

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОПТИКА»**

для программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**1.3.6 Оптика**

Калининград  
2024

**Лист согласования**

Составители: Самусев И.Г., к.ф.-м.н, директор НОЦ «Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанопотоника».

Программа одобрена Ученым советом ОНК «ИВТ»

Протокол № 14 от «31» января 2024 г.

Председатель Ученого совета ОНК «ИВТ» \_\_\_\_\_ Юров А.В.

## Содержание

1. Общая характеристика дисциплины.....	4
2. Объем дисциплины.....	4
3. Содержание дисциплины.....	4
4. Учебно-тематический план дисциплины .....	5
5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся .....	10
6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.....	12
7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.....	16
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	16
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	17

## 1. Общая характеристика дисциплины

Учебная дисциплина «**Оптика**» относится к числу дисциплин, направленных на подготовку и сдачу кандидатских экзаменов по научной специальности **1.3.6 Оптика**.

Изучение учебной дисциплины «Оптика» базируется на знаниях и умениях, полученных аспирантами ранее в ходе освоения программного материала других учебных дисциплин.

### Цель изучения дисциплины:

Подготовка к сдаче кандидатского экзамена, который представляет собой форму оценки степени подготовленности аспиранта к проведению научных исследований по научной специальности **1.3.6 Оптика**.

Подготовка научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации с углубленными знаниями в области оптики, способные самостоятельно проводить научные исследования, связанные с волновой и геометрической оптикой, волоконной оптикой, молекулярной оптикой, фотоэлектрическими и фотохимическими явлениями, оптоэлектроникой, методов обработки оптических изображений.

### Задачи дисциплины:

1. Формирование углубленных фундаментальных знаний об оптике и ее месте среди других физических наук,
2. Формирование навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области ..., методам планирования эксперимента и обработки результатов, систематизирования и обобщения как уже имеющейся в литературе, так и самостоятельно полученной в ходе исследований информации.
3. Формирование умений и навыков самостоятельной научной (научно-исследовательской) деятельности по научной специальности **1.3.6 Оптика**.
4. ...

**Язык реализации дисциплины** – русский.

## 2. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, час.	Объем по семестрам		
		3	4	
Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (КР):	72	36	36	
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	48	24	24	
<i>Семинарские/ Практические занятия (СПЗ)</i>	24	12	12	
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)	90	36	54	
Вид промежуточной аттестации: Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)	18		18 КЭ	
Общий объем	В часах	180	72	108
	В зачетных единицах	5	2	3

## 3. Содержание дисциплины

№ пп	Наименование раздела/ темы	Содержание темы
------	----------------------------	-----------------

#### 4. Учебно-тематический план дисциплины

Номер раздела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов					Форма контроля
		Всего	КР	Л	СПЗ	СР	
	<b>Семестр 3</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	
1	<p>Электромагнитная теория света            Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света. Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера. Типы поляризационных устройств. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения. Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двuosных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Погккельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея. Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Доплера</p>	15	7	5	3	7	
2	<p>Геометрическая оптика            Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в</p>	15	7	5	3	7	

	оптических системах. Геометрические aberrации третьего и более высоких порядков. Хроматическая aberrация. Типы оптических приборов.						
3	Интерференция и дифракция световых волн Интерференция частично-когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта - Цернике. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия. Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа - Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Эффект Тальбо. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Параболическая теория дифракции; гауссов пучок. ABCD -метод; комплексный параметр кривизны. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции. Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Киноформная оптика.	14	7	4	2	7	
4	Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса - Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности населенностей. Эффект насыщения. Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты	14	7	4	2	7	

	<p>Эйнштейна. Квадрупольные и магнитодипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.</p>						
5	<p>Статистическая оптика  Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина. Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна - Твисса. Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля. Распределение Бозе-Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотчетов, формула Манделя для распределения фотоотчетов. Дробовой шум. Статистические свойства лазерного излучения. Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света. Флуктуационно-диссипационная теорема. Корреляционная спектроскопия. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Бифотоны. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла. Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица. Распространение волн в случайно неоднородной среде. Корреляционные и</p>	14	8	4	2	8	

