различных случаях для наиболее корректного сопоставления с результатами измерения и определения характеристик исследуемой среды (материала).   | Владеет методами самостоятельного решения задачи рассеяния в конкретных случаях для прямого соотнесения с непосредственно измеряемыми соответствующим оборудованием величинами для наиболее корректного определения характеристик исследуемой среды (материала)   |
| ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале    | Знает               | Неспособен сформулировать основные положения теории статического и динамического рассеяния света, различных приближений, их применимости.  | Знает основные положения теории статического и динамического рассеяния света.   |
|  | Умеет               | Неспособен верно описывать взаимодействие электромагнитного излучения (оптического, СВЧ и пр.) с гетерогенным материалом: определять рассеяние и поглощение энергии на неоднородностях среды (включениях в материал, дефектах).  | Умеет верно описать взаимодействие электромагнитного излучения (оптического, СВЧ и пр.) с гетерогенным материалом с позиции теории рассеяния излучения на неоднородностях среды (включениях в материал, дефектах) для определения доли (величины) рассеянной и поглощённой энергии.   |
|  | Владеет навыками    | Не владеет методами расчёта тепловыделения при поглощении электромагнитного излучения на включениях среды (материала), расчёта эквивалентных электродинамических параметров многокомпонентных сред.  | Владеет методами расчёта тепловыделения при поглощении электромагнитного излучения на включениях среды (материала), расчёта эквивалентных электродинамических параметров многокомпонентных сред.  |

## Список вопросов к зачёту

1. Модель Лоренца.
2. Многоосцилляторная модель.
3. Модель анизотропных осцилляторов.
4. Модель Друде.
5. Релаксационная модель Дебая.
6. Общее соотношение между  $\epsilon'$  и  $\epsilon''$ .
7. Матрица амплитуд рассеяния.
8. Рассеяние, поглощение, экстинкция.
9. Решение векторных волновых уравнений
10. Разложение плоской волны по векторным сферическим гармоникам.
11. Сечения и элементы матриц.
12. Параметр асимметрии и давление излучения.
13. Радиолокационное сечение обратного рассеяния.
14. Тепловое излучения.
15. Расчёт коэффициентов рассеянного поля и сечений рассеяния.
16. Экстинкция в диэлектрических шарах. Рябь.
17. Вклад поглощения в экстинкцию.
18. Экстинкция несферических частиц.
19. Угловая зависимость неполяризованного свнта.
20. Угловая зависимость линейно поляризованного света
21. Применимость теории Ми.
22. Методы решения задачи рассеяния на несферических частицах.
23. Выбор способа исследования.
24. Определяемые измерениями параметры.
25. Гидрозоли, аэрозоли, пористость оптически прозрачных материалов.
26. Теоретические основы корреляционной спектроскопии.
27. Применимость корреляционной спектроскопии.
28. Среда с поглощающими частицами.
29. Среда с металлическими включениями.
30. «Тепловая» глубина проникновения.
31. Эквивалентные параметры многокомпонентных сред.

## Критерии выставления зачёта

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Теоретические основы оптических методов исследования материалов» осуществляется в форме зачёта (1 семестр). До зачёта допускаются студенты, положительно проявившие себя на практических занятиях.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если:

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала. Могут быть допущены 2-3 ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.
2. Материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если:

1. Имеется незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.