

Приложение \_\_

**УТВЕРЖДЕНО**  
**приказом по ФИЦ КазНЦ РАН**  
**\_\_ . \_\_ . 2018 № \_\_ -А**

Разработано и рекомендовано к утверждению  
Ученым советом КФТИ – обособленного  
структурного подразделения  
ФИЦ КазНЦ РАН  
« 28 » ноября 2018 г., протокол № 33

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Оптика»

Уровень высшего образования  
Подготовка кадров высшей квалификации  
Направление подготовки

#### **03.06.01 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»**

Направленность подготовки:

01.04.05 «Оптика»

Квалификация выпускника:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

## **Содержание:**

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения.
2. Перечень планируемых результатов обучения.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Трудоемкость дисциплины.
5. Содержание дисциплины.
6. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации, фонд оценочных средств.
7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.
8. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.

### **1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения.**

- виды учебной деятельности: аудиторные занятия 1 зачетная единица труда (36 часов), самостоятельная работа 6 зачетных единиц труда (216 часов), всего 7 зачетных единиц труда (252 часа);
- форма проведения аудиторных занятий – лекции и семинары;
- в рамках часов самостоятельной работы по указанию преподавателя аспиранты прорабатывают темы и осваивают теоретические вопросы, излагаемые в лекционном курсе, а также самостоятельно изучают другие вопросы программы.

### **2. Перечень планируемых результатов обучения.**

*Целью* дисциплины «Оптика» является углубленное изучение электромагнитной теории света, физической оптики, взаимодействия света с веществом и оптических явлений в различных средах. Рассматриваются элементы геометрической оптики с учётом распространения света в оптически неоднородных средах. Анализируются процессы отражения и преломления света при прохождении через границу раздела сред. Изучаются волновые свойства света, включая поляризационные эффекты, дифракцию и интерференцию. Подробно обсуждаются процессы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом (поглощение света, комбинационное рассеяние, фотолюминесценция и др.), в том числе эффекты нелинейной оптики. Приводится обзор основных методов оптической спектроскопии. Программа курса построена в соответствии с традиционным курсом «Оптика», преподаваемым в высших учебных заведениях, что позволяет сформировать у обучающихся понимание внутренней логики построения и преподавания курса учебной дисциплины. В курсе используются представления смежных областей физики: квантовой механики, акустики, квантовой электроники, электродинамики.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к **обязательным** дисциплинам, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ОПОП аспирантуры по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность (профиль) 01.04.05 «Оптика». Индекс (по учебному плану) – **Б1.В.ОД1**. Дисциплина изучается в **3 и 4** семестрах.

Актуальность курса обусловлена большой практической значимостью оптических явлений и необходимостью создания различного рода оптических устройств и приборов.

Материал, изучаемый в ходе освоения дисциплины, является обязательной составляющей экзамена кандидатского минимума по специальности 01.04.05 «Оптика». Освоение данной дисциплины дает возможность ориентироваться в научной литературе по современным проблемам оптики, использовать ее методы и достижения в научных исследованиях и в преподавательской деятельности по основным программам высшего образования. Дополнением к данной дисциплине являются обязательная дисциплина «Квантовая оптика», более подробно раскрывающая основы нерелятивистской квантовой теории света, и дисциплины по выбору «Оптическая спектроскопия» / «Квантовые оптические технологии», в которых учитывается специфика темы научно-квалификационной работы аспиранта. Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по высшей математике, общей и теоретической физике.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### *универсальных*

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

#### *общепрофессиональных*

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с

использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

*профессиональных*

- способность проводить самостоятельные исследования природы света и явлений при его распространении и взаимодействии с веществом, владеть современными методами оптической спектроскопии, а также разрабатывать новые оптические методы исследования фундаментальных свойств материи, новые коммерческие/промышленные оптические технологии и методы диагностики природных либо техногенных объектов и процессов (ПК-1);
- способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области оптики (ПК-3).

