

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



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Современные методы спектроскопии БЗ.ДВ.9

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Камалова Д.И.

**Рецензент(ы):**

Сибгатуллин М.Э.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 6124414

Казань

2014

## 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) профессор, д.н. (профессор) Камалова Д.И.  
Кафедра оптики и нанофотоники Отделение физики, Dina.Kamalova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

изучение физических основ современных методов спектроскопии, ознакомление с конкретными схемами экспериментальных установок и анализ возможностей комплексного использования современных методов для определения физических параметров молекул и веществ.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.9 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

дисциплина "Современные методы спектроскопии" относится к дисциплинам по выбору профессионального цикла: Б.3.ДВ.9. Для освоения данной дисциплины требуются знания обучающегося, приобретенные при изучении общего курса физики, в частности, разделов Оптика, Атомная физика.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

физические основы методов современной спектроскопии, принципы действия и конкретные схемы экспериментальных установок, возможности и особенности применения данных методов.

2. должен уметь:

выбрать из существующих физических методов исследования подходящий с точки зрения особенностей изучаемого объекта и решаемой задачи;

3. должен владеть:

представлением о современном состоянии работ по развитию спектроскопических методов исследования.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применить в своей практической деятельности полученные знания об основах и принципах методов современной спектроскопии, схемах экспериментальных установок, особенностях данных методов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 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. Общая характеристика задач, решаемых современными методами спектроскопии. Классификация методов спектроскопии.	8	1	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	
2.	Тема 2. Радиоспектроскопические методы.	8	2	2	2	0	
3.	Тема 3. Микроволновая спектроскопия.	8	3	2	2	0	
4.	Тема 4. Субмиллиметровая спектроскопия.	8	4	2	0	0	
5.	Тема 5. Общие сведения о лазерной и когерентной спектроскопии.	8	5,6	2	6	0	
6.	Тема 6. Люминесцентная спектроскопия.	8	7,8	4	4	0	
7.	Тема 7. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния света.	8	9	2	4	0	
8.	Тема 8. Методы фотоэлектронной спектроскопии.	8	10	2	4	0	
9.	Тема 9. EXAFS-спектроскопия, спектроскопия XANES.	8	11	2	0	0	
10.	Тема 10. Спектроскопия одиночных атомов. Ридберговские атомы.	8	12	4	2	0	
11.	Тема 11. Мессбауэровская спектроскопия.	8	13	2	2	0	
12.	Тема 12. ИК-фурье-спектроскопия	8	14,15	4	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			30	30	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Общая характеристика задач, решаемых современными методами спектроскопии. Классификация методов спектроскопии.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Задачи, решаемые современными методами спектроскопии. Классификация методов спектроскопии по диапазонам длин волн электромагнитного излучения. Классификация методов по физическим явлениям взаимодействия электро-магнитного излучения с веществом. Классификация методов по типам исследуемых объектов.

## **Тема 2. Радиоспектроскопические методы.**

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

Общие сведения о радиоспектроскопических методах. Физические принципы метода ЯМР-спектроскопии. Реализация условий ЯМР. Характеристичность химических сдвигов. Применения метода.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Прикладные аспекты спектроскопия ЯМР высокого разрешения, спектроскопии ЯКР, спектроскопии ДЭЯР. Использование сигналов ЭПР в методе спиновых меток и зондов при изучении локальной подвижности макромолекул.

## **Тема 3. Микроволновая спектроскопия.**

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

Микроволновой метод исследования вращательных спектров молекул. Использование эффекта Штарка в микроволновой спектроскопии. Методика эксперимента в микроволновой вращательной спектроскопии.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Применения микроволновой вращательной спектроскопии: Определение электрических дипольных моментов молекул. Исследование внутреннего вращения молекул.

## **Тема 4. Субмиллиметровая спектроскопия.**

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

Особенности субмиллиметрового диапазона волн. Лампы обратной волны как источник субмиллиметровых волн. Регистрация субмиллиметровых спектров. Возможности субмиллиметровой спектроскопии.

## **Тема 5. Общие сведения о лазерной и когерентной спектроскопии.**

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

Общие сведения о лазерной и когерентной спектроскопии. Возможности лазерной спектроскопии в изучении строения молекул и запрещенных переходов. Аппаратура для проведения лазерных спектроскопических экспериментов.

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

Многофотонная спектроскопия. Внутррезонаторная спектроскопия. Методы ближнеполюной оптической спектроскопии. Оптическая эхо-спектроскопия. Лазерная поляризационная спектроскопия. Лазерная люминесцентная спектроскопия и техника люминесцентных измерений. Нелинейная лазерная спектроскопия без доплеровского уширения. Двухфотонная лазерная спектроскопия. Лазерная интерференционная спектроскопия насыщения. Лазерное охлаждение газов.

## **Тема 6. Люминесцентная спектроскопия.**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Физические основы метода люминесцентной спектроскопии. Классификация различных видов люминесценции. Квантовый выход люминесценции. Техника люминесцентных измерений. Методы изучения кинетики люминесценции.

