

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**

### **«Оптическая спектроскопия»**

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 «Оптическая спектроскопия» является изучение методов современной оптической спектроскопии для проведения фундаментальных и прикладных исследований физических, химических, биологических процессов в различных средах (газы, жидкости, кристаллы, металлы, диэлектрики, полупроводники, гетерогенные структуры, плёнки, композитные материалы, наноматериалы, биоматериалы и др.). Рассматриваются фундаментальные основы взаимодействия излучения с веществом, основополагающие физические модели для описания оптических явлений и результатов экспериментов, подробно обсуждается лазерная техника. Приводятся базовые экспериментальные схемы линейной и нелинейной оптической спектроскопии, в том числе обзор фемтосекундной техники и новейших методов время-разрешенной спектроскопии.

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

Дисциплина относится к *дисциплинам по выбору*, 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.ДВ1**. Дисциплина изучается в **3** и **4** семестрах.

Актуальность курса обусловлена большой значимостью и распространённостью методов оптической спектроскопии в фундаментальной и прикладной науках, на производстве, в диагностике и контроле различных процессов.

Материал, изучаемый в ходе освоения дисциплины, в значительной мере дополняет и расширяет соответствующий раздел обязательной дисциплины Блока 1 «Оптика». Освоение данной дисциплины дает возможность обучающемуся по программе аспирантуры свободно ориентироваться в многообразии современных методов оптической спектроскопии и рационально использовать их в научно-исследовательской деятельности. 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);
- способностью 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);
- готовностью 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);

*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 оптической спектроскопии (*шифр формируемого результата обучения З(УК-1)-1*);
- роль и место оптической спектроскопии 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 оптической спектроскопии, используемые при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме (*шифр формируемого результата обучения З(УК-3)-1*);
- современные методы оптической спектроскопии, их специфические особенности и области применения (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-1)-1*);
- фундаментальные основы взаимодействия излучения с веществом и принципы лазерной диагностики сред (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-1)-1*);
- основополагающие физические модели для описания оптических явлений и результатов экспериментов в научных исследованиях в области оптической спектроскопии и возможные способы их развития (*шифр формируемого результата обучения З(ПК-3)-1*);

*Уметь:*

- анализировать альтернативные варианты решения практических задач оптической спектроскопии и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (*шифр формируемого результата обучения У(УК-1)-1*);
- выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы оптической спектроскопии (*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 оптической спектроскопии (*шифр формируемого результата обучения В(ОПК-1)-1*);
- навыками проведения оптических спектроскопических экспериментов с использованием современной лазерной техники, включая фемтосекундную, 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	Квантовая оптика	2	20	12	4	216

Форма итогового контроля – зачет.

#### 5. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Взаимодействие света с веществом	Гамильтониан нерелятивистской материальной системы, взаимодействующей с электромагнитным полем. Дипольное приближение, оператор дипольного момента, энергия взаимодействия поля и молекулы. Резонансное взаимодействие. Нерезонансное взаимодействие, виртуальный уровень. Решение задачи: двухуровневая система + независящее от времени взаимодействие. Оператор эволюции, частота Раби. Уравнение Максвелла, случай плоской стационарной волны, диэлектрическая функция, линейная восприимчивость. Закон Бугера–Ламберта–Берра. Связь показателя преломления и линейной восприимчивости. Модель Лоренца: линейный осциллятор во внешнем световом поле. Линейная восприимчивость, форма линии спектра поглощения,

		<p>коэффициент поглощения, показатель преломления, нормальная, аномальная дисперсия, сила осциллятора. Квантовомеханическое обоснование модели Лоренца. Двухуровневая система, стационарное решение и уравнения для поляризуемости. Ширина спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение. Приближение медленно меняющихся амплитуд. Укороченные волновые уравнения. Переизлученное поле. Приближение вращающейся волны. Оптические уравнения Блоха. Решения уравнений Блоха: случай стационарного внешнего поля, оптическое затухание свободной поляризации, понятия о первичном световом эхе и стимулированном световом эхе. Анизотропные материалы, основные эффекты кристаллооптики. Классификация кристаллов. Обыкновенная и необыкновенная волны. Наведенная анизотропия. Основные эффекты нелинейной оптики. Механизмы оптической нелинейности. Нелинейная поляризация. Нелинейная восприимчивость. Генерация второй гармоники. Самофокусировка света.</p>
2.	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.</p>
3.	Оптическая спектроскопия	<p>Релеевское рассеяние света. Тензор поляризуемости молекул. Влияние сопряжения на поляризуемость молекул. Оптический и электрооптический эффект Керра. Применение релеевского рассеяния и эффекта Керра для определения поляризуемости молекул.</p> <p>Разделение электронного, колебательного и вращательного движения молекул. Спин-орбитальное взаимодействие. Конфигурационное взаимодействие. Сила осциллятора. Интеграл момента перехода. Правила отбора в УФ-спектроскопии. Переходы с переносом заряда.</p>