В результате освоения дисциплины аспирант должен

*Знать:*

- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области оптики (*шифр формируемого результата обучения З(УК-1)-1*);
- роль и место оптики в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязь с другими разделами физики (*шифр формируемого результата обучения З(УК-2)-2*);
- особенности научной терминологии, понятийный аппарат оптики, используемые при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме (*шифр формируемого результата обучения З(УК-3)-1*);
- фундаментальные закономерности, связанные с явлениями волновой (физической), геометрической (лучевой) и квантовой оптики (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-1)-1*);
- основы теории взаимодействия света с веществом, нелинейной оптики, статистической оптики и физики лазеров (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-1)-1*);
- принципы построения оптических систем и инструментов, детектирования оптического излучения, методы оптической спектроскопии (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-1)-1*);
- существующие методы и методические подходы в научных исследованиях в области оптики и возможные способы их развития (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-3)-1*);

*Уметь:*

- анализировать альтернативные варианты решения практических задач оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (*шифр формируемого результата обучения У(УК-1)-1*);

- выбирать и применять при решении задач оптики адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (*шифр формируемого результата обучения У(ОПК-1)-1*);

*Владеть:*

- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области оптики (*шифр формируемого результата обучения В(ОПК-1)-1*);

- навыками структурирования научного знания в области оптики (*шифр формируемого результата обучения В(ОПК-2)-1*);

- навыками проведения базовых оптических экспериментов с использованием современной аппаратуры и методов интерпретации экспериментальных результатов (*шифр формируемого результата обучения В(ПК-1)-1*);

#### 4. Трудоемкость дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц.

в том числе 1 ЗЕ аудиторных занятий и 6 ЗЕ самостоятельной работы.

№	Дисциплина	Курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			
			Лекции	Практические занятия	Лаб. занятия	СР
1	Оптика	2	20	12	4	216

Форма итогового контроля – зачет; составляющая кандидатского экзамена по специальности 01.04.05 «Оптика».

#### 5. Содержание дисциплины.

5.1 Лекционные занятия 0,6 з.е. (20 часов)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
-------	---------------------------------	--------------------

1.	Электромагнитное излучение	<p>Электромагнитное излучение в вакууме. Поляризация. Световое давление. Энергия света. Спектральное разложение. Уравнения Максвелла. Вектор Умова–Пойнтинга. Материальные уравнения. Дисперсия и поглощение в линейной изотропной среде. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптически одноосные и двуосные среды. Двухлучепреломление. Классификация кристаллов. Наведенная анизотропия. Основные характеристики теплового излучения. Опыты Кирхгофа. Спектральная плотность, формула Планка. Излучение абсолютно черного тела. Фотоны. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсная населенность. Эффект Доплера и абберация света. Фотоэффект. Эффект Комптона.</p>
2.	Нелинейная оптика	<p>Нелинейно оптические эффекты. Механизмы оптической нелинейности. Нелинейная поляризация и восприимчивость. Метод медленно меняющихся амплитуд. Уравнение колебания нелинейного осциллятора. Среда с квадратичной и кубической нелинейностью. Генерация второй гармоники. Самофокусировка и дефокусировка луча. Параметрическое усиление. Нестационарные укороченные уравнения. Анстистоксовы компоненты вынужденного комбинационного рассеяния.</p>
3.	Оптические устройства	<p>Распространение излучения в линзах. Угол Брюстера. Призмы Глана–Тейлора и Глана–Томпсона. Делительная пластина. Фазовые пластины (полуволновая, четвертьволновая). Теория дифракционной решётки. Интерферометры. Спектрометры и полихроматоры. Детекторы электромагнитного излучения. Микроскоп и телескоп. Фурье спектрометры. Двойной и тройной монохроматор. Волоконно-оптические спектрометры. Лазерные резонаторы. Фотонные кристаллы.</p>