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Практические аспекты люминесцентных измерений. Флуоресценция одиночных молекул.

## **Тема 7. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния света.**

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

Физические основы методов лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния света. Резонансное КРС. Вынужденное КРС. Когерентное антистоксово КРС. Гиперкомбинационное рассеяние.

### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Другие методы лазерной спектроскопии комбинационного рассеяния света. Гигантское КРС. Микроскопия КРС. Спектроскопия кругового дихроизма КР. Инверсное КРС.

## **Тема 8. Методы фотоэлектронной спектроскопии.**

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



Физическая модель эмиссии электронов при возбуждении ионизирующим излучением. Параметры и структура фотоэлектронных спектров. Техника и методика эксперимента. Применение методов фотоэлектронной спектроскопии.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Оже-электронная спектроскопия. Теория оже-эффекта. Применение оже-спектроскопии для исследования и анализа газов. Оже-спектроскопия высокого разрешения в применении к твердым телам. Применение оже-спектроскопии при исследовании поверхностей.

**Тема 9. EXAFS-спектроскопия, спектроскопия XANES.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

EXAFS-спектроскопия: физические основы, методы исследования атомной структуры вещества по EXAFS-спектрам, приложения EXAFS-спектроскопии к задачам структурного анализа. Особенности формирования спектра XANES/

**Тема 10. Спектроскопия одиночных атомов. Ридберговские атомы.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Спектроскопия одиночных атомов. Ридберговские атомы. Основные параметры, характеризующие ридберговские атомы.

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

Ознакомление с экспериментами с ридберговскими атомами: лабораторные опыты, спектры излучения и поглощения ридберговских атомов, находящихся в космическом пространстве.

**Тема 11. Мессбауэровская спектроскопия.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Общая характеристика и основы теории метода. Условия, необходимые для наблюдения эффекта Мессбауэра. Особенности и параметры мессбауэровских спектров.

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

Возможности применения к исследованию электронной структуры твердых тел, схема регистрации спектров, абсорбционная и эмиссионная мессбауэровская спектроскопия.

**Тема 12. ИК-Фурье-спектроскопия**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основы Фурье-спектроскопии. Связь интерферограммы и спектра. Преимущества Фельжета и Жакино. Схемы фурье-спектрометров.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Знакомство с современными ИК-Фурье-спектрометрами. Возможности и использование ИК-Фурье-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
2.	Тема 2. Радиоспектроскопические методы.	8	2	подготовка презентаций и доклада	4	доклад с презентацией на практическом занятии
3.	Тема 3. Микроволновая спектроскопия.	8	3	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
4.	Тема 4. Субмиллиметровая спектроскопия.	8	4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Общие сведения о лазерной и когерентной спектроскопии.	8	5,6	подготовка презентаций и докладов	4	доклады с презентацией
6.	Тема 6. Люминесцентная спектроскопия.	8	7,8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния света.	8	9	подготовка рефератов	6	рефераты
8.	Тема 8. Методы фотоэлектронной спектроскопии.	8	10	подготовка презентаций и доклада	4	доклад с презентацией на практическом занятии
9.	Тема 9. EXAFS-спектроскопия, спектроскопия XANES.	8	11	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
10.	Тема 10. Спектроскопия одиночных атомов. Ридберговские атомы.	8	12	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
11.	Тема 11. Мессбауэровская спектроскопия.	8	13	подготовка рефератов	4	рефераты
12.	Тема 12. ИК-фурье-спектроскопия	8	14,15	практическое ознакомление с современным Фурье-спектрометром	6	устный опрос
	Итого				48	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

технологии курса - лекции (30 часов), практические занятия в виде семинаров (30 часов) с выступлением обучающихся перед студенческой аудиторией. 48 часов выделено на самостоятельную работу студентов с использованием научной литературы и интернета.

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

**Тема 1. Общая характеристика задач, решаемых современными методами спектроскопии. Классификация методов спектроскопии.**

**Тема 2. Радиоспектроскопические методы.**

доклад с презентацией на практическом занятии , примерные вопросы:

Примерные темы докладов: Спектроскопия ЯМР высокого разрешения, Спектроскопия ЯКР. Использование ДЭЯР. Сигналы ЭПР в методе спиновых меток и зондов при изучении полимеров.



### **Тема 3. Микроволновая спектроскопия.**

дискуссия , примерные вопросы:

Тема дискуссии: Рассмотрение некоторых применений метода микроволновой спектроскопии.

### **Тема 4. Субмиллиметровая спектроскопия.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: Источник субмиллиметровых волн. Регистрация субмиллиметровых спектров. Возможности субмиллиметровой спектроскопии.

### **Тема 5. Общие сведения о лазерной и когерентной спектроскопии.**

доклады с презентацией , примерные вопросы:

Примерные темы докладов: Многофотонная спектроскопия. Внутривибрационная спектроскопия. Методы ближнепольной оптической спектроскопии. Оптическая эхо-спектроскопия. Лазерная поляризационная спектроскопия. Лазерная люминесцентная спектроскопия и техника люминесцентных измерений. Нелинейная лазерная спектроскопия без доплеровского уширения. Двухфотонная лазерная спектроскопия. Лазерная интерференционная спектроскопия насыщения. Лазерное охлаждение газов.

