

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. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Сверхтонкие взаимодействия в твёрдых телах БЗ.ДВ.5

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Садыков Э.К.

**Рецензент(ы):**

Парфенов В.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань

2015

## 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) Садыков Э.К. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , Edgar.Sadykov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Получение представления о роли сверхтонких взаимодействий при формировании отклика для ряда резонансных методов исследования вещества: электронного и ядерного магнитного резонансов, мессбауэровской спектроскопии. Используется единый квантово-механический подход при интерпретации и теоретической оценке экспериментальных параметров, наблюдаемых этими методами.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " БЗ.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная дисциплина подготавливает студента к восприятию специальных курсов: "Полупроводниковые и магнитные материалы", "Физика поверхности и тонких пленок", "Ядерно-физические методы исследования вещества". Данный курс предназначен также как теоретическая база , используемая при выполнении курсовых и выпускных работ.

### 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 использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований
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

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основы общепринятой модели электронного строения атома;
- природу электронно-ядерных взаимодействий ;
- методы теоретического анализа электронно-ядерных взаимодействий и основные методы экспериментального изучения сверхтонких взаимодействий; разделы 1-6 (лекции)

2. должен уметь:

- проводить численную оценку энергии сверхтонких взаимодействий;
  - сопоставлять возможности, преимущества тех или иных экспериментальных методов изучения сверхтонких взаимодействий;
  - применять экспериментальные данные по сверхтонким взаимодействиям при анализе физических процессов в электронной системе твердого тела.
- разделы 1-6 (лекции)

3. должен владеть:

навыками

- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- способность физической интерпретации параметров эксперимента,
- готовность теоретической оценки ожидаемых на эксперименте параметров,
- способность выбрать метод исследования для определения того или другого параметра сверхтонкого взаимодействия.

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 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. Теория кристаллического поля.	7	1,2	4	4	0	
2.	Тема 2. Формализм операторов эквивалентов.	7	3,4	4	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Эффект Зеемана для парамагнитных ионов в кристалле.	7	5,6,7	6	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Метод спин-гамильтониана.	7	8	2	0	0	
5.	Тема 5. Теория поля лигандов.	7	9	2	4	0	коллоквиум
6.	Тема 6. ЯМР в магнитоупорядоченных системах.	7	10,11	4	0	0	устный опрос
7.	Тема 7. Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов.	7	12,13	4	6	0	устный опрос
8.	Тема 8. Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии.	7	14,15	4	8	0	устный опрос
9.	Тема 9. Радиочастотная мессбауэровская спектроскопия.	7	16	2	4	0	коллоквиум
10.	Тема 10. Прозрачность среды по отношению мессбауэровскому (гамма) излучению.	7		0	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			32	32	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Теория кристаллического поля.

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

Ионы переходных групп (группа железа, группа редких земель). Иерархия основных взаимодействий парамагнитного иона для двух групп. Внутрикристаллические электрические поля, их классификация по точечным группам. Разложение кристаллического поля по шаровым функциям. Штарковское расщепление.

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

Решение задач: Расчет штарковского поля для правильного октаэдрического комплекса. Расчет коэффициента перед оператором эквивалентом.

### Тема 2. Формализм операторов эквивалентов.

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

Формализм операторов эквивалентов. Физический смысл штарковского расщепления (на примере одного 3d -электрона в поле кубической симметрии и в полях более низкой симметрии).

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

Семинарское занятие: 1. Физический смысл штарковского расщепления (на примере одного  $3d$ -электрона в поле кубической симметрии) Решение задач: Расчет тензора градиента электрического поля на ядре для двухвалентного железа.

**Тема 3. Эффект Зеемана для парамагнитных ионов в кристалле.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Эффект Зеемана для парамагнитных ионов в кристалле. Магнитное сверхтонкое взаимодействие парамагнитных ионов. Контактное взаимодействие Ферми. Спиновая поляризация ионного остова. Тонкая и сверхтонкая структура спектров парамагнитного резонанса.

**Тема 4. Метод спин-гамильтониана.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Метод спин-гамильтониана для описания спектров ЭПР. Магнитное сверхтонкое взаимодействие и квадрупольное сверхтонкое взаимодействие парамагнитных ионов Теорема Крамерса.

**Тема 5. Теория поля лигандов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Теория поля лигандов. Молекулярные орбиты. Метод МО ЛКАО. Анализ двухатомной молекулы: связывающие, разрыхляющие, несвязывающие орбиты. Высокоспиновая и низкоспиновая конфигурации парамагнитного комплекса. Суперсверхтонкая структура спектров ЭПР. Сдвиг частоты ЯМР на лигандах.