	структурные функции амплитуды и фазы. Оптические модели атмосферной турбулентности. Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение. Рассеяние света в биоткани						
	<b>Семестр 4</b>	<b>90</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>54</b>	<b>КЭ</b>
<b>6</b>	Спектроскопия Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций. Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Типы связи электронного движения и вращения. Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях остовного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения	30	12	8	4	18	



	<p>и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова. Триpletные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина-Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции. Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.</p>						
7	<p>Экспериментальная и прикладная оптика  Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Синхротронное излучение. Оптические материалы. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы. Техника спектроскопии. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия. Запись и обработка оптической информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Цифровые голограммы. Переходные и передаточные функции оптических систем обработки</p>	30	12	8	4	18	

	информации. Изопланарность. Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов. Коррекция и реконструкция изображений. Методы компьютерной оптики. Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.						
8	Оптика лазеров Принцип работы лазера. Схемы накачки. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков. Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски. Режимы работы лазеров. Непрерывный и импульсный режимы. Пичковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.	30	12	8	4	18	
	<b>Общий объем</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>90</b>	<b>18</b>

## 5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся

Цель самостоятельной работы обучающихся заключается в глубоком, полном усвоении учебного материала и в развитии навыков самообразования. Самостоятельная работа может включать: работу с текстами, литературой, учебно-методическими пособиями, нормативными материалами, в том числе материалами сети интернет, а также проработку конспектов лекций, написание докладов, рефератов, участие в работе семинаров, научных конференциях и пр.

Работа с учебно-методическими пособиями по темам (нумерация приведена в соответствии с номерами разделов):

- 1.1. Расчетные методы Джонса и Мюллера.
- 1.2. Типы поляризационных устройств.
- 1.3. Распространение света в анизотропных и гиротропных средах.
- 1.4. Коническая рефракция.
- 1.5. Оптика движущихся сред.

- 1.6. Опыты Физо и Майкельсона.
- 1.7. Преобразования Лоренца.
- 1.8. Продольный и поперечный эффекты Доплера.
- 2.1. Образование каустик в оптических системах.
- 2.2. Геометрические aberrации третьего и более высоких порядков.
- 2.3. Хроматическая aberrация.
- 2.4. Типы оптических приборов.
- 3.1. Сдвиговая и спекл-интерферометрия.
- 3.2. Эффект Тальбо.
- 3.3. Параболическая теория дифракции; гауссов пучок.
- 3.4. ABCD -метод; комплексный параметр кривизны.
- 3.5. Особенности дифракции некогерентного излучения.
- 3.6. Синтез оптических элементов.
- 3.7. Киноформная оптика.
- 4.1. Солитоны.
- 4.2. Релаксационные процессы.
- 4.3. Кооперативные эффекты.
- 4.5. Сверхизлучение.
- 4.6. Вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна.
- 4.7. Четырехволновое взаимодействие.
- 4.8. Обращение волнового фронта.
- 4.9. Вещество в сверхсильном световом поле.
- 5.1. Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков.
- 5.2. Спектральное представление.
- 5.3. Теорема Винера-Хинчина.
- 5.4. Интерферометрия интенсивностей.
- 5.5. Опыт Брауна - Твисса.
- 5.6. Квантовые свойства световых полей.
- 5.7. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля.
- 5.8. Распределение Бозе-Эйнштейна.
- 5.9. Параметр вырождения поля.
- 5.10. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов.
- 5.11. Связь статистик фотонов и фотоотчетов, формула Манделя для распределения фотоотчетов.
- 5.12. Дробовой шум.
- 5.13. Статистические свойства лазерного излучения.
- 5.14. Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света.
- 5.15. Флуктуационно-диссипационная теорема.
- 5.16. Корреляционная спектроскопия.
- 5.17. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов.
- 5.18. Спонтанное параметрическое рассеяние света.
- 5.19. Бифотоны.
- 5.20. Перепутанные состояния света.
- 5.21. Оптическая реализация кубитов и их преобразования.
- 5.22. Состояния Белла.
- 5.23. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена.
- 5.24. Неравенства Белла.
- 5.25. Статистика частично поляризованного излучения.

