

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Институт физики

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор  
по научной деятельности КФУ  
Проф. Нургалиев Д.К.



20 14 г.

**Программа дисциплины**

Б1.В.ДВ Техника современного спектроскопического эксперимента

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль подготовки: 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Казань

2014

## **1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ**

Курс посвящен:

- углубленному изучению современных методов электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), их применению в различных областях науки и техники, изучению возможностей комбинации спектроскопического и оптического эксперимента;

- ознакомлению с современным уровнем техники ЯМР, в том числе: с типами магнитных и градиентных систем, обеспечивающих спектральное и пространственное разрешение.

- углубленному изучению методик градиентного ЯМР как в применении к повышению информативности спектров, так и для исследованию сложных молекулярных систем на основе анализа характеристик трансляционной подвижности молекул.

- углубленному изучению методов прикладной оптической спектроскопии, их применению в различных областях науки и техники, изучению возможностей спектроскопического эксперимента в оптике.

- ознакомлению с методами фемтосекундной лазерной спектроскопии;

- углубленному изучению методов ядерной гамма-резонансной (ЯГР) спектроскопии, их применению в различных областях науки и техники, изучению возможностей спектроскопического и оптического эксперимента.

На практических занятиях приобретаются навыки работы на современном спектроскопическом оборудовании ЭПР, ЯМР, оптической и лазерной спектроскопии, ядерного гамма-резонанса. Приобретаются навыки и приемы выступлений на семинарах и конференциях.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Данная учебная дисциплина относится к раздел «Б1.В.ДВ Дисциплины по выбору» основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Осваивается на 2 курсе обучения (4 семестр).

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке аспирантов в областях: «Оптика», «Атомная и ядерная физика», «Физика конденсированного состояния», «Ядерно-физические методы исследования вещества»

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен:

знать:

- физические основы ЭПР, основы экспериментальных методов ЭПР спектроскопии, принципы работы элементов техники ЭПР, теоретические основы математической обработки и моделирования ЭПР спектров;

- физические основы явления и техники ЯМР, особенности техники градиентного ЯМР и области ее применения, особенности методик градиентного ЯМР в применении к исследованиям сложных молекулярных систем;

- природу оптических спектров, виды источников оптического излучения и характеристики приемников излучения, типы светофильтров, призменные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры, принципы фурье-спектроскопии;

- теорию и принципы, на базе которых проводятся экспериментальные исследования быстропротекающих процессов методами лазерной спектроскопии;

- физические основы ядерного гамма-резонанса, основы экспериментальных методов

гамма-резонансной спектроскопии, принципы работы элементов техники гамма-резонансной спектроскопии, теоретические основы математической обработки и моделирования гамма-резонансных спектров;

уметь:

- формулировать задачи на научные исследования с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР

- проводить научные исследования с помощью современного спектроскопического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;

- должен уметь формулировать задачи, решение которых требует лазерной техники с фемтосекундной длительностью импульса;

- проводить научные исследования с помощью современной техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом;

владеть:

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области электронного парамагнитного резонанса;

- методологией ядерного магнитного резонанса в целом, а также особенностями требований и методик в ЯМР высокого разрешения, ЯМР релаксации и градиентном ЯМР, включая ЯМР томографию

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптики и спектроскопии

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

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области ядерного гамма-резонанса;

демонстрировать способность и готовность:

- интерпретировать результаты экспериментальных резонансных исследований, применять знания в аналитических целях и научно-исследовательской работе;

- понимать многообразие и особенности техники, а также методик измерения по основным направлениям развития методов ЯМР

- понимать виды решаемых задач для разных направлений ЯМР, понимать особенности задач градиентного ЯМР

- интерпретировать результаты спектроскопического эксперимента, применять знания в аналитических целях и научной работе;

- интерпретировать результаты экспериментальных гамма-резонансных исследований, применять знания в аналитических целях и научно-исследовательской работе;

применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
	числе в междисциплинарных областях;
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области спектроскопического эксперимента с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики конденсированного состояния и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

#### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов). При промежуточном контроле знаний оценивается подготовка презентации и устное выступление с нею, участие в дискуссиях и отчеты о выполнении практических заданий.

