

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Научно-технологический центр уникального приборостроения  
Российской академии наук

Утверждаю.

ВрИО директора

Федерального государственного бюджетного  
учреждения Научно-технологического центра  
уникального приборостроения

д. ф. м. н. Булатов М.Ф.

«30» марта 2016г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптика»

(наименование дисциплины)

Направление подготовки:

03.06.01 - Физика и астрономия

(указывается код и наименование направления подготовки)

Направленность подготовки:

01.04.05 – «Оптика»

(указывается наименование направленности)

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения: очная

Москва, 2016 г.

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса является изучение оптических явлений в различных средах, включая диэлектрики, полупроводники, металлы, гетерогенные твердотельные структуры, плёнки и композитные материалы. Предполагается освоение фундаментальных закономерностей, связанных с распространением электромагнитного излучения в веществе, с процессами поглощения, излучения и рассеяния света, условиями замедления электромагнитных волн в материальных средах, свойствами вторичного излучения, нелинейно-оптическими явлениями, особенностями материалов с отрицательным преломлением, характеристиками поляритонных и плазмонных волн в конденсированных средах. (В данном курсе свет, как вид электромагнитных волн, рассматривается в диапазоне спектра от субмиллиметровой области до жесткого ультрафиолета включительно).

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к **обязательным** дисциплинам программы аспирантуры.

Актуальность курса обусловлена большой практической значимостью оптических явлений и необходимостью создания различного рода оптических устройств и приборов. В курсе используются представления смежных областей физики: квантовой механики, акустики, квантовой электроники, электродинамики.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

1. способности 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);
2. способности 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);
3. готовности участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
4. готовности использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
5. способности планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

6. способности самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
7. готовности к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

8. способности проводить исследование природы света и явлений при его распространении и взаимодействии с веществом, а также способности разрабатывать основы новых технологий регистрации и обработки изображений, передачи информации и энергии, диагностики природных и техногенных объектов и процессов, технологий изучения фундаментальных свойств материи (ПК-2).

## **Карты профессиональных компетенций**

### **КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ**

**КОМПЕТЕНЦИЯ:** ПК-2 (01.04.05) Способность проводить исследование природы света и явлений при его распространении и взаимодействии с веществом, а также разрабатывать основы новых технологий регистрации и обработки изображений, передачи информации и энергии, диагностики природных и техногенных объектов и процессов, изучения фундаментальных свойств материи

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки «Физика и астрономия» осваивается в течение всего периода обучения в рамках дисциплин (модулей) вариативной части и педагогической практики независимо от формирования других компетенций, и обеспечивает реализацию обобщенной трудовой функции «Проводить научные исследования и реализовывать проекты».

### **ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ**

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

**ЗНАТЬ:** физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, основные тенденции развития оптики;

**УМЕТЬ:** осуществлять отбор материала, характеризующего область оптики, с учетом конкретной научной или технической задачи;

**ВЛАДЕТЬ:** навыками работы в научном коллективе; приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению задач оптики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2)  
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

<b>Планируемые результаты обучения*</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач оптики	Не имеет базовых знаний о методиках анализа современных физико-технических проблем оптики, способах и методах решения экспериментальных и теоретических задач	Допускает существенные ошибки при раскрытии содержания методик анализа современных физико-технических проблем оптики, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач.	Демонстрирует частичные знания содержания методик анализа современных физико-технических проблем оптики, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, указывает способы реализации, но не может обосновать возможность их использования в конкретных ситуациях.	Демонстрирует знания сущности методик анализа современных физико-технических проблем оптики, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, отдельных особенностей методик и способов их реализации, но не выделяет критерии выбора конкретных методов и способов при решении научных задач.	Раскрывает полное содержание методик анализа современных физико-технических проблем оптики, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, всех их особенностей, аргументированно обосновывает критерии выбора методик анализа современных физико-технических проблем оптики, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач при решении профессиональных задач.

<p><b>УМЕТЬ:</b> критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития оптики</p>	<p>Не умеет критически анализировать физико-технические проблемы, ставить задачи, разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения.</p>	<p>Имея базовые представления о современных физико-технических проблемах оптики, и способах их решения, не способен определить границы их применимости в конкретных ситуациях.</p>	<p>При анализе конкретной научной задачи не учитывает тенденции развития оптики.</p>	<p>Умеет критически анализировать современные физико-технические проблемы, разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, но не полностью учитывает тенденции развития оптики.</p>	<p>Готов и умеет критически анализировать проблемы оптики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития области оптики.</p>
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач оптики.</p>	<p>Не владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению задач оптики.</p>	<p>Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания и оценки результатов деятельности по решению стандартных задач оптики, но допускает ошибки при выборе приемов и технологий и их реализации.</p>	<p>Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания и оценки результатов деятельности по решению стандартных задач оптики, но не дает полностью аргументированного обоснования предлагаемого варианта решения.</p>	<p>Владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению стандартных профессиональных задач оптики, полностью аргументируя предлагаемые варианты решения.</p>	<p>Демонстрирует владение системой приемов и технологий целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению нестандартных профессиональных задач оптики, полностью аргументируя выбор предлагаемого варианта решения.</p>

