

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Fundamentals of Optical Radiation Propagation and Scattering/Основы распространения и рассеяния оптического излучения
<b>по направлению:</b>	Фотоника и оптоинформатика
<b>профиль подготовки:</b>	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра физики и технологии наноструктур
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Д.Г. Баранов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физики и технологии наноструктур 01.02.2021

## Аннотация

Целью дисциплины является дать студентам общее представление о фундаментальных аспектах распространения, излучения, и рассеяния света в частности и электромагнитного излучения в целом. Студенты изучат универсальные методы описания рассеяния света объектами и наноструктурами и познакомятся с общими закономерностями, наблюдаемыми при взаимодействии оптического излучения с резонансными наноструктурами.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Предоставить студентам общее представление о фундаментальных аспектах распространения, излучения, и рассеяния света в частности и электромагнитного излучения в целом. Научить студентов универсальным методам описания рассеяния света объектами и наноструктурами, и продемонстрировать универсальные закономерности, наблюдаемые при взаимодействии оптического излучения с резонансными наноструктурами.

#### Задачи дисциплины

- Овладение основами электромагнетизма
- Изучение методов описания распространения и излучения электромагнитного излучения в однородном пространстве и волноводах
- Изучение универсальных методов описания рассеяния оптического излучения на наноструктурах
- Получение знаний о геометрических и поляризационных характеристиках света и их преобразования при рассеянии на объектах
- Обучение навыку использования изученных методов для решения практических задач

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач в области фотоники и оптоинформатики
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов

Технологии	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований в области фотоники и оптоинформатики к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен самостоятельно или в составе научного коллектива планировать и проводить научные исследования в области фотоники и оптоинформатики
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основы математического аппарата описания электромагнитного поля (уравнения Максвелла, волновое уравнение, тензор Грина, теорема Пойнтинга, матрица рассеяния)
- Основные подходы к описанию распространения и рассеяния оптического излучения
- Различные классы локализованных решений (волноводные моды, утекающие моды, резонансы, связанные состояния внутри континуума) и классы резонансных оптических эффектов, наблюдаемых в резонансных наноструктурах

уметь:

- Отыскивать законы дисперсии оптических мод однородных сред и волноводных структур
- Рассчитывать поля простейших излучающих систем в однородной среде
- Рассчитывать собственные моды и собственные частоты наноструктур базового типа (слои, цилиндры, сферы)
- Моделировать рассеяние света произвольной резонансной наноструктурой на базовом уровне

владеть:

- Общими методами решения задач распространения излучения электромагнитных волн (поиск спектра волноводных мод, вычисление излучения);
- Методами поиска собственных оптических мод и собственных частот резонансных наноструктур
- Аналитическими методами описания рассеяния оптического излучения на обобщенных резонансных структурах

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Уравнения Максвелла, материальные соотношения, волновое уравнение	2			1
2	Задача излучения, тензор Грина, собственные моды	2			1
3	Симметрии и законы сохранения в оптике	2			1
4	Плоские волны в однородных средах; изочастоты	2			1
5	Рассеяние волн на границе; метод матриц переноса	2			1
6	Стоячие волны, цилиндрические пучки, сферические гармоники	2			1
7	Волноведущие структуры; классы волноводных мод	2			1
8	Волноводные моды планарных и цилиндрических систем	2			1
9	Поверхностные волны; волноведение тонким слоем	2			1
10	Моды периодических структур; фотонные кристаллы	2			1
11	Задача излучения; тензор Грина свободного пространства; излучение диполя	2			1
12	Мультипольное разложение; излучение вблизи поверхности	2			1
13	Интенсивность излучения, плотность состояний	2			1
14	Задача рассеяния, уравнение Липпмана-Швингера; матрица рассеяния	2			1
15	Собственные моды; нули и полюса матрицы рассеяния	2			1
16	Теория связанных мод	4			3
17	Точено решаемые задачи рассеяния	4			3
18	Неэрмитова оптика: поглотители и лазеры	2			3
19	Связанные состояния внутри континуума	2			2
20	Вырожденные точки	2			2
21	Рассеяние компактным объектом; сечения рассеяния; рассеяние сферой	4			3
22	Клоакинг и супер-рассеяние	2			3
23	Метод связанных диполей; дифракция на массивах	2			2
24	Поляризация света; Матрицы Джонса	2			2
25	Спин и орбитальный момент; киральность света	2			2
26	Конверсия поляризаций; классификация поляризационных эффектов	2			2
27	Классификация магнито-электрических сред; простые киральные среды	2			3
Итого часов		60			45
Подготовка к экзамену		30 час.			