Итоговая форма контроля – зачет в 4-м семестре.

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

###### **Тематический план дисциплины/модуля**

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины/ Модуля</b>	<b>Семестр</b>	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>Лабораторные работы</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1.	Тема 1. Техника ЭПР спектроскопии	4	3	3	0	12
2.	Тема 2. Техника ЯМР спектроскопии и градиентного ЯМР	4	3	3	0	12
3.	Тема 3. Особенности методик градиентного ЯМР	4	3	3	0	12
4.	Тема 4. Техника оптической спектроскопии	4	3	3	0	12
5.	Тема 5. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия	4	3	3	0	12

№	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
6.	Тема 6. Техника ЯГР спектроскопии	4	3	3	0	12
	Тема . Итоговая форма контроля	4	0			
	Итого		18	18	0	72

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Техника ЭПР спектроскопии

###### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

ЭПР основные принципы. Квантово-механический формализм. Спектрометры ЭПР. Основные узлы и комплектующие. Современное состояние в технике ЭПР. Оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра. Блок – схема ЭПР спектрометра. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектрометров.

Полупроводниковые нанокристаллы. Квантовое ограничение. Зависимость g- фактора мелкого донора от размеров нанокристалла. Зависимость плотности волновой функции мелкого донора от размеров нанокристалла. Динамическая поляризация ядер. Монокристаллы ZnO. Нанокристаллы ZnO. ЭПР в биологических объектах. Основные типы парамагнитных центров.

###### *Практическое занятие (3 часа):*

Практическое знакомство с устройством современного ЭПР-спектрометра BRUKER 580/680. Регистрация и интерпретация ЭПР спектров образцов, предложенных преподавателем.

##### Тема 2. Техника ЯМР спектроскопии и градиентного ЯМР

###### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

Явление ЯМР. Особенности требований и техники ЯМР по направлениям ЯМР. Решаемые задачи в ЯМР по основным направлениям развития метода. Требования к объектам исследования. Измеряемые параметры и проблемы интерпретации данных. Необходимость проведения многопараметрических исследований как залог достижения корректной интерпретации результатов измерений.

###### *Практическое занятие (1 часа(ов)):*

Практическое знакомство с установками ЯМР, обеспечивающими функции ЯМР релаксометрии, ЯМР высокого разрешения, ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля (градиентный ЯМР) и ЯМР томографии. Демонстрации эксперимента по исследованию образца на одном из перечисленных видов установок ЯМР.

##### Тема 3. Особенности методик градиентного ЯМР

###### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

Состав и особенности техники градиентного ЯМР. Требования к блокам импульсного градиента и градиентным катушкам. Современные методики градиентного ЯМР в исследованиях сложных молекулярных систем, включая компартментные. Основные закономерности, описывающие процессы самодиффузии в полимерных и пористых системах. Особенности информации, извлекаемой из изучения процессов самодиффузии молекул в нанопористых объектах. Градиентный ЯМР как основа ЯМР томографии. Связь пространственного разрешения с параметрами градиентных систем аппаратуры ЯМР. Методики диффузионного взвешивания спектров ЯМР, влияние времен релаксации на измерения коэффициентов самодиффузии в многокомпонентных системах, явления обмена.

***Практическое занятие ( часа(ов)):***

Проведение практических занятий по исследованию процессов самодиффузии в простом и сложном объектах, предложенных преподавателем. Обработка результатов измерений и их анализ, а также анализ правильности и достаточности выбранных студентом методик измерения.

**Тема 4. Техника оптической спектроскопии**

***лекционное занятие (3 часа(ов)):***

Источники оптического излучения. Оптические материалы. Характеристики приемников излучения. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Особенности аппаратуры для инфракрасной области спектра. Приборы с интерференционной и растровой селективной модуляцией светового потока. Преимущества фурье-спектроскопии. Непрерывно действующие автоматические анализаторы.

***Практическое занятие ( часа(ов)):***

Практическое знакомство с устройством современного ИК-фурье-спектрометра Frontier и спектрофотометра для видимой и УФ области Lambda 35. Регистрация и интерпретация оптических спектров образцов, предложенных преподавателем.