		<p>Хромофоры и их характеристичность. Простые и сопряженные хромофоры. Электронные переходы в молекулах органических соединений: <math>\sigma \rightarrow \sigma^*</math>, <math>n \rightarrow \sigma^*</math>, <math>\pi \rightarrow \pi^*</math>, <math>n \rightarrow \pi^*</math>. Колебательная структура электронных переходов.</p> <p>Основы ИК и КР спектроскопии. Нормальные колебания и их свойства. Поглощение излучения молекулярными колебаниями. Правила отбора в КР и ИК спектроскопии. Интенсивность линий в КР и ИК-спектрах. Стоксовая, антистоксовая компоненты КР. Спонтанное КР, вынужденное КР. Характеристические группировки и частоты в КР и ИК спектроскопии. Вибронные переходы. Классификация молекул по виду вибронных спектров. Принцип Франка–Кондона. Красители.</p> <p>Основные законы люминесценции: затухание люминесценции, закон Стокса, правило зеркальной симметрии Лёвшина, правило Каша. Флюоресценция и фосфоресценция. Интеркомбинационные переходы. Задержанная флюоресценция. Триpletное поглощение. Кинетическая схема люминесценции: стационарный случай, кинетика люминесценции. Квантовый выход. Формула Каша. Спектр возбуждения. Процессы деактивации электронного возбуждения.</p>
4.	Лазерная техника оптической спектроскопии	<p>Квантовые свойства атомов. Постулаты Бора. Спонтанное и вынужденное излучение в квантовой системе. Принцип действия и устройство лазера. Лазерные системы, основные принципы. Методы получения инверсии населенности. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация гармоник. Рубиновый лазер. Титан-сапфировый лазер. Лазер на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом. Диодный (полупроводниковый) лазер. Гелий-неоновый лазер. Аргоновый лазер. Азотный лазер. Лазер на красителях.</p>

5.	Фемтосекундная спектроскопия	<p>Предельно короткие импульсы света и сверхсильные световые поля. Фемтосекундные технологии: фемтосекундный титан-сапфировый лазер, фазовый модулятор, компенсатор дисперсии групповой скорости, линия задержки. Измерение характеристик фемтосекундных импульсов: технологии FROG и SPIDER. Суперконтинуум. Синхронное детектирование. Оптическое гетеродинирование. Принципиальная оптическая схема «возбуждающий – зондирующий импульсы». Многоимпульсное возбуждение. Типы время-разрешенных экспериментов: поглощение/просветление среды, поглощение из возбужденного состояния, флюоресценция, когерентное комбинационное рассеяние, фотонное эхо, поляризационные эксперименты, наведенная решетка, наведенная линза. Формализм четырехволнового смешения.</p>
----	------------------------------	--

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	Трудоемкость (часы)
1	Оптическая спектроскопия	Анализ спектров комбинационного рассеяния	4
2	Оптическая спектроскопия	Измерения спектров поглощения на спектрофотометре	4

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	Трудоемкость (часы)
-------	---------------------------------	--------------------	---------------------



1.	Взаимодействие света с веществом.	Терагерцовое излучение.	4
2	Взаимодействие света с веществом	Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы плотности.	4
3.	Оптическая спектроскопия	Люминесцентный анализ квантовых точек	4
4	Лазерная техника оптической спектроскопии	Нелинейные кристаллы ВВО и KDP. Генерация второй гармоники. Методы ап-конверсии.	4
5	Фемтосекундная спектроскопия	Измерения частотных амплитудных и фазовых характеристик с помощью технологии SPIDER	4
6	Оптическая спектроскопия	Влияние растворителя на спектры поглощения, возбуждения, люминесценции органических молекул.	4

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.

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

## **Тема 1 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. 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. 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 2 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 остоного 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 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.

