Приложение 6

Утверждено Приказом ФИЦ КазНЦ РАН

от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_\_

Разработано и рекомендовано к утверждению

Ученым советом КФТИ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН

«22» января 2025 г., протокол №2

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Оптическая спектроскопия»**

Составная часть

**основной профессиональной образовательной программ**

**высшего образования -**

**программы подготовки научных и научно-педагогических кадров**

**в аспирантуре**

Научная специальность

**1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (физико-математические науки)**

**1.3.6. Оптика (физико-математические науки)**

**Содержание**

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения, трудоемкость дисциплины.

2. Перечень планируемых результатов обучения.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

4. Содержание дисциплины.

5. Учебно-тематический план занятий.

6. Формы текущего контроля, критерии оценки.

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, трудоемкость дисциплины**

Виды учебной деятельности: аудиторные занятия – 27 часов, самостоятельная работа – 92 часа, зачет - 1 час, всего – 120 часов.

Форма проведения аудиторных занятий – лекции, семинары и консультации.

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.

Формой итогового контроля является зачет.

**2. Перечень планируемых результатов обучения**

В результате освоения дисциплины выпускник 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;

- роль и место оптической спектроскопии в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязь с другими разделами физики;

- особенности научной терминологии, понятийный аппарат оптической спектроскопии, используемые при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме;

- современные методы оптической спектроскопии, их специфические особенности и области применения;

- фундаментальные основы взаимодействия излучения с веществом и принципы лазерной диагностики сред;

- основополагающие физические модели для описания оптических явлений и результатов экспериментов в научных исследованиях в области оптической спектроскопии и возможные способы их развития;

***Уметь:***

- анализировать альтернативные варианты решения практических задач оптической спектроскопии и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;

- выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы оптической спектроскопии;

- анализировать экспериментальные данные;

- использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований;

***Владеть:***

- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области оптической спектроскопии;

- навыками проведения оптических спектроскопических экспериментов с использованием современной лазерной техники, включая фемтосекундную, и методов интерпретации экспериментальных результатов.

- навыками критического анализа научной литературы с целью самостоятельного выбора направления исследования;

- навыками формулировки выводов по итогам проведенных исследований, экспериментов, наблюдений, измерений.

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

Дисциплина «Оптическая спектроскопия» является элективной и/или факультативной дисциплиной и включена в Блок «Образовательная компонента» основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научным специальностям 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества и 1.3.6. Оптика. Обучение планируется на втором и/или третьем курсе.

Данная дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов по высшей математике, общей и теоретической физике и спецкурсов в рамках магистерской программы образования или специалитета по физике. Аспирант должен обладать навыками самостоятельного освоения изучаемого материала.

**4. Содержание дисциплины**

**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. Актуальность курса обусловлена большой значимостью и распространенностью методов оптической спектроскопии в фундаментальной и прикладной науках, на производстве, в диагностике и контроле различных процессов. Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальным дисциплинам 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества и 1.3.6. Оптика.

**5. Учебно-тематический план занятий**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Наименование темы** | **Аудит. занятия** | **Самост.**  **работа** | **Всего**  **часов** |
|  | **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, 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. | **5** | **18** | **23** |
|  | Оптические устройства  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. | **5** | **18** | **24** |
|  | Оптическая спектроскопия  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.  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. Хромофоры и их характеристичность. Простые и сопряженные хромофоры. Электронные переходы в молекулах органических соединений: σ→σ\*, *n*→σ\*, π→ π \*, n→ π \*. Колебательная структура электронных переходов.  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 ИКспектроскопии. Вибронные переходы. Классификация молекул по виду вибронных спектров. Принцип Франка–Кондона. Красители.  Основные законы люминесценции: затухание люминесценции, закон Стокса, правило зеркальной симметрии Лёвшина, правило Каша. Флюоресценция и фосфоресценция. Интеркомбинационные переходы. Задержанная флюоресценция. Триплетное поглощение. Кинетическая схема люминесценции: стационарный случай, кинетика люминесценции. Квантовый выход. Формула Каша. Спектр возбуждения. Процессы деактивации электронного возбуждения. | **5** | **18** | **24** |
|  | Лазерная техника оптической спектроскопии  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. | **6** | **19** | **24** |
|  | Фемтосекундная спектроскопия  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. | **6** | **19** | **24** |
|  | ЗАЧЕТ | **1** | **-** | **1** |
| ВСЕГО | | **28** | **92** | **120** |

**6. Формы текущего контроля, критерии оценки**

**6.1. Итоговый контроль:** формой итогового контроля по дисциплине является Зачет.

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.

**Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля:**

**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 остовного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения 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 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 итогового контроля:**

|  |  |
| --- | --- |
| Оценка | Требования к знаниям и критерии выставления  оценок: |
| **зачтено** | Аспирант при ответе демонстрирует знание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями и терминами, знает особенности развития соответствующей области науки, имеет представление о специфике объектов исследований. Информирован о современных направлениях работ, ознакомлен с содержанием основных литературных источников, способен делать анализ проблем и намечать пути их решения. |
| **не зачтено** | Аспирант демонстрирует плохое знание большей части основного материала в соответствующей области науки. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и не в состоянии наметить пути их решения. |

**При выборе аспирантом дисциплины «Оптическая спектроскопия» в качестве элективной, зачет по дисциплине является допуском к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине.**

**7. Учебно-методическое обеспечение**

**7.1. Литература**

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

**7.2. Дополнительная литература**

1. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. – М.: Наука, 1981.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
3. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: Изд. АН СССР, 1957
4. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. – М.: Издательство МГУ, 1987
5. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. Пер. с англ. В.Ю. Галицкого и М.П. Головея. – М.: Мир, 1970
6. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций. – М.: Наука, 1989
7. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. – М.: Физматгиз, 1962
8. Займан Д. Электроны и фононы. – М.: ИЛ, 1962
9. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. – M.: Мир, 1981
10. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука,1988
11. Китель Ч. Квантовая теория твёрдых тел. – М.: Наука, 1967
12. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978
13. Королев Ф.А. Теоретическая оптика. – М.: Высшая школа, 1966.
14. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963
15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1963
16. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). – М.: Издательство МГУ, 1989
17. Матвеев А.Н. Оптика. – М.: Высшая школа, 1985
18. Милер М. Голография (теория, эксперимент, применение).– Л.: Машиностроение, 1979
19. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. – М.: Мир, 1972
20. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. – М.: Изд-во МГУ, 1987
21. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. – М.: Физматгиз, 1963.
22. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. – М.: Мир, 1989
23. Страховский Г.М., Успенский А.В. Основы квантовой электроники. – М.: Изд-во Высшей школы, 1973
24. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. – М.: Энергоатомиздат, 1986
25. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров. – М.: Физматлит, 1999
26. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989
27. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. – М.: Мир, 1987

**7.3. Электронные ресурсы**

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

* Библиотека международного издательства INTECHOPEN – http://www.intechopen.com/
* Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU www.elibrary.ru
* Научная электронная библиотека КиберЛенинка http://www.cyberleninka.ru/
* Полнотекстовая электронная библиотека РФФИ http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library
* Электронная библиотека «Научное наследие России» http://www.e-heritage.ru/index.html
* 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

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

* ArXiv: Open access to 1,146,534 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance and Statistics (Электронный архив публикаций библиотеки Корнелльского университета) http://xxx.lanl.gov/archive
* Directory of Open Access Books (DOAB) http://doabooks.org/
* Directory of Open Access Journals (DOAJ) http://www.doaj.org
* 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
* Международная реферативная база по физике, астрономии, теории частиц ADS(NASA) http://adsabs.harvard.edu/
* Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) http://elibrary.ru/project\_risc.asp

**III. ЖУРНАЛЫ И КНИГИ**

* List of Free Physics Books | Physics Database http://physicsdatabase.com/free-physics-book
* Nature Communications http://www.nature.com/ncomms/index.html
* New Journal of Physics http://iopscience.iop.org/journal/1367-2630
* Physical Review X http://journals.aps.org/prx/
* Physics Books – Free Computer Books http://www.freebookcentre.net/Physics/Physics-Books-Online.html
* Scientific Reports http://www.nature.com/srep/
* Журналы физико-технического института им А.Ф. Йоффе 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

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

* ETH Zurich group about EPR http://www.epr.ethz.ch
* European community of Magnetism http://magnetism.eu
* International Society of Magnetic Resonance https://www.weizmann.ac.il/ISMAR/education
* Magnetic Resonance Imaging http://www.magnetic-resonance.org
* Molecular magnetism http://www.molmag.de
* Библиотека Гумер. Гуманитарные науки. http://www.gumer.info/bibliotek\_Buks/Pedagog/
* Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://window.edu.ru/
* Информационная справочно-правовая система «Консультант плюс» http://www.consultant.ru/ (некоммерческая версия)
* Российское магнитное общество http://www.amtc.ru/mago/
* Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании http://www.ict.edu.ru/
* Справочно-информационный портал ГРАМОТА.РУ http://www.gramota.ru/
* Техническая библиотека http://techlibrary.ru/
* Федеральный портал «Российское образование» www.edu.ru
* Энциклопедия лазерной физики и технологии http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html

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

Аудиторные занятия, самостоятельная работа по освоению дисциплины и подготовка к сдаче зачета и кандидатского экзамена проводятся в специальных помещениях (читальный зал научной библиотеки, лабораторные комнаты), оборудованных мебелью (столы, стулья), компьютерами с доступом к сети Интернет, демонстрационным оборудованием.

Обучение по дисциплине ведётся с применением как традиционных методов (лекции, 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.

В ходе лабораторных занятий аспирантам предоставляется возможность изучить специфику экспериментальных исследований поверхности с помощью методов сканирующей зондовой микроскопии, познакомится с принципами работы и возможностями современной экспериментальной аппаратуры и оборудования, используемых при проведении научных исследований в области исследований поверхности, получить практические навыки 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 профильных подразделений КФТИ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН - современные спектрометры, источники лазерного излучения, интерферометры, дифракционные решётки, осциллографы, фотоумножители, многоэлементные приёмники излучения, нелинейные кристаллы.