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

Семинарское занятие: 1. Временные спектры мессбауэровского отклика на синхротронное излучение: обзор экспериментальных результатов. 2. Конверсионная мессбауэровская спектроскопия: послыйный анализ поверхности.

**Тема 6. ЯМР в магнитоупорядоченных системах.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

ЯМР в магнитоупорядоченных системах. Усиление р.ч. поля на ядрах; механизмы усиления (благодаря вращению намагниченности, движению доменных стенок, ). Коэффициенты усиления для различных форм образцов: шара, пленки, цилиндра.

**Тема 7. Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Мессбауэровская спектроскопия парамагнетиков. Разрешение магнитной сверхтонкой структуры мессбауэровских спектров (МС) при низких температурах. Температурный коллапс магнитной сверхтонкой структуры МС. Сверхтонкая структура МС магнитоупорядоченных систем. Магнитная микроструктура материалов. Вклады в сверхтонкое поле: контактное поле, дипольное поле, поля переноса.

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

Семинарские занятия: 1. Функциональные возможности когерентного контроля в однофотонных экспериментах. 2. Новые приложения мессбауэровской спектроскопии к исследованию оптико-акустических явлений, инициируемых лазерным импульсом. Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов. Сверхтонкие поля на ядрах: контактное поле, дипольное поле, поля переноса. Магнитная микроструктура.

**Тема 8. Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии. Температура блокировки. Суперпарамагнитная релаксация: двухуровневая модель релаксации; многоуровневая модель релаксации. Стохастическая модель Блюма-Андерсона. .

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

Семинарские занятия: 1. Частотные мессбауэровские спектры рассеяния вперед (РВ) на поглотителе в режиме звукового возбуждения. 2. Временные (с внутренней меткой) мессбауэровские спектры РВ на поглотителе в поле звука. 3. Стохастическая модель Блюма-Андерсона релаксационных мессбауэровских спектров. 4. Частотные мессбауэровские спектры рассеяния вперед (РВ) на магнитной мишени в режиме РЧ перемагничивания.

### **Тема 9. Радиочастотная мессбауэровская спектроскопия.**

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

Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов в режиме воздействия на образец радиочастотным (РЧ) магнитным полем. РЧ эффекты в мессбауэровских спектрах магнитных образцов: магнитострикционные сателлиты, магнитодинамические сателлиты, РЧ коллапс сверхтонкой структуры, эффект двойного гамма-магнитного резонанса (ГМР) (расщепление Раби). Форма ГМР спектров поглощения. Форма ГМР спектров резонансного рассеяния. Спектры мессбауэровского рассеяния вперед на толстом магнитном поглотителе в режиме РЧ переключений сверхтонкого поля (намагниченности). Квантовая интерференция в спектрах резонансного рассеяния мессбауэровского излучения.

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

Семинарские занятия: 1. Квазиэнергии ядерного спина. Форма спектров поглощения. Форма спектров резонансного рассеяния. 2. РЧ магнитострикционный эффект. РЧ магнитодинамический эффект.

### **Тема 10. Прозрачность среды по отношению мессбауэровскому (гамма) излучению.**

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

Семинарские занятия: Эффекты квантовой интерференции: 1. Частичная прозрачность среды по отношению к мессбауэровскому излучению в условиях пересечения-антипересечения ядерных уровней на Fe CO<sub>3</sub>. 2. Формирование структуры временных спектров мессбауэровского рассеяния вперед.

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

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
2.	Тема 2. Формализм операторов эквивалентов.	7	3,4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Эффект Зеемана для парамагнитных ионов в кристалле.	7	5,6,7	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
5.	Тема 5. Теория поля лигандов.	7	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. ЯМР в магнитоупорядоченных системах.	7	10,11	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов.	7	12,13	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии.	7	14,15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Радиочастотная мессбауэровская спектроскопия.	7	16	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
10.	Тема 10. Прозрачность среды по отношению мессбауэровскому (гамма) излучению.	7		подготовка к зачету	12	Зачет
	Итого				44	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Конспекты лекций (электронные версии), использование презентаций в формате PPT, копии обзорных статей и отдельных глав монографий.

Представлены также ориентирующие вопросы в помощь самостоятельной работе, экзаменационные билеты, темы семинарских занятий (рефератов)

см. пункт 6.

