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

Техника электронно-парамагнитного резонанса М2.ДВ.2

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика
Профиль подготовки: Физика магнитных явлений
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Автор(ы):
Орлинский С.Б.
Рецензент(ы):

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

Регистрационный No

Казань
2014

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Орлинский С.Б. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем , Sergei.Orlinskii@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Освоение способов и подходов к построению спектрометров электроного парамагнитного резонанса.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, дифференциальные и интегральные уравнения, векторный и тензорный анализ, квантовая механика, основ теории ЭПР. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности, позволит в дальнейшем изучать курсы общенаучного и профессионального циклов основной образовательной программы магистратуры

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии - в курсе "Техника электронного парамагнитного резонанса" студенты учатся использовать современные поисковые научные системы для получения новой информации в недавно вышедших научных статьях
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии - в курсе "Техника электронного парамагнитного резонанса" объясняется большее количество общенаучных и специальных терминов
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования - в курсе "Техника электронного парамагнитного резонанса" приводится варианты применения методов и методик магнитного резонанса в будущей профессиональной деятельности. Выполнение самостоятельной работы стимулирует к профессиональному саморазвитию
ОК-4 (общекультурные компетенции)	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности - в курсе "Техника электронного парамагнитного резонанса" дается материал по самым разным областям применения магнитного резонанса, от физики твердого тела до медицины и биологии

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности - курс "Техника электронного парамагнитного резонанса" демонстрирует применение методов математики и квантовой механики с их последующим применением в различного рода практических приложениях

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- знать блок-схемы и принцип действия основных типов спектрометров ЭПР;

2. должен уметь:

пользоватся методами импульсного ЭПР;

3. должен владеть:

методами стационарной и импульсной ЭПР-спектрометроскопии.

работать с современными спектрометрами ЭПР

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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. Введение. Явление ЭПР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение. Величина ЭПР-поглощения. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп. Блок-схема, принцип действия. Основные узлы СВЧ-тракта. Волноводы, соединение волноводов, дроссельный фланец. Аттенюаторы, ответвители. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы. Трансформаторы полных сопротивлений.	3	1	2	2	0	научный доклад

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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. СВЧ-резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе. Коэффициент заполнения. Прямоугольный резонатор, мода колебаний H10n: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H111: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Фиксация поляризации поля в резонаторе. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H011: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Подавление моды E111.	3	2	2	2	0	научный доклад

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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. Генераторы СВЧ, применяемые в спектрометрах ЭПР. Отражательный клистрон. Современные источники СВЧ. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна. Чувствительность спектрометра. Типы шумов. Шум детектора, СВЧ-генератора. Микрофонный шум. Минимизация шумов. Расчет чувствительности для разных режимов работы СВЧ-детектора. Способы увеличения чувствительности спектрометров ЭПР. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование. Способы создания ВЧ модуляции при использовании различных резонаторов. Искажения линии ЭПР при модуляции. Зависимость амплитуды и наблюдаемой ширины линии от амплитуды модуляции. Связь частоты модуляции с разрешающей способностью спектрометра. Прямоугольная модуляция. Спектрометр ЭПР супергетеродинного типа.	3	3	2	2	0	научный доклад

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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. Измерение времени спин-решеточной релаксации. Измерение времени спин-решеточной релаксации по кривой насыщения сигнала ЭПР. Импульсный спектрометр ЭПР. Измерение T1 по восстановлению сигнала ЭПР после насыщения. Диодный СВЧ-ключ, ключ на p-i-n-диодах. Спектрометр спинового эха. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.	3	4	2	2	0	научный доклад
5.	Тема 5. Спектрометры акустического парамагнитного резонанса. Прямые процессы релаксации. Акустический резонатор. Требования к обработке, преобразователю, акустической связке. Автодинные спектрометры акустического ЯМР. Спектрометр акустического ЭПР.	3	5	2	2	0	научный доклад

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. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР при низких и сверхнизких температурах. Магниты, применяемые в ЭПР-спектрометрах. Резистивный магнит: конструкция, типовые характеристики. Питание магнита, стабилизация магнитного поля. Сверхпроводящие магниты.	3	6	2	2	0	научный доклад
7.	Тема 7. Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.	3	7	2	2	0	научный доклад
.	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			14	14	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Явление ЭПР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение. Величина ЭПР-поглощения. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп. Блок-схема, принцип действия. Основные узлы СВЧ-тракта. Волноводы, соединение волноводов, дроссельный фланец. Аттенюаторы, ответвители. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы. Трансформаторы полных сопротивлений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение. Явление ЭПР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение. Величина ЭПР-поглощения. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп. Блок-схема, принцип действия. Основные узлы СВЧ-тракта.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Волноводы, соединение волноводов, дроссельный фланец. Аттенюаторы, ответвители. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы. Трансформаторы полных сопротивлений.