### **Тема 3 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 «Оптическая спектроскопия»:**

№ п/п	Результат освоения дисциплины	Балл	Показатели оценивания
<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 оптической спектроскопии	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

2.	роли и места оптической спектроскопии 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 оптической спектроскопии, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	современных методов оптической спектроскопии, их специфических особенностей и областей применения	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	фундаментальных основ взаимодействия излучения с веществом и принципов лазерной диагностики сред	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	основополагающих физических моделей для описания оптических явлений и результатов экспериментов в научных исследованиях в области оптической спектроскопии 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 оптической спектроскопии 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 оптической спектроскопии 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 оптической спектроскопии	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками проведения оптических спектроскопических экспериментов с использованием современной лазерной техники, включая фемтосекундную, и методов интерпретации экспериментальных результатов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки

<i>Итого баллов</i>	20–30	«зачтено»
	менее 20	«не зачтено»

**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. Лазерная и когерентная спектроскопия. Под редакцией Дж. Стейнфелда. – Москва, Мир, 1982.
3. С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. Физическая оптика: учебник. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
4. Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. Физические методы исследования в химии. – Москва, Мр», 2003.
5. А.А. Бабушкин, П.А. Бажулин, Ф.А. Коровёв, Л.В. Лившин, В.П. Прокофьев, А.Р. Стриганов. Методы спектрального анализа. – Москва, 1962.
6. Н.Г. Бахшиев. Введение в молекулярную спектроскопию. Л.: Изд. Ленинградского университета, 1987.
7. Г. Шредер, Х. Трайбер, Р.Е. Ильинский. Техническая оптика. Пер. с нем. – М.: Техносфера, 2006.
8. С.А. Ахманов, Н.И. Коротеев. Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеяния света. – М.: Наука, 1981.
9. Н. Бломберген. Нелинейная оптика. Пер. с англ. С.А. Ахманова и Р.В. Хохлова. – М.: Мир, 1966.
10. М.В. Волькенштейн. Молекулярная оптика. – М.-Л.: Гос. Изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1951.
11. М.Ф. Вукс. Электрические и оптические свойства молекул и конденсированных сред: учебное пособие. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.
12. С.В. Кулагин, А.С. Гоменюк, В.Н. Дикарев и др. Оптико-механические приборы: учебник. – М.: Машиностроение, 1984.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
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. С. Солимено, Б. Крозиньяни, П. Порто. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. – М.: Мир, 1989
5. Р. Пантел, Г. Путхоф. Основы квантовой электроники. – М.: Мир, 1972

6. Ф.А. Королев. Теоретическая оптика. – М.: Высшая школа, 1966.
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. Дж. Гудмен. Введение в фурье-оптику. Пер. с англ. В.Ю. Галицкого и М.П. Головея. – М.: Мир, 1970
15. Н.В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука, 1988
16. Я.И. Ханин. Основы динамики лазеров. – М.: Физматлит, 1999
17. В.Н. Парыгин, В.И. Балакший. Оптическая обработка информации. – М.: Изд-во МГУ, 1987
18. А. Исимару Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. – М.: Мир, 1981
19. А. Ярив, П. Юх. Оптические волны в кристаллах. – М.: Мир, 1987
20. Н.Б. Делоне. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций. – М.: Наука, 1989
21. М. Милер. Голография (теория, эксперимент, применение). – Л.: Машиностроение, 1979
22. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963
23. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. – М.: Наука, 1963
24. Л.М. Бреховских. Волны в слоистых средах. – М.: Изд. АН СССР, 1957
25. Д. Займан. Электроны и фононы. – М.: ИЛ, 1962
26. Ч. Киттель. Квантовая теория твёрдых тел. – М.: Наука, 1967
27. 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 – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН по профилю подготовки, представление докладов на научной конференции молодых ученых КФТИ – обособленное структурное подразделение 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 оптической спектроскопии, а также развития навыков рационального выбора методов решения.

В ходе лабораторных занятий аспирантам предоставляется возможность на практике освоить технику проведения базовых экспериментов, изучить специфику экспериментальных исследований в области оптической спектроскопии, познакомиться с принципами работы и возможностями экспериментальной аппаратуры и оборудования, используемого при проведении научных исследований в области оптической спектроскопии, 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 – обособленное структурное подразделение 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 – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН – современные спектрометры, источники лазерного излучения, интерферометры, дифракционные решётки, осциллографы, фотоумножители, многоэлементные приёмники излучения, нелинейные кристаллы.

**9. Язык преподавания: русский**