Общая трудоёмкость	135 час., 3 зач.ед.
--------------------	---------------------

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Уравнения Максвелла, материальные соотношения, волновое уравнение

Основные математические соотношения электромагнетизма: Уравнения Максвелла, волновое уравнение, уравнение Гельмгольца. Гармоническая форма уравнений. Принцип эквивалентности. Материальные соотношения, модели Лоренца и Дебая. Причинность.

##### 2. Задача излучения, тензор Грина, собственные моды

Уравнения Максвелла с источником, постановка задачи излучения. Понятие функции Грина. Собственные моды, разложение функции Грина закрытых структур по собственным модам.

##### 3. Симметрии и законы сохранения в оптике

Теорема Пойнтинга, вектор Пойнтинга, закон сохранения энергии. Т-инвариантность и взаимность электромагнитных систем. Принцип скейлинг-инвариантности.

##### 4. Плоские волны в однородных средах; изочастоты

Решения уравнений Максвелла в однородном изотропном пространстве. Плоские волны; эванесцентные волны. Волны в средах с отрицательным показателем преломления. Дисперсия волн в анизотропных материалах, уравнение Френеля.

##### 5. Рассеяние волн на границе; метод матриц переноса

Прохождение и отражение плоской волны на границе раздела двух сред, формулы Френеля. Метод матриц переноса для изотропных сред.

##### 6. Стоячие волны, цилиндрические пучки, сферические гармоники

Суперпозиции плоских волн, стоячие волны. Недифрагирующие пучки, Бесселевы пучки. Скалярные и векторные сферические гармоники.

##### 7. Волноведущие структуры; классы волноводных мод

Задача о волноводных модах. Классификация волноводных мод: локализованные, утекающие, и анти-волноводные моды.

##### 8. Волноводные моды планарных и цилиндрических систем

Волноводные моды плоского и цилиндрического металлического волновода. Моды диэлектрического слоя и цилиндра.

##### 9. Поверхностные волны; волноведение тонким слоем

Волноводные решения на границе раздела двух сред. Волноведение тонким проводящим слоем. Волны Дьяконова.

##### 10. Моды периодических структур; фотонные кристаллы

Волноводные моды периодических структур, теорема Блоха, фотонные кристаллы, запрещенная зона.

#### 11. Задача излучения; тензор Грина свободного пространства; излучение диполя

Постановка задачи излучения. Нахождение тензора Грина однородного изотропного пространства. Излучение электрического и магнитного диполя.

#### 12. Мультипольное разложение; излучение вблизи поверхности

Разложение поля излучающей системы на сферические гармоники. Мультипольное разложение тока. Излучение диполя вблизи границы раздела двух сред.

#### 13. Интенсивность излучения, плотность состояний

Мощность дипольного излучения, связь с плотностью состояний, фактор Парселла.

#### 14. Задача рассеяния, уравнение Липпмана-Швингера; матрица рассеяния

Постановка задачи рассеяния, интегральное уравнение Липпмана-Швингера; каналы рассеяния, матрица рассеяния.

#### 15. Собственные моды; нули и полюса матрицы рассеяния

Понятие собственных мод и резонансов. Комплексная плоскость частот, собственные частоты; нули и полюса матрицы рассеяния.

### Семестр: 2 (Весенний)

#### 16. Теория связанных мод

Феноменологическая теория связанных мод для описания отклика резонансных систем. Случай нескольких мод и нескольких каналов рассеяния.

#### 17. Точено решаемые задачи рассеяния

Матрицы рассеяния границы раздела, слоя, собственные числа и собственные моды. Связь комплексных собственных мод с волноводной задачей.

#### 18. Неэрмитова оптика: поглотители и лазеры

Физика систем с затуханием и усилением; идеальные поглотители, когерентные поглотители; линейная теория лазеров.

#### 19. Связанные состояния внутри континуума

Физика связанных состояний в континууме, способы их возникновения, моделирование в рамках теории связанных мод.

#### 20. Вырожденные точки

Особые точки гамильтонианов, примеры особых точек в неэрмитовых системах. РТ-симметрия, лазер-поглотитель.

#### 21. Рассеяние компактным объектом; сечения рассеяния; рассеяние сферой

Описание рассеяния поля компактным объектом. Разложение плоской волны по сферическим гармоникам. Сечения рассеяния, амплитуда рассеяния. Оптическая теорема. Задача рассеяния сферой, резонансы сфер.