**Примечания:**

\* В качестве планируемых результатов обучения для формирования компетенции могут быть выделены не все предложенные категории («владеть (навыком, методом, способом, технологией пр.), «уметь» и «знать»), а только их часть, при этом под указанными категориями понимается:

«знать» – воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты.

«уметь» – решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения;

«владеть» – решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, формируется в процессе получения опыта деятельности.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОЦЕДУРЫ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Предусмотрены следующие виды контроля и аттестации обучающихся при освоении основных образовательных программ:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация по завершению периода обучения (учебного года (курса), семестра);
- рубежный контроль (по завершению освоения образовательного модуля) – *проводится в случае реализации образовательной программы в модульном или частично модульном формате;*
- итоговая (государственная итоговая) аттестация по завершению основной образовательной программы в целом.

Под **образовательным модулем** понимается структурный элемент образовательной программы, имеющий определённую логическую завершённость по отношению к требуемым результатам освоения образовательной программы в целом (компетенциям). Образовательный модуль имеет «входные требования» в виде набора необходимых для его освоения компетенций (или ВУЗов) и четко сформулированные планируемые результаты обучения, которые в совокупности должны обеспечить обучающемуся освоение одной компетенции или группы компетенций. Если модуль столь велик, что не может быть реализован в течение одного учебного года, его можно разделить на учебные элементы (дисциплины, части дисциплин, междисциплинарные виды учебной деятельности), каждый из которых реализуется в рамках одного семестра или учебного года. Для таких учебных элементов должны быть определены свои результаты обучения (имеющие промежуточный характер по отношению к результатам обучения по модулю в целом), создано соответствующее учебно-методическое обеспечение (согласованное с рабочей программой и учебно-методическим обеспечением модуля в целом). Учебные элементы модуля, которые реализуются в рамках одного учебного года, должны заканчиваться промежуточной аттестацией. По результатам освоения всего модуля должен быть проведен рубежный контроль уровня сформированности запланированной компетенции (компетенций). Модуль может осваиваться параллельно или последовательно с другими структурными элементами образовательной программы, дискретно или непрерывно.

**Текущий контроль успеваемости** обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей) и прохождения практик, он может проводиться в виде оценки участия обучающихся в научных и научно-методических мероприятиях, в т.ч. семинарах, дискуссиях, конференциях, исследовательской и публикационной активности, результативности исследовательской и преподавательской деятельности и т.д.

По ПК-4 проводится в основном в виде оценки подготовленных по промежуточным результатам проведенных исследований материалов для участия в научных семинарах и конференциях, собственно участия в научных семинарах и конференциях, а также в виде оценки публикационной активности и результативности исследовательской деятельности.

**Промежуточная аттестация** имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по каждой дисциплине (модулю) и практике за определенный период обучения (семестр) и может проводиться в форме экзаменов, зачетов, защиты промежуточных результатов исследовательской работы, в т.ч. подготовленных в виде публикаций в соответствии с предъявляемыми требованиями и др.

По ПК-4 проводится в форме защиты перед аттестационной комиссией промежуточных результатов исследовательской работы, как правило, за годовой период обучения с предоставлением рабочих материалов и публикаций.

**Рубежный контроль** имеет целью определить степень сформированности отдельных компетенций обучающихся по завершению освоения образовательного модуля. Рубежный контроль может проводиться в форме решения комплексной задачи, защиты промежуточных итогов исследовательской работы и др. По срокам проведения рубежный контроль может совпасть с временем проведения промежуточной аттестации.

По ПК-4 проводится во время промежуточных аттестаций в процессе защит промежуточных итогов исследовательской работы и оценивается степень владения методологией теоретических и экспериментальных исследований.

**Итоговая (государственная итоговая) аттестация** имеет целью определить степень сформированности всех компетенций обучающихся (или всех ключевых компетенций, определенных образовательной организацией совместно с работодателями – заказчиками кадров). ГИА проводится в форме кандидатских экзаменов по обязательным дисциплинам учебного плана по направлению подготовки и выбранной научной специальности (профиля).

#### **Рекомендуемые типы контроля для оценивания результатов обучения.**

Для оценивания результатов обучения в виде **знаний** используются следующие типы контроля:

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Тестовые задания должны охватывать содержание всего пройденного материала. Индивидуальное собеседование, письменная работа проводятся по разработанным вопросам по отдельному учебному элементу программы (дисциплине).