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

### Тема 1. Теория кристаллического поля.

#### Тема 2. Формализм операторов эквивалентов.

устный опрос , примерные вопросы:

Физический смысл штарковского расщепления Преимущество представления гамильтониана кристаллического поля через операторы эквиваленты. Коэффициенты перед оператором эквивалентом. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1,ПК-4;

#### Тема 3. Эффект Зеемана для парамагнитных ионов в кристалле.

устный опрос , примерные вопросы:

Контактное взаимодействие Ферми, контактное поле. Механизм спиновой поляризации ионного остова. Роль s- электронов. Сверхтонкая структура спектров ЭПР (на примере Cr<sup>3+</sup>, соответствующее слагаемое в спин-гамильтониане). Сверхтонкая структура мессбауэровских спектров. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1,ПК-4;

#### Тема 4. Метод спин-гамильтониана.

#### Тема 5. Теория поля лигандов.

устный опрос , примерные вопросы:

Анализ двухатомной молекулы: связывающие, разрыхляющие, несвязывающие орбиты. Принципиальная схема молекулярных орбит для октаэдрического парамагнитного комплекса. Высокоспиновая и низкоспиновая конфигурации парамагнитных комплексов. Экспериментальные проявления ковалентности: перенос зарядовой плотности, перенос спиновой плотности, суперсверхтонкая структура спектров ЭПР, сдвиг частоты ЯМР на ядрах лигандов. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1,ПК-4;

#### Тема 6. ЯМР в магнитоупорядоченных системах.

устный опрос , примерные вопросы:



Усиление РЧ поля на ядрах; механизмы усиления (благодаря движению доменных стенок, вращению намагниченности). ЯМР в магнитоупорядоченных системах. Этот механизм позволяет экспериментально наблюдать эффект ГМР в спектрах мессбауровского поглощения. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1, ПК-4;

### **Тема 7. Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов.**

устный опрос , примерные вопросы:

Квадрупольное сверхтонкое взаимодействие парамагнитных ионов. Тензор градиента электрического поля (ГЭП) на ядре, валентный и решеточный вклады в ГЭП. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1, ПК-4;

### **Тема 8. Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии.**

устный опрос , примерные вопросы:

Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии. Температура блокировки. Суперпарамагнитная релаксация: двухуровневая модель релаксации. Многоуровневая модель релаксации. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1, ПК-4;

### **Тема 9. Радиочастотная мессбауэровская спектроскопия.**

устный опрос , примерные вопросы:

Какие эффекты в спектре мессбауэровского поглощения возможны при воздействии на магнитный материал радиочастотным магнитным полем? К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1, ПК-4;

### **Тема 10. Прозрачность среды по отношению мессбауэровскому (гамма) излучению.**

Зачет , примерные вопросы:

Частичная прозрачность среды по отношению к мессбауэровскому излучению. Как интерпретируется эффект "антипересечения" ядерных уровней? Роль электронной релаксации в реализации эффекта прозрачности. К развитию компетенций: ОПК-3, ПК-1, ПК-4;

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

Примерные вопросы к зачету:

#### **БИЛЕТЫ НА ЗАЧЕТ**

1. Квадрупольное сверхтонкое взаимодействие парамагнитных ионов. Влияние этого взаимодействия на мессбауэровские и ЭПР спектры.

2. Угловая, поляризационная зависимость интенсивности сверхтонких компонент мессбауэровского спектра.

1. Магнитное сверхтонкое взаимодействие ионов. Влияние этого взаимодействия на мессбауэровские и ЭПР спектры.

2. Характеристики мессбауэровских переходов; частота, мультипольность перехода, поляризация излучения. Законы сохранения.

3. Роль s- электронов в создании контактного поля. Механизм спиновой поляризации ионного остова.

4. Электрическая квадрупольная структура мессбауэровских спектров.

1. Теория поля лигандов; модель молекулярных орбит. Молекулярные орбиты в приближении ЛКАО (линейные комбинации атомных орбиталей).

2. Магнитная сверхтонкая структура мессбауэровских спектров.

1. Влияние звуковых колебаний в образце на мессбауэровские спектры. Механизм формирования УЗ сателлитов МС, их интенсивности. Распределение звуковых колебаний по амплитуде.

2. Сверхтонкое поле на ядре, различные вклады в сверхтонкое поле. Контактное взаимодействие Ферми, контактное поле.

1. Радиочастотные эффекты в мессбауэровской спектроскопии. РЧ коллапс магнитной сверхтонкой структуры МС. Магнострикционные сателлиты МС. Магнитодинамические сателлиты.