4.	Законы распространения света	Фотометрические величины. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Приближения геометрической оптики: простейшие оптические системы. Сложение оптических систем. Условие интерференции. Временная и пространственная когерентность. Просветление оптики. Диэлектрические зеркала. Голография. Интерферометр Фабри-Перо. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Теории дифракции Френеля и Кирхгофа. Дифракционные решетки.
5.	Основные спектроскопические методы	Релеевское рассеяние света. Оптический и электрооптический эффект Керра. Правила отбора в УФ-спектроскопии. Хромофоры и их характеристичность. Поглощение излучения молекулярными колебаниями. Правила отбора в КР и ИК спектроскопии. Спонтанное КР, вынужденное КР. Характеристические группировки и частоты в КР и ИК спектроскопии. Принцип Франка-Кондона. Основные законы люминесценции. Флюоресценция и фосфоресценция. Квантовый выход. Формула Каша. Спектр возбуждения. Процессы деактивации электронного возбуждения. Фемтосекундные технологии. Синхронное детектирование. Оптическое гетеродинирование. Принципиальная оптическая схема «возбуждающий – зондирующий импульсы». Формализм четырехволнового смешения.

Самостоятельная работа 3,3 з.е. (120 часов)

#### 5.2. Лабораторные занятия 0,1 з.е. (4 часа)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Примеры выполняемых экспериментальных работ
1	Основные спектроскопические методы	Анализ спектров комбинационного рассеяния в органических жидкостях
2	Нелинейная оптика	Генерация второй гармоники на нелинейном кристалле ВВО

Самостоятельная работа 0,7 з.е. (24 часов)

5.3. Практические занятия – семинары 0,3 з.е. (12 часов)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика семинаров
1.	Нелинейная оптика	Нелинейная поляризуемость среды и нелинейно-оптические явления
2	Электромагнитное излучение	Аномальная дисперсия света. Фотонные кристаллы.
3.	Основные спектроскопические методы	Фемтосекундная спектроскопия накачка–зондирование: наведенное просветление
4	Законы распространения света.	Дифракционные явления на двух и трехмерных структурах.
5	Оптические устройства	Спонтанное и вынужденное излучение в квантовой системе. Принцип действия и устройство лазера.

Самостоятельная работа 2 з.е. (72 часа)

## **6. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации, фонд оценочных средств.**

Текущий контроль освоения дисциплины проводится регулярно, начиная со второй недели обучения, в форме контроля посещаемости, устного опроса по теме, анализа результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

Промежуточный контроль подразумевает проведение коллоквиума по учебному материалу нескольких тем.

Формой итогового контроля по дисциплине является зачет. Материал, освоенный при изучении дисциплины, является составляющей кандидатского экзамена по специальности 01.04.05 «Оптика».

### **6.1. Текущий контроль: Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля по дисциплине «Оптика»:**

#### **Тема 1 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 двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Оптическая активность. Эффект Фарадея. Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Доплера.

### **Тема 2 Геометрическая оптика:**

Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометрооптическое 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 оптических системах. Геометрические aberrации третьего и более высоких порядков. Хроматическая aberrация. Типы оптических приборов.

### **Тема 3 Интерференция и дифракция световых волн:**

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. 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 заселенностей. Эффект насыщения.

#### **Тема 4 Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом:**

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 Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные 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 Мандельштама–Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

#### **Тема 5 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 фотоотсчетов, формула Мандела для распределения фотоотсчетов. 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 структурные функции амплитуды и фазы. Оптические модели атмосферной турбулентности. Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение. Рассеяние света в биоткани.

#### **Тема 6 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 основных уровней. Эффекты Оже и Фано. 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 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. Триплетные 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.

### **Тема 7 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 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.