## 22. Клоакинг и супер-рассеяние

Подавление рассеяния компактным объектом; анаполь. Супер-рассеяние наночастицей.

## 23. Метод связанных диполей; дифракция на массивах

Метод связанных диполей. Рассеяние на двух связанных атомах. Рассеяние света периодическим массивом, дифракционные порядки, дифракционные сингулярности.

## 24. Поляризация света; Матрицы Джонса

Поляризация электромагнитного поля, эллипс поляризации, параметры Стокса, сфера Пуанкаре. Матрицы Джонса.

## 25. Спин и орбитальный момент; киральность света

Угловой момент света, разделение на спиновый и орбитальный момент. Спин-орбитальная связь. Плотность киральности, оператор киральности. Дуальные структуры. Связь киральности со спином.

## 26. Конверсия поляризаций; классификация поляризационных эффектов

Поляризационные эффекты при взаимодействии света с планарными периодическими структурами. Классификация периодических структур по симметриям.

## 27. Классификация магнито-электрических сред; простые киральные среды

Классификация магнито-электрических сред. Случай би-изотропной киральной среды, вращение поляризации и круговой дихроизм.

# 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Комплект электронных презентаций/слайдов; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук); при необходимости специальные технические средства для обучающихся инвалидов и лиц с ОВЗ.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 2 : Теория поля : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под. ред. Л. П. Питаевского .— 8-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 2001, 2003, 2006, 2012, 2014 .— 536 с.
  2. Основы нанооптики [Текст] / Л. Новотный, Б. Хехт ; пер. с англ. А. А. Коновко, О. А. Шутовой ; под ред. В. В. Самарцева - М.Физматлит, 2009, 2011
- Literature fund of the basic departament:
1. Jackson, John David. "Classical electrodynamics." (1999): 841-842.

### Дополнительная литература

- Literature fund of the basic departament:
1. Molding the flow of light / Joannopoulos, J. D., Johnson, S. G., Winn, J. N., & Meade, R. D. Princeton Univ Press, Princeton, NJ (2008).

**7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<http://www.nanophotonics.es/widgets2>.

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При подготовке и проведении лекционных занятий используется сеть интернет.

Кроме того, используется Libre Office, а также графический пакет Ink Scape.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Фотоника и оптоинформатика
<b>профиль подготовки:</b>	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра физики и технологии наноструктур
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** Д.Г. Баранов, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач в области фотоники и оптоинформатики
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований в области фотоники и оптоинформатики к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен самостоятельно или в составе научного коллектива планировать и проводить научные исследования в области фотоники и оптоинформатики
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Fundamentals of Optical Radiation Propagation and Scattering/Основы распространения и рассеяния оптического излучения» обучающийся должен:

**знать:**

- Основы математического аппарата описания электромагнитного поля (уравнения Максвелла, волновое уравнение, тензор Грина, теорема Пойнтинга, матрица рассеяния)
- Основные подходы к описанию распространения и рассеяния оптического излучения
- Различные классы локализованных решений (волноводные моды, утекающие моды, резонансы, связанные состояния внутри континуума) и классы резонансных оптических эффектов, наблюдаемых в резонансных наноструктурах

**уметь:**

- Отыскивать законы дисперсии оптических мод однородных сред и волноводных структур
- Рассчитывать поля простейших излучающих систем в однородной среде
- Рассчитывать собственные моды и собственные частоты наноструктур базового типа (слои, цилиндры, сферы)
- Моделировать рассеяние света произвольной резонансной наноструктурой на базовом уровне

**владеть:**

- Общими методами решения задач распространения излучения электромагнитных волн (поиск спектра волноводных мод, вычисление излучения);
- Методами поиска собственных оптических мод и собственных частот резонансных наноструктур
- Аналитическими методами описания рассеяния оптического излучения на обобщенных резонансных структурах

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Не предусмотрено.

**4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Приведены в приложенном файле.

**Критерии оценивания**

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Оценивание знаний происходит в форме дифференцированного зачета (9-й семестр) и экзамена (10-й семестр). Дифференцированный зачет и экзамен проводятся по билетам. Никакие вспомогательные средства не допускаются. Студент представляет свое решение поставленной задачи и ответ на вопрос билета экзаменатору. Затем экзаменатор задает студенту несколько вопросов, которые равномерно охватывают содержание курса. Итоговая оценка выставляется на основе качества ответов и продемонстрированного уровня понимания.