**Тема 5. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия.**

***Лекционное занятие (3 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.

***Практическое занятие (3 часа):***

Примеры быстропротекающих процессов в физике конденсированного состояния, физике атомов и молекул, биофизике, представляющих значительный интерес. Метод накачки-зондирования для исследования быстропротекающих процессов. Временное разрешение метода. Многоимпульсные последовательности. Исследования когерентных процессов.

**Тема 6. Техника ЯГР спектроскопии**

***лекционное занятие (3 часа(ов)):***

Основы ядерного гамма резонанса, эффект Мессбауэра. Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии, схемы регистрации гамма-резонансного спектра. Блок схема мессбауэровского спектрометра. Источники мессбауэровского излучения. Детекторы гамма излучения, спектрометрический тракт. Система доплеровской модуляции энергии источника гамма излучения, синхронизация работы движителя и блока накопления. Техника низко- и высокотемпературных измерений. Измерение гамма-резонансных спектров в сильных магнитных полях и высоких давлениях. Основы математической обработки/фитинга экспериментальных мессбауэровских спектров.

***Практическое занятие (3 часа):*** Ознакомление с устройством современного мессбауэровского спектрометра фирмы Wissel (Germany) и спектрометром SM1201 (Санкт-Петербург). Регистрация, математическая обработка и интерпретация гамма-резонансных спектров образцов, предложенных преподавателем.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Курс лекций организован с применением современных мультимедийных технологий, используются проблемные ситуации.

На практических занятиях: аспиранты выступают с презентациями по теме данного практического занятия (у каждого аспиранта индивидуальная тема для презентации), осваивают современные средства (PowerPoint, Adobe Acrobat, Beamer и др.), отвечают на контрольные вопросы преподавателя, посещают консультации.

На самостоятельной работе готовятся презентации для практических занятий, ведется подготовка к устному опросу, проводятся консультации с преподавателем.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Тема 1.**

Примерные вопросы или темы презентаций:

Типы спектрометров ЭПР. Современное состояние в технике ЭПР. Принципы оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра при решении конкретных задач. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектрометров. Типы парамагнитных центров. Методика приготовления образцов для спектроскопического эксперимента.

### **Тема 2.**

Примерные вопросы или темы презентаций:

Основные направления ЯМР. Типы установок ЯМР и решаемые задачи. Требования к магнитным системам ЯМР и современный достигнутый уровень. Чувствительность и измеряемые параметры в ЯМР. Многопараметричность ЯМР как достоинство метода и как недостаток.

### **Тема 3.**

Примерные вопросы или темы презентаций:

Какие задачи решаются на основе градиентного ЯМР.  
Состав и особенности техники градиентного ЯМР.  
Особенности методик градиентного ЯМР в простых и сложных молекулярных системах.  
Измеряемые характеристики трансляционной подвижности молекул в методе градиентного ЯМР есть число или функция?  
Что общего между градиентным ЯМР и ЯМР томографией?  
Как и почему характеристики пространственного разрешения аппаратуры ЯМР связаны с параметрами градиентных систем?...

### **Тема 4.**

Примерные вопросы или темы презентаций:

Источники оптического излучения. Оптические материалы. Виды светофильтров. Дифракционные спектрометры. Принципы фурье-спектроскопии. Преимущества фурье-спектрометров по сравнению с дифракционными и дисперсионными приборам. Схемы приборов с растровой селективной модуляцией светового потока. Методика приготовления образцов для спектроскопического эксперимента.

### **Тема 5.**

Примерные вопросы или 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 генерации.
5. Исследование нелинейно-оптических процессов методами фемтосекундной спектроскопии.

## **Тема 6.**

Примерные вопросы или темы презентаций:

Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии, схемы регистрации гамма-резонансного спектра. Блок схема мессбауэровского спектрометра. Источники мессбауэровского излучения. Детекторы гамма излучения, спектрометрический тракт. Система доплеровской модуляции энергии источника гамма излучения, синхронизация работы движителя и блока накопления. Техника низко- и высокотемпературных измерений. Измерение гамма-резонансных спектров в сильных магнитных полях и высоких давлениях. Основы математической обработки/фитинга экспериментальных мессбауэровских спектров.