2. Анализ двухатомной молекулы: связывающие, разрыхляющие, несвязывающие орбиты.

1. Мессбауэровские спектры парамагнитных систем: условия наблюдения магнитной сверхтонкой структуры. Релаксационные мессбауэровские спектры.

2. Высокоспиновая и низкоспиновая конфигурации парамагнитных комплексов.

1. Форма мессбауэровского спектра излучения и поглощения (временное представление, спиновая двухвременная корреляционная функция для операторов гамма перехода).

2. Механизмы усиления р.ч. поля на ядрах магнитоупорядоченных систем. Проявление этого усиления в ЯМР и мессбауэровской спектроскопии.

1. Экспериментальные проявления ковалентности: перенос зарядовой плотности, перенос спиновой плотности, суперсверхтонкая структура спектров ЭПР, сдвиг частоты ЯМР на ядрах лигандов.

2. Релаксационный коллапс магнитной сверхтонкой структуры мессбауэровских спектров. Стохастическая теория (Блюма-Андерсона) релаксационных спектров.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ (РЕФЕРАТОВ)

1. Физический смысл штарковского расщепления (на примере одного 3d -электрона в поле кубической симметрии).

2. Временные спектры мессбауэровского отклика на синхротронное излучение: обзор экспериментальных результатов.

3. Функциональные возможности когерентного контроля в однофотонных экспериментах.

4. Новые приложения мессбауэровской спектроскопии к исследованию оптико-акустических явлений, инициируемых лазерным импульсом.

5. Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов.

6. Сверхтонкие поля на ядрах: контактное поле, дипольное поле, поля переноса. Магнитная микроструктура.

7. Частотные мессбауэровские спектры рассеяния вперед (РВ) на поглотителе в режиме звукового возбуждения.

8. Временные (с внутренней меткой) мессбауэровские спектры РВ на поглотителе в поле звука.

9. Стохастическая модель Блюма-Андерсона релаксационных мессбауэровских спектров.

10. Частотные мессбауэровские спектры рассеяния вперед (РВ) на магнитной мишени в режиме РЧ перемагничивания.

11. Квазиэнергии ядерного спина. Форма спектров поглощения. Форма спектров резонансного рассеяния.

12. РЧ магнострикционный эффект. РЧ магнитодинамический эффект.

13. Эффекты квантовой интерференции: частичная прозрачность среды по отношению к мессбауэровскому излучению в условиях пересечения-антипересечения ядерных уровней на Fe CO<sub>3</sub>.

14. Эффекты квантовой интерференции: Формирование структуры временных спектров мессбауэровского рассеяния вперед.

15. Конверсионная мессбауэровская спектроскопия: послыйный анализ поверхности.

16. Решение задач: Расчет штарковского поля для правильного октаэдрического комплекса.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ

Квадрупольное сверхтонкое взаимодействие парамагнитных ионов.

Магнитное сверхтонкое взаимодействие парамагнитных ионов.

Контактное взаимодействие Ферми, контактное поле.

Механизм спиновой поляризации ионного остова. Роль s- электронов.

Теория поля лигандов; модель молекулярных орбит.

Молекулярные орбиты в приближении ЛКАО (линейные комбинации атомных орбиталей).

Анализ двухатомной молекулы: связывающие, разрыхляющие, несвязывающие орбиты.

Принципиальная схема молекулярных орбит для октаэдрического парамагнитного комплекса.

Высокоспиновая и низкоспиновая конфигурации парамагнитных комплексов.

Экспериментальные проявления ковалентности:

перенос зарядовой плотности, перенос спиновой плотности,

суперсверхтонкая структура спектров ЭПР,

сдвиг частоты ЯМР на ядрах лигандов.

ЯМР в магнитоупорядоченных системах.

Усиление р.ч. поля на ядрах; механизмы усиления (благодаря движению доменных стенок, вращению намагничённости).

Мессбауэровская спектроскопия магнитных материалов.

Характеристики мессбауэровских зеэмановских переходов; мультипольность перехода, частота перехода, поляризация, правила отбора.

Угловая и поляризационная зависимость интенсивности сверхтонких составляющих мессбауэровского спектра (МС).

Релаксационные мессбауэровские спектры.

Релаксационный коллапс магнитной сверхтонкой структуры МС.

Влияние звука на мессбауэровские спектры.

Механизм формирования УЗ сателлитов МС, их интенсивности.

