МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

_____ "___" _____20___ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

# Программа дисциплины

Лазерная спектроскопия Б1.В.ОД.7

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая радиофизика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Юсупов Р.В.

**Рецензент(ы):**

Никитин С.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 6144217

Казань
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший научный сотрудник, к.н. (доцент) Юсупов Р.В. Центр квантовых технологий КФУ , Roman.Yusupov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Основной целью освоения дисциплины "Лазерная спектроскопия" является формирование у студентов современного представления об основных принципах линейной и нелинейной лазерной спектроскопии. Особое внимание уделяется изучению принципов построения перестраиваемых лазеров на различных активных средах, различных методов лазерной спектроскопии, технике эксперимента, реально достижимой чувствительности методов.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.03 Радиофизика и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

"Лазерная спектроскопия" относится к профессиональному циклу и является дисциплиной по выбору. Преподавание данной дисциплины направлено на освоение студентами основ и принципов экспериментальных исследований в области оптической лазерной спектроскопии. Для освоения материала необходимы знания дисциплин: оптика, квантовая механика, физика твердого тела, квантовая радиофизика, математический анализ, дифференциальные и интегральные уравнения, векторный и тензорный анализ, механика. Освоение дисциплины будет способствовать формированию специалиста с конкурентоспособными умениями и навыками, его успешной профессиональной деятельности, позволит ему эффективно участвовать в научно-исследовательской работе, понимать результаты статей и монографий в соответствующих областях знаний.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ОПК-3 (профессиональные компетенции) | способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач |
| ПК-2 (профессиональные компетенции) | способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта |
| ПК-4 (профессиональные компетенции) | способность внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования |
| ОК-1 (общекультурные компетенции) | способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу |

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ОПК-4 (профессиональные компетенции) | способность к свободному владению профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, использованию современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки |
| ПК-3 (профессиональные компетенции) | способность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теорию и принципы, на базе которых проводятся экспериментальные исследования методами линейной и нелинейной лазерной спектроскопии;

2. должен уметь:

понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и закономерностями в области лазерной спектроскопии; осознавать достоинства и недостатки разлиных методов для адекватного выбора при решении конкретных задач;

3. должен владеть:

навыками проведения экспериментов в области лазерной спектроскопии, направленных на решение конкретных научных и технологических задач

4. должен демонстрировать способность и готовность:

использовать изученные методы лазерной спектроскопии при выполнении выпускных квалификационных работ

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

**Тематический план дисциплины/модуля**

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Свойства лазерного излучения. Лазеры как источник, открывающий принципиально новые возможности в оптической спектроскопии. | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | |
| 2. | Тема 2. Активные среды для перестраиваемых лазеров: растворы органических красителей, кристаллы, активированные ионами группы железа и ионами редких земель (d-f переходы), кристаллы с центрами окраски. | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | |
| 3. | Тема 3. Методы внутрирезонаторной селекции спектра излучения. Схемы резонаторов с различными внутрирезонаторними дисперсионными элементами: призмы, дифракционные решетки, эталоны Фабри-Перо, фильтры Лио, акустооптические селекторы. Особенности работы непрерывных и импульсных перестраиваемых лазеров. Схемы с продольной и поперечной накачкой активной среды. Лазеры с распределенной обратной связью. | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | |

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 4. | Тема 4. Активная стабилизация частоты генерации лазера. Стабилизация по интерферометру Фабри-Перо. Стабилизация по резонансу насыщения поглощения. | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | |
| 5. | Тема 5. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ. | 2 | 5-7 | 0 | 6 | 0 | Дискуссия Презентация |

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 6. | Тема 6. Методы нелинейного преобразования частоты. Физические основы генерации гармоник лазерного излучения, параметрической генерации. Оптическая схема внерезонаторной генерации второй гармоники. Схемы о цилиндрическими линзами. Схема компенсации дисперсии синхронизма. Схема с использованием последовательно расположенных нелинейных кристаллов. Многопроходовая схема. Схема генерации четвертой гармоники. Внутрирезонаторная генерация второй гармоники. Параметрические процессы в радиотехнике и оптике. Параметрическая люминесценция, усиление, генерация. Фазовые синхронизации при трехчастотном параметрическом взаимодействии. Принципы построения параметрических генераторов света. | 2 | 8 | 2 | 0 | 0 | |
| 7. | Тема 7. Основы внутрирезонаторной спектроскопии. Применения внутрирезонаторной спектроскопии. | 2 | 9-11 | 0 | 0 | 0 | Презентация Дискуссия |