Тема 2. СВЧ-резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе. Коэффициент заполнения. Прямоугольный резонатор, мода колебаний H10n: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H111: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Фиксация поляризации поля в резонаторе. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H011: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Подавление моды E111.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

лекционное занятие (2 часа(ов)):

СВЧ-резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе. Коэффициент заполнения. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Фиксация поляризации поля в резонаторе. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H011: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Подавление моды E111.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Прямоугольный резонатор, мода колебаний H10n: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H111: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе.

Тема 3. Генераторы СВЧ, применяемые в спектрометрах ЭПР. Отражательный клистрон. Современные источники СВЧ. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна. Чувствительность спектрометра. Типы шумов. Шум детектора, СВЧ-генератора. Микрофонный шум. Минимизация шумов. Расчет чувствительности для разных режимов работы СВЧ-детектора. Способы увеличения чувствительности спектрометров ЭПР. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование. Способы создания ВЧ модуляции при использовании различных резонаторов. Искажения линии ЭПР при модуляции. Зависимость амплитуды и наблюдаемой ширины линии от амплитуды модуляции. Связь частоты модуляции с разрешающей способностью спектрометра. Прямоугольная модуляция. Спектрометр ЭПР супергетеродинного типа.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Генераторы СВЧ, применяемые в спектрометрах ЭПР. Отражательный клистрон. Современные источники СВЧ. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна. Чувствительность спектрометра. Типы шумов. Шум детектора, СВЧ-генератора. Микрофонный шум. Минимизация шумов. Расчет чувствительности для разных режимов работы СВЧ-детектора. Способы увеличения чувствительности спектрометров ЭПР. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование. Способы создания ВЧ модуляции при использовании различных резонаторов. Искажения линии ЭПР при модуляции. Зависимость амплитуды и наблюдаемой ширины линии от амплитуды модуляции. Связь частоты модуляции с разрешающей способностью спектрометра. Прямоугольная модуляция. Спектрометр ЭПР супергетеродинного типа.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Расчет чувствительности для разных режимов работы СВЧ-детектора. Способы увеличения чувствительности спектрометров ЭПР.

Тема 4. Измерение времени спин-решеточной релаксации. Измерение времени спин-решеточной релаксации по кривой насыщения сигнала ЭПР. Импульсный спектрометр ЭПР. Измерение T1 по восстановлению сигнала ЭПР после насыщения. Диодный СВЧ-ключ, ключ на p-i-n-диодах. Спектрометр спинового эха. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Измерение времени спин-решеточной релаксации. Измерение времени спин-решеточной релаксации по кривой насыщения сигнала ЭПР. Импульсный спектрометр ЭПР. Измерение T1 по восстановлению сигнала ЭПР после насыщения. Спектрометр спинового эха. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Диодный СВЧ-ключ, ключ на p-i-n-диодах.

Тема 5. Спектрометры акустического парамагнитного резонанса. Прямые процессы релаксации. Акустический резонатор. Требования к обработке, преобразователю, акустической связке. Автодинные спектрометры акустического ЯМР. Спектрометр акустического ЭПР.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Спектрометры акустического парамагнитного резонанса. Прямые процессы релаксации. Акустический резонатор. Требования к обработке, преобразователю, акустической связке.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Автодинные спектрометры акустического ЯМР. Спектрометр акустического ЭПР.

Тема 6. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР при низких и сверхнизких температурах. Магниты, применяемые в ЭПР-спектрометрах. Резистивный магнит: конструкция, типовые характеристики. Питание магнита, стабилизация магнитного поля. Сверхпроводящие магниты.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР при низких и сверхнизких температурах. Магниты, применяемые в ЭПР-спектрометрах. Питание магнита, стабилизация магнитного поля. Сверхпроводящие магниты.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Резистивный магнит: конструкция, типовые характеристики.

Тема 7. Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Расчет магнитного поля сверхпроводящего магнита.

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
1.	Тема 1. Введение. Явление ЭПР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение. Величина ЭПР-поглощения. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп. Блок-схема, принцип действия. Основные узлы СВЧ-тракта. Волноводы, соединение волноводов, дроссельный фланец. Аттенюаторы, ответвители. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы. Трансформаторы полных сопротивлений.	3	1	ЭПР основные принципы. Квантово-механический формализм. Спектрометры ЭПР. Основные узлы и комплектую	6	научный доклад

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. СВЧ-резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе. Коэффициент заполнения. Прямоугольный резонатор, мода колебаний H10n: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H111: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Фиксация поляризации поля в резонаторе. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H011: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Подавление моды E111.	3	2	Современное состояние в технике ЭПР. Оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра.	6	научный доклад

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Генераторы СВЧ, применяемые в спектрометрах ЭПР. Отражательный клистрон. Современные источники СВЧ. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна. Чувствительность спектрометра. Типы шумов. Шум детектора, СВЧ-генератора. Микрофонный шум. Минимизация шумов. Расчет чувствительности для разных режимов работы СВЧ-детектора. Способы увеличения чувствительности спектрометров ЭПР. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование. Способы создания ВЧ модуляции при использовании различных резонаторов. Искажения линии ЭПР при модуляции. Зависимость амплитуды и наблюдаемой ширины линии от амплитуды модуляции. Связь частоты модуляции с разрешающей способностью спектрометра. Прямоугольная модуляция. Спектрометр ЭПР супергетеродинного типа.	3	3	Блок ? схема ЭПР спектрометра. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектромет	6	научный доклад