### **Тема 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. Непрерывные и импульсный режимы. Пичковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

### **6.2. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины «Оптика»:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области оптики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места оптики в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания

		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата оптики, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	фундаментальных закономерностей, связанных с явлениями волновой (физической), геометрической (лучевой) и квантовой оптики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	основ теории взаимодействия света с веществом, нелинейной оптики, статистической оптики и физики лазеров	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	принципов построения оптических систем и инструментов, детектирования оптического излучения, методов оптической спектроскопии	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
7.	существующих методов и методических подходов в научных исследованиях в области оптики и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач оптики адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области оптики	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками структурирования научного знания в области оптики	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки

3.	навыками проведения базовых оптических экспериментов с использованием современной аппаратуры и методов интерпретации экспериментальных результатов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		24–36	<b>«зачтено»</b>
		менее 24	<b>«не зачтено»</b>

**При отсутствии зачета обучающийся не допускается к промежуточной аттестации**

### **6.3. Промежуточная аттестация: кандидатский экзамен по утвержденной программе**

Кандидатский экзамен по дисциплине «Оптика» (01.04.05) проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

### **6.4. Критерии оценки промежуточной аттестации**

<b>Отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Все вопросы раскрыты полностью;</li> <li>– Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание;</li> <li>– Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом;</li> <li>– Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.</li> </ul>
----------------	--

<b>Хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Вопросы раскрыты по существу;</li> <li>- Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание;</li> <li>- Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>- Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>- В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>- Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.</li> </ul>
<b>Удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Вопросы раскрыты, но не полностью;</li> <li>- Слабое понимание связи теории и практики;</li> <li>- Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач;</li> <li>- Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>- Дополнительные вопросы вызывают затруднение.</li> </ul>
<b>Неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Большая часть вопросов не раскрыта;</li> <li>- Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач;</li> <li>- Нет ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>

**7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.**

**ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Д.В. Сивухин Общий курс физики. В 5 томах. Т.4. Оптика : учебное пособие для вузов. – Физматлит, 2006
2. . С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. Физическая оптика: учебник. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998

3. С.А. Ахманов, Н.И. Коротеев. Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеяния света. – М.: Наука, 1981
4. Н. Бломберген. Нелинейная оптика. Пер. с англ. С.А. Ахманова и Р.В.Хохлова. – М.: Мир, 1966
5. М. Борн, Э. Вольф Основы оптики. – М.: Наука, 1970
6. А.А. Калачев, В.В. Самарцев Фотонное эхо и его применение: учебное пособие. – Казань: КГУ, 1998
7. Л. Мандель, Э. Вольф. Оптическая когерентность и квантовая оптика. Пер. с англ.: С.Н. Андрианова, А.А. Калачева и др. – М.: Физматлит, 2000
8. А.А. Блистанов Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для ВУЗов. – М.: МИСИС, 2000
9. М.В. Волькенштейн. Молекулярная оптика. – М.-Л.: Гос. Изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1951
10. М.Ф. Вукс Электрические и оптические свойства молекул и конденсированных сред: учебное пособие. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984
11. М. Гарбуин Физика оптических явлений. Пер. с англ. В.И. Проскурякова. – М.: Энергия, 1967
12. Р. Дитчберн Физическая оптика. Пер с англ. Л.А. Вайнштейна и О.А. Шустина. Под ред. И.А. Яковлева. – М.: Наука, 1965
13. Дж. Клаудер, Э. Сударшан Основы квантовой оптики. Пер. с англ. Б.Я. Зельдовича и др. – М.: Мир, 1970
14. Б.П. Кошелев Геометрическая оптика: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989
15. М.О. Скалли, М.С. Зубайри. Квантовая оптика. Пер. с англ. А.А. Калачева и др. – М.: Физматлит, 2003
16. В.В. Соколов Физическая оптика: учебное пособие. Под ред. В.В. Фомина. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1989
17. С.Э. Фриш Оптические методы измерений: учебное пособие. Ч.2 – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Ф.А. Королев. Теоретическая оптика. – М.: Высшая школа, 1966.
2. А.Н. Матвеев. Оптика. – М.: Высшая школа, 1985
3. С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин. Введение в статистическую радиофизику и оптику. – М.: Наука, 1981.
4. Дж. Гудмен. Введение в фурье-оптику. Пер. с англ. В.Ю. Галицкого и М.П. Головея. – М.: Мир, 1970
5. С. Солимено, Б. Крозиньяни, П. Порто. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. – М.: Мир, 1989
6. Р. Пантел, Г. Путхоф. Основы квантовой электроники. – М.: Мир, 1972