## **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **7.1. Регламент дисциплины:**

Лекционный курс охватывает широкий диапазон современных методов спектроскопии конденсированного состояния, поэтому он будет обеспечиваться несколькими ведущими специалистами в каждом разделе спектроскопии. Практические занятия нацелены на приобретение навыков работы на самом современном спектроскопическом оборудовании Института физики. В ходе семестра проводятся устные опросы на лекциях. Для лучшего освоения лекционного материала аспиранты готовят презентации по каждой из рассматриваемых тем и докладывают их на практических занятиях. Презентации готовятся в отведенное для самостоятельной работы время. Для докладов по этим презентациям используются современные технические возможности и современные программные презентационные средства (PowerPoint, Acrobat, OpenOffice, LaTeX (beamer)). Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по теме презентации.

### **7.2. Оценочные средства текущего контроля:**

#### **Примерные темы для подготовки презентаций**

Типы спектрометров ЭПР, современное состояние в технике ЭПР. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектрометров. Типы парамагнитных центров. Основные направления ЯМР, типы установок ЯМР и решаемые задачи. Требования к магнитным системам ЯМР и современный достигнутый уровень. Чувствительность и измеряемые параметры в ЯМР. Задачи, решаемые с использованием градиентного ЯМР. Состав и особенности техники градиентного ЯМР. Особенности методик градиентного ЯМР в простых и сложных молекулярных системах.

Градиентный ЯМР и ЯМР томография. Дифракционные спектрометры. Принципы фурье-спектроскопии. Сравнение фурье-спектрометров с дифракционными и дисперсионными приборами. Схемы приборов с растровой селективной модуляцией светового потока. Методика приготовления образцов для спектроскопического эксперимента. Исследования фотосинтеза методами пико- и фемтосекундной спектроскопии. Когерентный контроль элементарных возбуждений. Аттосекундные импульсы, методы их генерации. Исследование нелинейно-оптических процессов методами фемтосекундной спектроскопии. Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии, схемы регистрации гамма-резонансного спектра. Блок схема мессбауэровского спектрометра.



Источники мессбауэровского излучения. Детекторы гамма излучения, спектрометрический тракт. Система доплеровской модуляции энергии источника гамма излучения, синхронизация работы движителя и блока накопления. Основы математической обработки/фитинга экспериментальных мессбауэровских спектров.

### 7.3. Вопросы к зачету:

1. Планирование ЭПР экспериментов.
2. Полупроводниковые нанокристаллы. Квантовое ограничение.
3. Идентификация центров методом ЭПР.
4. Квантовое ограничение. Зависимость  $g$ - фактора мелкого донора от размеров нанокристалла.
5. Квантовое ограничение. Зависимость плотности волновой функции мелкого донора от размеров нанокристалла.
6. Динамическая поляризация ядер.
7. ЭПР в биологических объектах. Основные типы парамагнитных центров.
8. Явление ЯМР. Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР. Блок-схема установки.
9. Многопараметричность ЯМР как достоинство метода и как недостаток.
10. Основные методики измерения времен спин-спиновой релаксации.
11. Форма диффузионного затухания и ее зависимость от временных интервалов последовательности в случае, осложненном не экспоненциальной ядерной магнитной релаксацией.
12. Основные импульсные последовательности, применяемые в исследованиях трансляционной подвижности.
13. Измеряемые характеристики трансляционной подвижности молекул в методе градиентного ЯМР как число и как функция.
14. Особенности процессов самодиффузии и измеряемых характеристик в пористых и нанопористых системах
15. Особенности аппаратуры, применяемой в ЯМР томографии.
16. Пространственный предел разрешения и определяющие его факторы.
17. Особенности аппаратуры в инфракрасной области спектра.
18. Основные преимущества фурье-спектрометров
19. Принципиальная схема фурье-спектрометра.
20. Особенности аппаратуры для дальней ИК области.
21. Принципы построения промышленных анализаторов.
22. Характеристические частоты и структурно-групповой анализ.
23. Источники оптического излучения.
24. Характеристики приемников оптического излучения.
25. Оптические материалы.
26. Основные характеристики спектральных приборов.
20. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны.
21. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.
22. Методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов.
23. Метод накачки-зондирования для исследования быстропротекающих процессов.
24. Исследования когерентных процессов с применением фемтосекундных лазеров.
25. Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии.
26. Блок схема мессбауэровского спектрометра.
27. Источники мессбауэровского излучения.
28. Тракт регистрации резонансного гамма излучения.
29. Система доплеровской модуляции.
30. Техника мессбауэровских низкотемпературных измерений.
31. Техника мессбауэровских высокотемпературных измерений.