- 5.26. Поляризационная матрица.
- 5.27. Распространение волн в случайно неоднородной среде.
- 5.28. Корреляционные и структурные функции амплитуды и фазы.
- 5.29. Оптические модели атмосферной турбулентности.
- 5.30. Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение.
- 5.31. Рассеяние света в биоткани.
- 6.1. Группы симметрии молекул.
- 6.2. Спектроскопия твердого тела.
- 6.3. Переходы под действием света в идеальном кристалле.
- 6.4. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой.
- 6.5. Эффекты Оже и Фано.
- 6.6. Эффекты на краях остоного поглощения: EXAFS и XANES.
- 6.7. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах.
- 6.8. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках.
- 6.9. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.
- 6.10. Зонная модель люминесценции диэлектриков.
- 6.11. Размножение электронных возбуждений в твердом теле.
- 6.12. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция.
- 6.13. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.
- 7.1. Источники оптического излучения.
- 7.2. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники.
- 7.3. Синхротронное излучение.
- 7.4. Оптические материалы.
- 7.5. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность.
- 7.6. Приборы с зарядовой связью (ПЗС)-линейки, матрицы.
- 7.7. Техника спектроскопии.
- 7.8. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры.
- 7.9. Фурье-спектроскопия.
- 7.10. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия.
- 7.11. Лазерная спектроскопия.
- 7.12. Запись и обработка оптической информации.
- 8.1. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах.
- 8.2. Химические лазеры.

Контроль самостоятельной работы осуществляется на семинарских (практических) занятиях

## **6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся**

### **Текущий контроль:**

1. Обсуждение научных статей по темам разделов:

- «Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом»
- «Спектроскопия»

- «Экспериментальная и прикладная оптика».

**Перечень вопросов к кандидатскому экзамену:**

1. Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света.
2. Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера. Типы поляризационных устройств.
3. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение.
4. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения.
5. Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Оптическая активность. Эффект Фарадея.
6. Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Доплера.
  
7. Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки.
8. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы.
9. Образование каустик в оптических системах. Геометрические аберрации третьего и более высоких порядков. Хроматическая аберрация. Типы оптических приборов.
10. Интерференция частично-когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта - Цернике.
11. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия.
12. Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа - Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Эффект Тальбо.
13. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка.
14. Параболическая теория дифракции; гауссов пучок. ABCD -метод; комплексный параметр кривизны.
15. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции. Обратные задачи теории дифракции.
16. Синтез оптических элементов. Киноформная оптика.
17. Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса - Кронига. Оптические нутации.
18. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы.
19. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.
20. Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект.
21. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля.

22. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы.
23. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния.
24. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник.
25. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света.
26. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
27. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.
28. Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина.
29. Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна - Твисса. Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля.
  
30. Распределение Бозе-Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотсчетов, формула Мандела для распределения фотоотсчетов. Дробовой шум.
31. Статистические свойства лазерного излучения. Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света. Флуктуационно-диссипационная теорема.
32. Корреляционная спектроскопия. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов. Спонтанное параметрическое рассеяние света.
33. Бифотоны. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.
34. Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица. Распространение волн в случайно неоднородной среде. Корреляционные и структурные функции амплитуды и фазы.
35. Оптические модели атмосферной турбулентности. Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение. Рассеяние света в биоткани.
36. Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций.
37. Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния.
38. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Типы связи электронного движения и вращения.
39. Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой. Переходы в электронной подсистеме.
40. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с основных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях основного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах.

41. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.
42. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса- Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова.
43. Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина-Льюиса.
44. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции.
45. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции.
46. Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.
47. Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники.
48. Синхротронное излучение.
49. Оптические материалы. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы.
50. Техника спектроскопии. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры.
51. Фурье-спектроскопия.
52. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия.
53. Лазерная спектроскопия.
54. Запись и обработка оптической информации.
55. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Цифровые голограммы.
56. Переходные и передаточные функции оптических систем обработки информации. Изопланарность.
57. Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов.
58. Коррекция и реконструкция изображений.
59. Методы компьютерной оптики.
60. Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод
61. Направленные ответвители.
62. Волоконные линии связи.
63. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.
64. Принцип работы лазера. Схемы накачки.
65. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал.
66. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов.
67. Свойства лазерных пучков.
68. Типы лазеров. Твердотельные лазеры.
69. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах.
70. Химические лазеры.
71. Полупроводниковые лазеры.
72. Лазеры на центрах окраски.
73. Режимы работы лазеров. Непрерывный и импульсный режимы. Пичковый режим.

74. Модуляция добротности.
75. Синхронизация мод.
76. Генерация сверхкоротких импульсов.
77. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

## **7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

В ходе текущего контроля успеваемости (устный или письменный опрос, подготовка и защита реферата, доклад, презентация, тестирование и пр.) при ответах на учебных занятиях, а также промежуточной аттестации в форме зачета обучающиеся оцениваются по двухбалльной шкале:

Оценка «зачтено» – выставляется аспиранту, если он продемонстрировал знания программного материала, подробно ответил на теоретические вопросы, справился с выполнением заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка «не зачтено» – выставляется аспиранту, если он имеет пробелы в знаниях программного материала, не владеет теоретическим материалом и допускает грубые, принципиальные ошибки в выполнении заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка по результатам проведения кандидатского экзамена по дисциплине выставляется на основе совокупности ответов по вопросам программы кандидатского экзамена и по вопросам дополнительной программы по теме диссертации аспиранта, которая согласовывается с научным руководителем.

Оценка «отлично» выставляется за исчерпывающий ответ, отражающий знание и профессиональное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «хорошо» выставляется за ответ, содержащий не принципиальные погрешности, отражающий знание и свободное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за ответ, отражающий знание принципиальных положений вопросов, при наличии погрешностей, устраняемых аспирантом при ответе на дополнительные вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за ответ, показывающий непонимание существа вопроса, наличия грубых ошибок в ответах на вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература:**

- 1) Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Пер. с англ.: Учебное пособие. В 2 т. Т.1 - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. - 760 с.: цв. вкл.
- 2) Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Пер. с англ.: Учебное пособие. В 2 т. Т.2 - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. - 784 с.: цв. вкл.
- 3) Матвеев А.Н. Оптика. -М.: Высшая школа, 1985.
- 4) Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. - М.: Издательство МГУ, 1994.



- 5) Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 6) Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. - М.: Наука, 1980.
- 7) Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. - М.: Наука, 1981.
- 8) Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. - М.: Физматлит, 2000.
- 9) Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978.
- 10) Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. - М.: Издательство МГУ, 1987.
- 11) Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). - М.: Издательство МГУ, 1989.
- 12) Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. - М.: Издательство МГУ, 1994.
- 13) Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. - М.: Наука, 1988.
- 14) Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. - М.: Издательство МГУ, 1996.
- 15) Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. - М.: Издательство МГУ, 1987.

#### **Программное обеспечение:**

- 1) система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта - [www.lms-3.kantiana.ru](http://www.lms-3.kantiana.ru), обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- 2) серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- 3) корпоративная платформа Microsoft Teams;
- 4) установленное на рабочих местах студентов ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

#### **Электронные образовательные ресурсы:**

- 1) НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- 2) eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
- 3) Гребенников Электронная библиотека ИД журналы
- 4) ЭБС Консультант студента
- 5) ПРОСПЕКТ ЭБС
- 6) ЭБС ZNANIUM.COM
- 7) РГБ Информационное обслуживание по МБА
- 8) БЕН РАН
- 9) Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>).

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

БФУ им. И. Канта имеет специальные помещения и лаборатории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, научных исследований, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.