7. И.Р. Шен. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989
8. М.А. Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. – М.: Физматгиз, 1962
9. И.И. Собельман. Введение в теорию атомных спектров. – М.:Физматгиз, 1963.
- 10.Ч. Киттель Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978
- 11.А.Н. Васильев., В.В. Михайлин. Введение в спектроскопию твердого тела. – М.: Издательство МГУ, 1987
- 12.Л.В. Левшин, А.М. Салецкий. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). – М.: Издательство МГУ, 1989
- 13.И.М. Тернов, В.В. Михайлин. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. – М.: Энергоатомиздат, 1986
- 14.Н.В. Карлов Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука,1988
- 15.Я.И. Ханин. Основы динамики лазеров. – М.:Физматлит, 1999
- 16.В.Н. Парыгин, В.И. Балакший. Оптическая обработка информации. – М.: Изд-во МГУ, 1987
- 17.А. Исимару Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. – М.: Мир, 1981
- 18.А. Ярив, П. Юх. Оптические волны в кристаллах. – М.: Мир, 1987
- 19.Н.Б. Делоне. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций. – М.: Наука, 1989
- 20.М. Милер. Голография (теория, эксперимент, применение).– Л.: Машиностроение, 1979
- 21.Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963
- 22.Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. – М.: Наука, 1963
- 23.Л.М. Бреховских. Волны в слоистых средах. – М.: Изд. АН СССР, 1957
- 24.Д. Займан. Электроны и фононы. – М.: ИЛ, 1962
- 25.Ч. Киттель. Квантовая теория твёрдых тел. – М.: Наука, 1967
- 26.Г.М. Страховский, А.В. Успенский. Основы квантовой электроники. – М.: Изд-во Высшей школы, 1973

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

### **I. НЕКОММЕРЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ (ЭБС) СВОБОДНОГО ДОСТУПА**

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- Электронная библиотека «Научное наследие России» <http://www.e-heritage.ru/index.html>

- Научная электронная библиотека КиберЛенинка  
<http://www.cyberleninka.ru/>
- Полнотекстовая электронная библиотека РФФИ  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>
- Электронная библиотека ИФТТ РАН <http://www.issp.ac.ru/libcatm/elib.html>
- Электронная библиотека международного научно-образовательного сайта EqWorld – <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>
- Библиотека международного издательства INTECHOPEN –  
<http://www.intechopen.com/>

## II. РЕФЕРАТИВНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ И НАУЧНЫЕ ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

- Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)  
[http://elibrary.ru/project\\_risc.asp](http://elibrary.ru/project_risc.asp)
- Международная реферативная база по физике, астрономии, теории частиц ADS(NASA) <http://adsabs.harvard.edu/>
- Directory of Open Access Journals (DOAJ) <https://doaj.org/>
- Directory of Open Access Books (DOAB) <http://doabooks.org/>
- ArXiv: Open access to 1,146,534 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance and Statistics (Электронный архив публикаций библиотеки Корнельского университета)  
<http://xxx.lanl.gov/archive>
- Science Research Portal – научно-поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis и др., в открытых научных базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News <http://www.scienceresearch.com>