32. Мессбауэровские измерения при высоких давлениях.
33. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов.
34. Основы математической обработки экспериментальных мессбауэровских спектров.

#### 7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;	Умение сформулировать основные проблемы современной спектроскопии в приложении к собственной работе.	Вводная или обзорная часть представленной презентации.  Ответы на вопросы зачета по конкретному материалу.
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	Умение четко сформулировать задачи, возникающие при решении поставленной задачи	Часть презентации, посвящённая постановке задачи.
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Умение самостоятельно ставить задачи конкретные задачи в своей области научных исследований	Часть презентации, посвящённая постановке задачи.
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области спектроскопического эксперимента с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Умение решать задачи и проблемы в своей деятельности, находить полезную информацию (современные обзоры, работы по данной тематике, решения аналогичных задач в других областях и т.д.) в сети Интернет.	Часть презентации, посвящённая методам решения спектроскопических задач, а также результатам выполненным на практических занятиях измерений и их анализу.
ПК-1	способность самостоятельно ставить конкретные задачи	Умение самостоятельно ставить задачи конкретные задачи в	Часть презентации, посвящённая постановке задачи.

	научных исследований в области физики конденсированного состояния и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	своей области научных исследований	
--	--	------------------------------------	--

## **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Можно выделить несколько видов самостоятельной работы аспирантов при изучении данной дисциплины.

*Разбор и усвоение лекционного материала.* После каждой лекции аспиранту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:

- понять и запомнить все новые определения;
- понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект;
- выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются);
- если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать;
- при возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.

*Самостоятельное изучение части материала.* Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.

*Подготовка презентации.* Презентация готовится с целью проверки усвоения лекционного материала и представления отчета по работам, выполненным в ходе практических занятий. При подготовке презентаций необходимо придерживаться следующего плана:

- нужно сформулировать тему презентации, указать ее исполнителя, номер академической группы (если таковая имеется), дату и место презентации;
- необходимо дать введение в тему или краткий обзор состояния исследований в заданной области. Результатом введения или обзора должна быть формулировка проблемы и постановка задачи;
- необходимо кратко описать инструментарий, используемый для решения поставленной задачи, и изложить методики измерений;
- необходимо изложить результаты измерений и их обработку;
- нужно обсудить полученные результаты и сформулировать выводы. Связать их с решением поставленной задачи.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **9.1. Основная литература:**

1. Зарипов, М.М. Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах: курс лекций. / М.М.Зарипов //- Казань: Казан.гос.ун-т, 2009. - 212 с. : ил. ; 21 см. Библиогр.: с. 205-206 (24 назв.) . - ISBN 978-5-98180-707-7, 225
2. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости / Федотов М.А. - 2010. - ISBN: 978-5-9221-1202-4. - 384 стр. - Издательство "Физматлит". Электронно-библиотечная система.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2151](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2151)
3. Филиппов, А. В. Латеральная диффузия в липидных мембранах в присутствии холестерина / А. В. Филиппов, В. Д. Скирда, М. А. Рудакова ; Федер. агентство по образованию, Федер. гос. авт. образоват. учреждение высш. проф. образование, "Казан. (Приволж.) федер. ун-т") .— Казань : [б. и.], 2010 ( : Интергафика) .— 225 с. : ил. ; 21 .— Библиогр.: с. 209-225 (196 назв.).— ISBN 978-5-903665-06-8 ((в обл.)) , 100.
4. 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.
5. 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.
6. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц : учебник для студентов вузов [Текст] / И. М. Капитонов, — Издание 4-е .— Москва : Физматлит, 2010 .— 512 с.