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 8. | Тема 8. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния. Приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния. | 2 | 9-11 | 0 | 0 | 0 | Презентация Дискуссия |
| 9. | Тема 9. Основы и приложения селективной лазерной спектроскопии. | 2 | 9-12 | 0 | 8 | 0 | Научный доклад |
| 10. | Тема 10. Многофотонная спектроскопия. Вероятность многофотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной спектроскопии и спектроскопии кристаллов. | 2 | 13 | 2 | 0 | 0 | Презентация |
| 11. | Тема 11. Методы двойного резонанса. Оптическое детектирования ЭПР. | 2 | 14-15 | 0 | 0 | 0 | Дискуссия |
| 12. | Тема 12. Внутиридоплеровская спектроскопия высокого разрешения. | 2 | 14-15 | 0 | 0 | 0 | Дискуссия |
| 13. | Тема 13. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия. Метод накачка-зондирование. | 2 | 15 | 2 | 0 | 0 | Дискуссия Презентация |
| . | Тема . Итоговая форма контроля | 2 | | 0 | 0 | 0 | Зачет |
| | Итого | | | 14 | 14 | 0 | |


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Свойства лазерного излучения. Лазеры как источник, открывающий принципиально новые возможности в оптической спектроскопии.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Лазер как источник излучения. Уникальные характеристики лазерного излучения по сравнению с естественным светом и их природа. Когерентность пространственная и временная, длина когерентности. Спектральный состав излучения лазера и его связь с модами оптического резонатора. Продольные и поперечные моды. Представления о селекции мод. Достижимая на сегодняшний день степень монохроматичности. Лазер как уникальный источник излучения для спектроскопии.

**Тема 2. Активные среды для перестраиваемых лазеров: растворы органических красителей, кристаллы, активированные ионами группы железа и ионами редких земель (d-f переходы), кристаллы с центрами окраски.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Активные среды лазеров. Природа возбуждений, обуславливающих вынужденное излучение, в газах, растворах органических красителей, активированных кристаллах и центрах окраски в них. Спектральные области, в которых возможна генерация лазерного излучения на перечисленных активных средах.

**Тема 3. Методы внутрирезонаторной селекции спектра излучения. Схемы резонаторов с различными внутрирезонаторними дисперсионными элементами: призмы, дифракционные решетки, эталоны Фабри-Перо, фильтры Лио, акустооптические селекторы. Особенности работы непрерывных и импульсных перестраиваемых лазеров. Схемы с продольной и поперечной накачкой активной среды. Лазеры с распределенной обратной связью.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Методы внутрирезонаторной селекции спектра излучения. Схемы резонаторов с различными внутрирезонаторними дисперсионными элементами: призмы, дифракционные решетки, эталоны Фабри-Перо, фильтры Лио, акустооптические селекторы. Особенности работы непрерывных и импульсных перестраиваемых лазеров. Схемы с продольной и поперечной накачкой активной среды. Лазеры с распределенной обратной связью.

**Тема 4. Активная стабилизация частоты генерации лазера. Стабилизация по интерферометру Фабри-Перо. Стабилизация по резонансу насыщения поглощения.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Активная стабилизация частоты генерации лазера. Стабилизация по интерферометру Фабри-Перо. Стабилизация по резонансу насыщения поглощения.

**Тема 5. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.**

***практическое занятие (6 часа(ов)):***

Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.

**Тема 6. Методы нелинейного преобразования частоты. Физические основы генерации гармоник лазерного излучения, параметрической генерации. Оптическая схема внерезонаторной генерации второй гармоники. Схемы о цилиндрическими линзами. Схема компенсации дисперсии синхронизма. Схема с использованием последовательно расположенных нелинейных кристаллов. Многопроходовая схема. Схема генерации четвертой гармоники. Внутрирезонаторная генерация второй гармоники. Параметрические процессы в радиотехнике и оптике. Параметрическая люминесценция, усиление, генерация. Фазовые синхронизации при трехчастотном параметрическом взаимодействии. Принципы построения параметрических генераторов света.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Методы нелинейного преобразования частоты. Физические основы генерации гармоник лазерного излучения, параметрической генерации. Оптическая схема внерезонаторной генерации второй гармоники. Схемы о цилиндрическими линзами. Схема компенсации дисперсии синхронизма. Схема с использованием последовательно расположенных нелинейных кристаллов. Многопроходовая схема. Схема генерации четвертой гармоники. Внутрирезонаторная генерация второй гармоники. Параметрические процессы в радиотехнике и оптике. Параметрическая люминесценция, усиление, генерация. Фазовые синхронизации при трехчастотном параметрическом взаимодействии. Принципы построения параметрических генераторов света.