## III. ЖУРНАЛЫ И КНИГИ

- Nature Communications <http://www.nature.com/ncomms/index.html>
- Physical Review X <http://journals.aps.org/prx/>
- Scientific Reports <http://www.nature.com/srep/>
- New Journal of Physics <http://iopscience.iop.org/journal/1367-2630>
- Optics Express <https://www.osapublishing.org/oe/home.cfm>
- Журналы физико-технического института им А.Ф. Иоффе РАН: «Журнал технической физики», «Письма в журнал технической физики», «Физика твердого тела», «Физика и техника полупроводников» <http://journals.ioffe.ru/>
- Труды института общей физики им. А.М. Прохорова РАН  
<http://www.gpi.ru/trudgpi.php>
- Physics Books – Free Computer Books  
<http://www.freebookcentre.net/Physics/Physics-Books-Online.html>

- List of Free Physics Books | Physics Database <http://physicsdatabase.com/free-physics-book>

#### IV. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И СПРАВОЧНЫЕ РЕСУРСЫ «ИНТЕРНЕТ»

- Лазерный портал <http://www.laser-portal.ru/>
- Энциклопедия лазерной физики и технологии <http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
- Образовательные материалы НГУ по лазерам и фотонике <http://www.nsu.ru/srd/lis/russian/lis-teach.htm>
- Открытый портал по квантовым компьютерам <http://www.quantiki.org/>
- Техническая библиотека <http://techlibrary.ru/>
- Библиотека Гумер. Гуманитарные науки. [http://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Pedagog/](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Pedagog/)
- Федеральный портал «Российское образование» [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>
- Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru/>
- Информационная справочно-правовая система «Консультант плюс» <http://www.consultant.ru/> (некоммерческая версия)
- Справочно-информационный портал ГРАМОТА.РУ <http://www.gramota.ru/>

#### **8. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.**

Обучение по дисциплине ведётся с применением как традиционных методов (лекции, практические занятия, лабораторные работы), так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах подразделений КФТИ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН по профилю подготовки, представление докладов на научной конференции молодых ученых КФТИ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН и молодежных научных школах, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе для дополнительного изучения.

Аудиторные занятия, целью которых является освоение теоретических основ дисциплины, проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного оборудования. Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Практические занятия (семинары) имеют своей целью освоение расчетно-теоретических методов, используемых при решении задач оптики, а также развития навыков рационального выбора методов решения.

В ходе лабораторных занятий аспирантам предоставляется возможность на практике освоить технику проведения базовых оптических экспериментов, изучить специфику экспериментальных исследований в области оптики, познакомиться с принципами работы и возможностями экспериментальной аппаратуры и оборудования, используемого при проведении научных исследований в области оптики, а также методами интерпретации экспериментальных результатов.

Самостоятельная работа аспирантов подразумевает углубленное освоение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий, подготовку к текущему, промежуточному и итоговому контролю успеваемости. В целях формирования способности к критическому анализу информации и поиску путей решения поставленных задач в дальнейшей профессиональной деятельности используется технология проблемного обучения, требующая значительных временных ресурсов, что предусмотрено структурой дисциплины, и предполагает самостоятельную проработку учебно-проблемных задач аспирантами, выполняемую с привлечением основной и дополнительной литературы; поиск необходимой научно-технической информации в открытых источниках, консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на персональных рабочих местах аспирантов с доступом к ресурсам «Интернет», в научных подразделениях КФТИ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, ресурсы «Интернет».

#### **Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

- библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, научная периодика;
- зал, оснащённый стационарным проектором, экраном и обычной доской – для проведения лекционных занятий;
- учебная аудитория, оснащенная переносными проектором и экраном для проведения практических занятий;
- индивидуальные рабочие места аспирантов, оснащенные персональным компьютерами с доступом к сети «Интернет», локальной сети и электронной информационно-образовательной среде **ФИЦ КазНЦ РАН**.
- В учебном процессе аспиранты используют современное научное оборудование центра коллективного пользования лаборатории

быстропротекающих молекулярных процессов КФТИ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН – современные спектрометры, источники лазерного излучения, интерферометры, дифракционные решётки, осциллографы, фотоумножители, многоэлементные приёмники излучения, нелинейные кристаллы.

**9. Язык преподавания: русский**