Радиочастотная мессбауэровская спектроскопия.

Магнитострикционные сателлиты. Магнитодинамические сателлиты.

РЧ коллапс сверхтонкой структуры МС.

Двойной гамма магнитный резонанс (ДГМР), расщепление Раби, квазиэнергии ядерного спина.

Мессбауэровские спектры поглощения, резонансного рассеяния в режиме ДГМР.

Условия экспериментального наблюдения расщепления Раби, механизм усиления РЧ поля на ядре.

Мессбауэровские спектры рассеяния вперед в условиях возмущения мишени переменными полями.

Эффект перераспределения интенсивностей упругого и рамановского каналов рассеяния.

Мессбауэровские спектры в условиях антипересечения ядерных уровней.

Явление антипересечения ядерных уровней (как расщепление Раби в поле с нулевой частотой).

Эффект частичной прозрачности, дефицит поглощения.

Суперпарамагнетизм в мессбауэровской спектроскопии.

Температура блокировки.

Суперпарамагнитная релаксация: двухуровневая модель релаксации; многоуровневая модель релаксации.

Мессбауэровская спектроскопия в схеме задержанных совпадений.

Гамма оптика. Эффекты квантовой интерференции в спектрах поглощения.

Двойная мессбауэровская спектроскопия с селективным возбуждением (SEDM-spectroscopy).

## 7.1. Основная литература:

1. Квазичастицы в физике конденсированного состояния / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский .? Изд. 2-е, испр. ? Москва : Физматлит, 2007 .? 631 с. : ил. ; 23 .? Библиогр.: с. 620-626 .? Предм. указ.: с. 627-631 .? ISBN 978-5-9221-0813-3, 1500.
2. Курс общей физики : учебное пособие для вузов : в 5 кн. / И. В. Савельев .? Москва : АСТ : Астрель, 2005 .? ; 21 см. ? ISBN 5-17-008962-7 ((АСТ)) .? ISBN 5-271-01033-3 ((Астрель)) .? ISBN 985-13-2728-X ((Харвест)) .2.Кн. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .? Москва : АСТ : Астрель, 2005 .? 368 с. : ил. ? Предм. указ.: с.364-368 .? ISBN 5-17-004587-5 ((Кн. 5)) , 4000 .? ISBN 5-17-008962-7 ((АСТ)) .? ISBN 5-271-01307-3 ((Кн.5)) , 7000 .? ISBN 5-271-01033-3 ((Астрель)) .
3. Основы физики конденсированного состояния : [учебное пособие] / Ю. В. Петров .? Долгопрудный : Интеллект, 2013 .? 213 с. : ил. ; 21 .? (Физтехковский учебник) .? На 4-й с. обл.: Современный основополагающий учебный курс .? ISBN 978-5-91559-110-2 ((в обл.)) , 500.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Основы физики частично упорядоченных сред : жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты / М. Клеман, О. Д. Лаврентович ; пер. с англ.: Е. Б. Логинова [и др.] ; под. ред. С. А. Пикина, В. Е. Дмитриенко .? Москва : Физматлит, 2007 .? 680 с. : ил. ; 22 .? Загл. и авт. ориг.: Soft matter physics / Maurice Klemann, Oleg D. Lavrentovich .? Библиогр.: с. 652-653 и в подстроч. примеч. ? Указ.: с. 654-679 .? ISBN 978-5-9221-0699-3, 700.
2. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Лекции профессора И.М. Капитонова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2014/index.html>  
Садыков Э.К., Аринин В.В., Вагизов Ф.Г. Прозрачность тонкого поглотителя. - [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1850/article\\_28241.shtml](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1850/article_28241.shtml)  
Садыков, Э.К. Эффект толщины в случае мессбауэровских образцов, возбужденных переменным полем [Текст] / Э.К. Садыков, А.А.Юричук // Письма в ЖЭТФ. ? 2014. ? Т. 199(3). ? С.195-200. - [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1905/article\\_28937.shtml](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1905/article_28937.shtml)  
Садыков Э.К., Юричук А.А. Эффект толщины в случае образцов, подверженных воздействию звука. - [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/2031/article\\_30627.shtml](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/2031/article_30627.shtml)  
Ядерная физика в Интернете - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

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

Освоение дисциплины "Сверхтонкие взаимодействия в твёрдых телах" 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 Intel Core 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.

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.

Лаборатория по мессбауэровской спектроскопии

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

Автор(ы):

Садыков Э.К. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Парфенов В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.