**Тема 7. Основы внутрирезонаторной спектроскопии. Применения внутрирезонаторной спектроскопии.**

**Тема 8. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния. Приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.**

**Тема 9. Основы и приложения селективной лазерной спектроскопии.**

***практическое занятие (8 часа(ов)):***

Посещение лаборатории селективной лазерной спектроскопии Института физики КФУ. Выполнение измерений спектров люминесценции и возбуждения кристаллов BaF2:Yb. Разделение спектров различных примесных центров, образованных иттербием.

**Тема 10. Многофотонная спектроскопия. Вероятность многофотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной спектроскопии и спектроскопии кристаллов.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Вероятность многофотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной спектроскопии и спектроскопии кристаллов.

**Тема 11. Методы двойного резонанса. Оптическое детектирования ЭПР.**

**Тема 12. Внутиридоплеровская спектроскопия высокого разрешения.**

**Тема 13. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия. Метод накачка-зондирование.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Примеры типичных экспериментов по исследованию быстропротекающих процессов методами пико- и фемтосекундной лазерной спектроскопии.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5. | Тема 5. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ. | 2 | 5-7 | подготовка к дискуссии | 4 | дискуссия |
| | | | | подготовка к презентации | 4 | презентация |

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. | Тема 7. Основы внутрирезонаторной спектроскопии. Применения внутрирезонаторной спектроскопии. | 2 | 9-11 | подготовка к дискуссии | 2 | дискуссия |
| | | | | подготовка к презентации | 4 | презентация |
| 8. | Тема 8. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния. Приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния. | 2 | 9-11 | подготовка к дискуссии | 2 | дискуссия |
| | | | | подготовка к презентации | 4 | презентация |
| 9. | Тема 9. Основы и приложения селективной лазерной спектроскопии. | 2 | 9-12 | подготовка к научному докладу | 8 | научный доклад |
| 10. | Тема 10. Многофотонная спектроскопия. Вероятность многофотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной спектроскопии и спектроскопии кристаллов. | 2 | 13 | подготовка к презентации | 4 | презентация |
| 11. | Тема 11. Методы двойного резонанса. Оптическое детектирования ЭПР. | 2 | 14-15 | подготовка к дискуссии | 4 | дискуссия |
| 12. | Тема 12. Внутиридоплеровская спектроскопия высокого разрешения. | 2 | 14-15 | подготовка к дискуссии | 4 | дискуссия |
| 13. | Тема 13. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия. Метод накачка-зондирование. | 2 | 15 | подготовка к дискуссии | 2 | дискуссия |
| | | | | подготовка к презентации | 2 | презентация |


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Итого | | | | 44 | |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные и практические занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Занятия проводятся в интерактивной форме, позволяющей студентам лучше усваивать материал. В лекциях уделено большое внимание разбору конкретных ситуаций, возникающих при практической работе с лазерной техникой, используемой спектроскопии высокого разрешения. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции (использование проблемного подхода, разбор конкретных ситуаций), практические занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий).

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

**Тема 1. Свойства лазерного излучения. Лазеры как источник, открывающий принципиально новые возможности в оптической спектроскопии.**

**Тема 2. Активные среды для перестраиваемых лазеров: растворы органических красителей, кристаллы, активированные ионами группы железа и ионами редких земель (d-f переходы), кристаллы с центрами окраски.**

**Тема 3. Методы внутрирезонаторной селекции спектра излучения. Схемы резонаторов с различными внутрирезонаторними дисперсионными элементами: призмы, дифракционные решетки, эталоны Фабри-Перо, фильтры Лио, акустооптические селекторы. Особенности работы непрерывных и импульсных перестраиваемых лазеров. Схемы с продольной и поперечной накачкой активной среды. Лазеры с распределенной обратной связью.**

**Тема 4. Активная стабилизация частоты генерации лазера. Стабилизация по интерферометру Фабри-Перо. Стабилизация по резонансу насыщения поглощения.**

**Тема 5. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.**

дискуссия , примерные вопросы:

По результатам представленных презентаций инициируется дискуссия, позволяющая оценить степень понимания предложенного для самостоятельного изучения материала. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ОПК-3, ОПК-4. Рассматриваемые вопросы: 1. Синхронизация мод. 2. Пассивная и активная синхронизация мод. 3. Картина распределения электромагнитного поля в резонаторе лазера в режиме синхронизации мод.