### **9.2. Дополнительная литература:**

1. Методическое пособие "Использование программного модуля EasySpin в анализе спектров магнитного резонанса" / Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, Н.И. Силкин, И.Н. Субачева, Р.В. Юсупов// 2014. электронный образовательный ресурс  
<http://gmamin.kpfu.ru/MRpract/easyspin.pdf>
2. Учебно-методическое пособие «ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ЯДЕРНУЮ МАГНИТНО – РЕЗОНАНСНУЮ ТОМОГРАФИЮ» / А.В. Аганов // 2013. Электронный образовательный ресурс: <http://kpfu.ru/portal/docs/F1671217290/A.V.Aganov.VVEDENIE.V.MEDICINSKIJU.YADERNIJU.MAGNIT>
3. А.В. Савинков, Б.И. Гизатуллин МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАБОТАМ ПО КУРСУ ЯДЕРНЫЙ РЕЗОНАНС (Казань - 2013) Электронный образовательный ресурс: [http://kpfu.ru/portal/docs/F2036393842/A.V..Savinkov\\_.B.I..Gizatullin.METODICHESKIE.UKAZANIYA.K.RA](http://kpfu.ru/portal/docs/F2036393842/A.V..Savinkov_.B.I..Gizatullin.METODICHESKIE.UKAZANIYA.K.RA)
4. Лекции по прикладной инфракрасной спектроскопии, Камалова, Дина Илевна; Салахов,

МякзюмХалимуллович, 2009г.

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

6. Ивойлов Н.Г. Введение в мессбауэровскую спектроскопию конверсионных электронов: Учебно-методическое пособие / Н.Г. Ивойлов. Е.Н.Дулов. -Казань: Издательство Казанского федерального университета. 2012. -45с:  
13илл.[http://kpfu.ru/docs/F2117844257/CEMS\\_release\\_LT7.pdf](http://kpfu.ru/docs/F2117844257/CEMS_release_LT7.pdf)

### **9.3. Интернет-ресурсы:**

Поисковая система Scopus . - <http://www.scopus.com/home.url>  
American Institute of Physics (AIP) - <http://scitation.aip.org/>  
Научная электронная библиотека - <http://www.elibrary.ru>  
ПрограммаBalls&Sticks - <http://www.toycrate.org/bs/index.html>  
ПрограммаEasyspin - <http://www.easyspin.org/>  
Программа Матлаб - [www.mathworks.com/](http://www.mathworks.com/)  
Сайт издателя Elsevier - <http://elsevierscience.ru/>  
Сайт фирмы Брукер - <http://www.bruker-biospin.de>  
ЭБС ZNANIUM.COM - <http://znanium.com/>  
ЭБС Издательства "Лань" - <http://lanbook.com/>  
Портал «Mossbauer Effect» - <http://www.mossbauer.info>  
Сайт Википедия Свободная энциклопедия -  
[http://en.wikipedia.org/wiki/M%C3%Moessbauer\\_spectroscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/M%C3%Moessbauer_spectroscopy)

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Освоение дисциплины "Техника современного спектроскопического эксперимента" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже IntelCore i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение. Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по изучаемой теме.

Лабораторное оборудование по курсу:

- НИЛ Электронного парамагнитного резонанса;
- НИЛ Резонансной и интерференционной гамма-спектроскопии перспективных материалов;
- НИЛ Физики сильнокоррелированных систем
- НИЛ Синтеза и анализа тонкопленочных систем
- НИЛ Нанопластики
- НИЛ Фемтосекундной лазерной спектроскопии
- НИЛ Диэлектрической спектроскопии

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 867) и с учетом рекомендаций по профилю подготовки.

**Авторы:**

Орлинский С.Б., Скирда В.Д., Камалова Д.И., Никитин С.И., Вагизов Ф.Г.

**Рецензент:**

зав. кафедрой Оптики и нанопластики, профессор Салахов М.Х.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института физики, протокол заседания №7 от "11" сентября 2014 г.