### **Тема 6. Люминесцентная спектроскопия.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: В чем сущность резонансной, спонтанной и вынужденной люминесценции. В чем заключается правило зеркальной симметрии. Замедленная флуоресценция. Выход люминесценции. Условия проведения люминесцентных измерений. На чем основаны методы изучения кинетики люминесценции. Достоинства и ограничения методов люминесцентного спектрального анализа.

### **Тема 7. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния света.**

рефераты , примерные темы:

Примерные темы рефератов: Резонансное и вынужденное КРС. Гиперкомбинационное рассеяние света. Гигантское КРС. Когерентное антистоксово рассеяние. Микроскопия КРС.

### **Тема 8. Методы фотоэлектронной спектроскопии.**

доклад с презентацией на практическом занятии , примерные вопросы:

Темы докладов: Применение оже-спектроскопии для исследования и анализа газов. Оже-спектроскопия высокого разрешения в применении к твердым телам. Применение оже-спектроскопии при исследовании поверхностей.

### **Тема 9. EXAFS-спектроскопия, спектроскопия XANES.**

дискуссия , примерные вопросы:

Тема дискуссии: Приложения EXAFS-спектроскопии к задачам структурного анализа.

### **Тема 10. Спектроскопия одиночных атомов. Ридберговские атомы.**

дискуссия , примерные вопросы:

Тема дискуссии: Эксперименты с ридберговскими атомами.

### **Тема 11. Мессбауэровская спектроскопия.**

рефераты , примерные темы:

Примерные темы рефератов: Тонкая и сверхтонкая структура мессбауэровских спектров и какие данные из нее получают. Структурные исследования с помощью мессбауэровских спектров. Техника мессбауэровского эксперимента.

### **Тема 12. ИК-фурье-спектроскопия**

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: Преимущества Фурье-спектроскопии. Принципиальные оптические схемы ИК-фурье-спектрометров. Источники света, приемники излучения. Требования, предъявляемые к основным узлам фурье-спектрометра.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вышеприведенные вопросы и задания ведут к развитию следующих компетенций: ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6.

Примерные вопросы на зачет:

1. Классификация методов спектроскопии.
2. Резонансное КРС.
3. Задачи микроволновой спектроскопии.
4. Оже-электронная спектроскопия.
5. Методика эксперимента в микроволновой вращательной спектроскопии.
6. Физические основы EXAFS-спектроскопии.
7. Особенности субмиллиметровой спектроскопии.
8. Возможности XANES-спектроскопии.
9. Спектроскопия ридберговских атомов.
10. Принцип действия лампы обратной волны.
11. Гиперкомбинационное рассеяние света.
12. Акустолюминесценция.
13. Лазерная внутривибрационная спектроскопия.
14. Физические основы люминесценции.
15. Спектроскопия ЯМР и ЯКР.
16. Двойной электронно-ядерный резонанс.
17. Практическое применение люминесцентной спектроскопии.
18. Ридберговские атомы.
19. Мессбауэровская спектроскопия: параметры мессбауэровских спектров.
20. Преимущества ИК-Фурье-спектроскопии.

### 7.1. Основная литература:

1. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учебное пособие : / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова .? Долгопрудный : Интеллект, Т. 1, 2 .? 2012 .? 780 с.
2. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в Казанском университете / А. В. Аганов, Р. М. Аминова, А. А. Нафикова .? Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2006 .? 65 с.
3. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. - Москва:URSS: ЛИБРОКОМ, 2013. - 589 с.
4. Степанов Е.В. Диодная лазерная спектроскопия и анализ молекул-биомаркеров, Москва, изд-во: Физматлит, 2009, 416 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2329>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Фотонное эхо и фазовая память в газах / И. В. Евсеев, Н. Н. Рубцова, В.В. Самарцев.? Казань : Издательство Казанского государственного университета, 2009 .? 490 с. - 4 экз.
2. Камалова Д.И. Лекции по прикладной инфракрасной спектроскопии: учебное пособие / Д.И. Камалова, М.Х. Салахов. - Казань: Казанский государственный университет, 2009. -167 с. - 5 экз.
3. Осадько И.С. Флукутирующая флуоресценция наночастиц М.: "Физматлит", 2011, 320 стр. <http://e.lanbook.com/view/book/5283/>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

American Institute of Physics - <http://scitation.aip.org/>  
Издательство Elsevier - <http://www.sciencedirect.com/>  
Научная электронная библиотека - <http://www.elibrary.ru>  
Электронная библиотека - <http://www.knigafund.ru/>  
Электронная библиотечная система - [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)

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

Освоение дисциплины "Современные методы спектроскопии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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.

лекционная аудитория со стандартным проекционным оборудованием

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Камалова Д.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Сибгатуллин М.Э. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.