презентация , примерные вопросы:

Студенты делают краткие презентации по принципам построения лазерных систем, генерирующих импульсы сверхкороткой длительности. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ПК-2, ПК-3. Возможные темы презентаций: 1. Синхронизация мод. Активная синхронизация мод и ее реализация. 2. Синхронизация мод. Пассивная синхронизация мод и ее реализация. 3. Гибридные схемы синхронизации мод. 4. Линза Керра. Самофокусировка. Лазер с самосинхронизацией мод на сапфире с титаном.

**Тема 6. Методы нелинейного преобразования частоты. Физические основы генерации гармоник лазерного излучения, параметрической генерации. Оптическая схема внерезонаторной генерации второй гармоники. Схемы о цилиндрическими линзами. Схема компенсации дисперсии синхронизма. Схема с использованием последовательно расположенных нелинейных кристаллов. Многопроходовая схема. Схема генерации четвертой гармоники. Внутрирезонаторная генерация второй гармоники. Параметрические процессы в радиотехнике и оптике. Параметрическая люминесценция, усиление, генерация. Фазовые синхронизации при трехчастотном параметрическом взаимодействии. Принципы построения параметрических генераторов света.**

**Тема 7. Основы внутрирезонаторной спектроскопии. Применения внутрирезонаторной спектроскопии.**

дискуссия , примерные вопросы:

По результатам представленных презентаций инициируется дискуссия, позволяющая оценить степень понимания предложенного для самостоятельного изучения материала. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ОПК-3, ОПК-4. Рассматриваемые вопросы: 1. Потери в резонаторе. 2. Проявление селективных по длинам потерь в резонаторе в спектре излучения лазера. 3. Чувствительность метода внутрирезонаторной лазерной спектроскопии в сопоставлении с спектрофотометрией.

презентация , примерные вопросы:

Студенты делают краткие презентации по принципам внутрирезонаторной лазерной спектроскопии и применениям этих методов. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ПК-2, ПК-3. Возможные темы презентаций: 1. Внутрирезонаторная спектроскопия для детектирования малых концентраций загрязнений в воздухе. 2. Внутрирезонаторная спектроскопия в исследованиях короткоживущих радикалов в химии.

**Тема 8. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния. Приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.**

дискуссия , примерные вопросы:

По результатам представленных презентаций инициируется дискуссия, позволяющая оценить степень понимания предложенного для самостоятельного изучения материала. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ОПК-3, ОПК-4. Рассматриваемые вопросы: 1. Природа спектров комбинационного рассеяния в классическом и квантовомеханическом представлении. 2. Стоксовы и антистоксовы компоненты. Их зависимость от температуры. 3. Возможные приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.

презентация , примерные вопросы:

Студенты делают краткие презентации по методам лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния и применениям этих методов. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ПК-2, ПК-3. Возможные темы для презентаций: 1. Вынужденное комбинационное рассеяние. 2. Резонансное и нерезонансное комбинационное рассеяние. Разница между ними. 3. Спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния. 4. Приложения лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния.

**Тема 9. Основы и приложения селективной лазерной спектроскопии.**

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты делают краткие научные доклады по опубликованным характерным исследованиям с использованием методов селективной лазерной спектроскопии. Темы докладов выбираются максимально приближенными к тематике научных исследований, проводимых студентами. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОПК-3, ПК-2, ПК-3, ПК-4. Возможные темы докладов: 1. Исследования многоцентровости при легировании диэлектрических кристаллов переходными и редкоземельными ионами. 2. Редкоземельные ионы во флюоритах. Селективная лазерная спектроскопия центров РЗ ионов. 3. Селективная лазерная спектроскопия предельного разрешения. Исследования тонкой структуры линий.

**Тема 10. Многофотонная спектроскопия. Вероятность многофотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной спектроскопии и спектроскопии кристаллов.**

презентация , примерные вопросы:

Студенты делают краткие презентации по физическим основам и методам многофотонной лазерной спектроскопии и их применениям. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ПК-2, ПК-3. Возможные темы презентаций: 1. Вероятность одно- и многофотонных переходов. Правила отбора. 2. Применения многофотонного поглощения в спектроскопии кристаллов. 3. Многофотонная лазерная микроскопия.