Для оценивания результатов обучения в виде **умений и владений** используются следующие типы контроля:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.



Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление последовательности разработки программы исследования при решении профессиональной задачи в области математики и механики;
- задания на аргументированное обоснование критериев выбора методики исследования при решении профессиональной задачи в области математики и механики;
- задания на разработку плана реализации экспериментальных исследований, учитывающего ресурсные и временные ограничения участников проекта;
- задания на понимание специфики особенностей различных типов представления результатов экспериментальных исследований перед разными аудиториями;
- задания на умение интерпретировать, представлять и применять полученные результаты экспериментальных исследований, исходя из тенденций развития математики и механики.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц.

#### 5. Содержание разделов дисциплины (лекции – 1 ЗЕ)

<b>1. Электромагнитная теория света</b>	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. 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. Электрооптические эффекты Керра и Погкельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея. Эффект Допплера.
<b>2. Геометрическая оптика</b>	Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах. Геометрические aberrации. Хроматическая aberrация. Типы оптических приборов.
<b>3. Интерференция и дифракция световых волн</b>	Интерференция частично-когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Интерферометрия. Многослойные покрытия. Дифракция. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Гауссовы пучки. Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса - Кронига. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы.

<b>4. Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом</b>	<p>Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Комбинационное рассеяние. 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.</p>
<b>5. Статистическая оптика</b>	<p>Временная и пространственная когерентность световых полей. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина. Распределение Бозе-Эйнштейна. Пуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотчетов. Дробовой шум. Статистические свойства лазерного излучения. Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света. Динамическая корреляционная спектроскопия. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Бифотоны. Сцепленные состояния света. Рассеяние света в биоткани.</p>
<b>6. Спектроскопия</b>	<p>Спектры атомов. Спектры молекул. Колебательные спектры. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Спектроскопия твердого тела. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Тушение люминесценции (температурное, концентрационное, посторонними веществами). Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.</p>

<b>7. Экспериментальная и прикладная оптика</b>	<p>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, призменные 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. Методы компьютерной оптики.</p> <p>Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.</p>
<b>8. Оптика лазеров</b>	<p>Принцип работы лазера. Схемы накачки. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков. Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры. 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.</p>

## 6. Лабораторный практикум (объём – 1 ЗЕ)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Примеры выполняемых экспериментальных работ	Трудоемкость (ЗЕ)
1.	Оптические свойства материальных сред	Исследование процессов поглощения электромагнитного излучения в твердых телах.	0,3
2.	Оптические устройства	Регистрация спектров поглощения с помощью акустооптического спектрометра.	0,3
3	Комбинационное рассеяние света и люминесценция	Анализ спектров комбинационного рассеяния в кристаллах.	0,4

## 7. Ресурсное обеспечение

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С. Ландсберг. Оптика. М. «ФИЗМАТЛИТ», 2010 г.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. В 5 т. Т.4. Оптика : учебное пособие для вузов ФИЗМАТЛИТ, 2006
3. С.А. Родионов Основы оптики (2000).
4. M.Csele. Fundamental of Light Sources and Lasers (2004)
5. D.Greene Light and Dark (2003)
6. Воробьев и др. Оптические свойства наноструктур (2001)
7. W. Chang Principles of Lasers and Optics (2005)
8. Колмаков Ю. Н., Кажарская С.Е. Учебное пособие по курсу “Оптика” (2000)

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: "Наука", 1970.
2. Королев Ф.А. Теоретическая оптика. М.: "Высшая школа", 1966.
3. Матвеев А.Н. Оптика. М.: "Высшая школа", 1985
4. Шерклиф У. Поляризованный свет. М.: "Мир", 1965.
5. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: "Наука", 1981.
6. Гудмен Дж. Статистическая оптика. М.: "Мир", 1988.
7. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
8. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.: "Мир", 1989.
9. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М.: "Мир", 1972.
10. Клышко Д.Н. Физические основы квантовой электроники. М.: "Наука", 1986.
11. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: "Наука", 1989.
12. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1962.
13. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.:Физматгиз, 1963.
14. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
15. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Издательство МГУ, 1987.
16. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). М.: Издательство МГУ, 1989.
17. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. М.: "Высшая школа", 1971.
18. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Издательство МГУ, 1994.
19. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. М.: Издательство МГУ, 1994.
20. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1986.
21. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М.: "Мир", 1970.
22. Ярив А. Введение в оптическую электронику. М.: "Высшая школа", 1983.
23. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988
24. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Издательство МГУ, 1996.
25. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: "Наука". 1978.
26. Ханин Я.И.. Основы динамики лазеров. М., 1999.
27. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: "Наука", 1990.

28. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Издательство МГУ, 1987.
29. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. М.: "Наука", 1985.
30. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. М.: Мир, 1981.
31. Ярив, П. Юх Оптические волны в кристаллах (1987)
32. Mark Fox Optical Properties of Solid (2001)
33. Н.Б. Делоне Взаимодействие лазерного излучения с веществом (1989)
34. Миннарт М. Цвет и свет в природе (1969)
35. D. A. Burns, E. W. Ciurczak Handbook of Near-Infrared Analysis (2001)
36. В.А.Солнцев Оптические наблюдательные приборы (1991)
37. Robert W. Boyd Nonlinear Optics 2nd ed (2003)
38. D. Courjon Near-Field Microscopy and Near-Field Optics (2001)
39. Н.Н. Михельсон Оптика астрономических телескопов и методы ее расчета (1995)
40. М. Милер Голография (теория, эксперимент, применение) (1979)
41. М.М. Горшков Эллипсометрия (1974)
42. Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Квантовая механика. Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, 1963 г.
43. Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. Издательство «Наука», Москва, 1963 г.
44. Л.М. Бреховских. Волны в слоистых средах. Изд. АН СССР, 1957..
45. Д. Займан. Электроны и фононы. ИЛ. 1962 г.
46. Ч. Киттель. Квантовая теория твёрдых тел. «Наука», 1967.
47. Д. Блейкмор. Физика твёрдого тела. Изд. «Мир», Москва, 1985.
48. "Квантовая электроника". Маленькая энциклопедия, М., 1969 г.
49. Г.М. Страховский, А.В.Успенский "Основы квантовой электроники", Изд-во Высшей школы, М., 1973 г.

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

Современные спектрометры, лазерные источники, интерферометры, дифракционные решётки, акустооптические ячейки, осциллографы, фотоумножители, многоэлементные приёмники излучения.

Библиотека, книжный фонд которой составляет специализированная литература и журналы.

Зал, оснащенный компьютером с проектором, обычной доской – для проведения семинаров и лекционных занятий.

## **9. Образовательные технологии.**

### **Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Обучение по дисциплине ведется с применением как традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов, подразумевающее активное участие аспирантов в научных семинарах, представление докладов на научные конференции, подготовку научных статей, подготовку презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы сети Интернет.

**10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

**Контрольные темы для проведения текущего контроля:**

1. Уравнения Максвелла в вакууме и в среде.
2. Модели материальных сред.
3. Поляритонные волны.
4. Законы дисперсии электромагнитных волн в различных средах.
5. Особенности распространения электромагнитных волн в кристаллах.
6. Законы отражения и преломления на границе раздела сред.
7. Закон Снеллиуса-Декарта.
8. Положительное и отрицательное преломление.
9. Метаматериалы.
10. Фотонные кристаллы.
11. Замедление электромагнитных волн вблизи края стоп-зон в фотонном кристалле.
12. Оптические свойства, атомов, молекул и кристаллов.
13. Зонная структура диэлектриков и полупроводников.
14. Типы электронных переходов.
15. Поглощение и излучение света.
16. Люминесценция.
17. Оптические свойства экситонов.
18. Бозе-эйнштейновская конденсация.
19. Оптические свойства плазмы.
20. Спектроскопия комбинационного рассеяния света.
21. Спектры фотолюминесценции.
22. Приёмники инфракрасного и видимого излучения.
23. Солнечные элементы.
24. Электромагнитные волны вблизи поверхности металлов.
25. Эффекты гигантского усиления электромагнитного поля вблизи острия.
26. Распространение излучения в линзах и призмах.
27. Теория дифракционной решётки.
28. Интерферометры.
29. Спектрометры и полихроматоры.
30. Детекторы электромагнитного излучения.
31. Микроскоп и телескоп.
32. Фурье спектрометры.
33. Двойной и тройной монохроматор.

34. Волоконно-оптические спектрометры.
35. Комбинационное рассеяние в твёрдых телах.
36. Вклад оптических фононов и поляритонов в процессы рассеяния света.
37. Примесная и собственная фотолюминесценция в полупроводниковых материалах.
38. Резонансное комбинационное рассеяние.
39. Условия наблюдения комбинационного рассеяния света в различных конденсированных средах.
40. Спектральные, временные и энергетические характеристики вторичного излучения в кристаллах.
41. Классическое и квантовое описание нелинейно-оптических процессов.
42. Генерация второй оптической гармоники. Условия синхронизма.
43. Параметрические процессы в оптике.
44. Вынужденное комбинационное рассеяние света.
45. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
46. Усиление света в активной среде. Лазерные резонаторы.
47. Типы лазеров.

## **11. Язык преподавания русский.**