**Тема 11. Методы двойного резонанса. Оптическое детектирования ЭПР.**

дискуссия , примерные вопросы:

Преподавателем инициируется дискуссия, позволяющая оценить степень понимания предложенного для самостоятельного изучения материала. Рассматриваемые вопросы: 1. Базовые представления об электронном парамагнитном резонансе (ЭПР). 2. Чувствительность метода ЭПР. 3. Принципиальные преимущества метода оптического детектирования магнитного резонанса перед прямым детектированием на частоте СВЧ. 4. Спектры магнитного кругового дихроизма. Природа основных вкладов в спектры МКД.

**Тема 12. Внутиридоплеровская спектроскопия высокого разрешения.**

дискуссия , примерные вопросы:

Преподавателем нициируется дискуссия, позволяющая оценить степень понимания предложенного для самостоятельного изучения материала. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ОПК-3, ОПК-4. Рассматриваемые вопросы: 1. Источники уширения спектральных линий. 2. Допплеровский вклад в ширину линии. 3. Методы, свободные от допплеровского уширения.

**Тема 13. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия. Метод накачка-зондирование.**

дискуссия , примерные вопросы:

По результатам представленных презентаций инициируется дискуссия, позволяющая оценить степень понимания предложенного для самостоятельного изучения материала. Рассматриваемые вопросы: 1. Примеры быстропротекающих процессов в физике конденсированного состояния, физике атомов и молекул, биофизике, представляющих значительный интерес. 2. Метод накачки-зондирования для исследования быстропротекающих процессов. Временное разрешение метода. 3. Многоимпульсные последовательности. Исследования когерентных процессов.

презентация , примерные вопросы:

Студенты делают краткие презентации по методам лазерной спектроскопии с высоким временным разрешением и иллюстрируют избранными примерами. Развиваемые и оцениваемые компетенции: ОК-1, ПК-2, ПК-3. Возможные темы презентаций: 1. Исследования фотосинтеза методами пико- и фемтосекундной спектроскопии. 2. Исследования сверхпроводимости и волн зарядовой плотности методами фемтосекундной спектроскопии. 3. Когерентный контроль элементарных возбуждений. 4. Аттосекундные импульсы. Методы их геренрации.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примерные вопросы на зачете:

1. Схемы резонаторов с различными внутрирезонаторными дисперсионными элементами: призмы, дифракционные решетки, эталоны Фабри-Перо, фильтры Лио, акустооптические селекторы. Параметры внитрирезонаторных дисперсионных элементов, схемы включения.

2. Особенности работы непрерывных и импульсных перестраиваемых лазеров. Схемы с продольной и поперечной накачкой активной среды.

3. Лазеры с распределенной обратной связью.

4. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны.

5. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.

6. Основы внутрирезонаторной спектроскопии. Применения внутрирезонаторной спектроскопии.

7. Многофотонная спектроскопия. Вероятность многофотонных переходов. Применение многофотонного поглощения в атомной спектроскопии и спектроскопии кристаллов

8. Основы и приложения селективной лазерной спектроскопии.

9. Комбинационное рассеяние света, вынужденное комбинационное рассеяние.

10. Методы двойных резонансов, оптическое детектирование электронного парамагнитного резонанса.

11. Внутиридоплеровская спектроскопия высокого разрешения.

### 7.1. Основная литература:

1. Демтрёдер В., Современная лазерная спектроскопия (уч.пособие ) /В.Демтрёдер,( пер. с англ.) - Долгопрудный:Интеллект,2014. - 1071 с.

2. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие в 2 т., Т.1: Долгопрудный, ООО Издательский дом "Интеллект", 2012. - 760 с.

3. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие в 2 т., Т.2: Долгопрудный, ООО Издательский дом "Интеллект", 2012. - 764 с.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Физика лазеров / О. Звелто. Пер. под науч. Ред. Т.А. Шмаонова, изд-во "Лань", 2008. - 720 с.

2. Анохов С. П., Марусий Т. Я., Соскин М. С. Перестраиваемые лазеры. М.: Радио и связь, 1982. - 359 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Википедия - свободная энциклопедия - http://ru.wikipedia.org/

Все для студента - http://www.twirpx.com/

Научная библиотека им. Н.И.Лобачевского - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5056

Электронно-библиотечная система - http://ibooks.ru

Электронные книги - http://eknigi.org/

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Лазерная спектроскопия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе " БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС " БиблиоРоссика " представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Для проведения занятий требуются переносной компьютер с установленным программным обеспечением и (желательно) с беспроводным доступом в сеть Интернет, а также мультимедийный комплекс, включающий как минимум мультимедиа-проектор и экран, либо интерактивная доска.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Квантовая радиофизика .

Автор(ы):
Юсупов Р.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Никитин С.И. _____
"__" _____ 201 __ г.