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Измерение времени спин-решеточной релаксации. Измерение времени спин-решеточной релаксации по кривой насыщения сигнала ЭПР. Импульсный спектрометр ЭПР. Измерение T1 по восстановлению сигнала ЭПР после насыщения. Диодный СВЧ-ключ, ключ на p-i-n-диодах. Спектрометр спинового эха. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.	3	4	Системы вращения образца. Проекция Фульфа	6	научный доклад
5.	Тема 5. Спектрометры акустического парамагнитного резонанса. Прямые процессы релаксации. Акустический резонатор. Требования к обработке, преобразователю, акустической связке. Автодинные спектрометры акустического ЯМР. Спектрометр акустического ЭПР.	3	5	Умножение частоты. Двойные резонансы.	6	научный доклад

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР при низких и сверхнизких температурах. Магниты, применяемые в ЭПР-спектрометрах. Резистивный магнит: конструкция, типовые характеристики. Питание магнита, стабилизация магнитного поля. Сверхпроводящие магниты.	3	6	Двойной электрон-ядерный резонанс. Двойной электрон-электронный резонанс. Измерение расстояний.	7	научный доклад
7.	Тема 7. Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.	3	7	Блок ? схема СВЧ моста спектрометра BRUKER.	7	научный доклад
	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 возможных для реальных кристаллических веществ. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции (использование проблемных ситуаций, разбор конкретных ситуаций), самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

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

Тема 1. Введение. Явление ЭПР. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение. Величина ЭПР-поглощения. Типы спектрометров ЭПР. Простейший видеоспектроскоп. Блок-схема, принцип действия. Основные узлы СВЧ-тракта. Волноводы, соединение волноводов, дроссельный фланец. Аттенюаторы, ответвители. Ферритовые элементы: вентили, циркуляторы. Трансформаторы полных сопротивлений.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "ЭПР основные принципы. Квантово-механический формализм. Спектрометры ЭПР. Основные узлы и комплектующие".

Тема 2. СВЧ-резонаторы, применяемые в спектрометрах ЭПР. Собственная, внешняя, нагруженная добротность резонатора. Факторы, влияющие на добротность. Размещение образца в резонаторе. Коэффициент заполнения. Прямоугольный резонатор, мода колебаний H10n: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H111: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Фиксация поляризации поля в резонаторе. Цилиндрический резонатор, мода колебаний H011: структура поля, токи в стенках. Размещение образца в резонаторе. Отверстия в стенках. Связь резонатора с волноводом. Перестройка резонатора по частоте. Подавление моды E111.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "Современное состояние в технике ЭПР. Оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра."

Тема 3. Генераторы СВЧ, применяемые в спектрометрах ЭПР. Отражательный клистрон. Современные источники СВЧ. Генераторы на лавинно-пролетном диоде, на диоде Ганна. Чувствительность спектрометра. Типы шумов. Шум детектора, СВЧ-генератора. Микрофонный шум. Минимизация шумов. Расчет чувствительности для разных режимов работы СВЧ-детектора. Способы увеличения чувствительности спектрометров ЭПР. Спектрометр ЭПР с двойной модуляцией магнитного поля. Синхронное детектирование. Способы создания ВЧ модуляции при использовании различных резонаторов. Искажения линии ЭПР при модуляции. Зависимость амплитуды и наблюдаемой ширины линии от амплитуды модуляции. Связь частоты модуляции с разрешающей способностью спектрометра. Прямоугольная модуляция. Спектрометр ЭПР супергетеродинного типа.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "Блок ? схема ЭПР спектрометра. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектрометров."

Тема 4. Измерение времени спин-решеточной релаксации. Измерение времени спин-решеточной релаксации по кривой насыщения сигнала ЭПР. Импульсный спектрометр ЭПР. Измерение T1 по восстановлению сигнала ЭПР после насыщения. Диодный СВЧ-ключ, ключ на p-i-n-диодах. Спектрометр спинового эха. Двойной электронно-ядерный резонанс. Спектрометр ДЭЯР.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "Системы вращения образца. Проекция Фульфа"

Тема 5. Спектрометры акустического парамагнитного резонанса. Прямые процессы релаксации. Акустический резонатор. Требования к обработке, преобразователю, акустической связке. Автодинные спектрометры акустического ЯМР. Спектрометр акустического ЭПР.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "Умножение частоты. Двойные резонансы."

Тема 6. Особенности конструкции спектрометров для исследования ЭПР при низких и сверхнизких температурах. Магниты, применяемые в ЭПР-спектрометрах. Резистивный магнит: конструкция, типовые характеристики. Питание магнита, стабилизация магнитного поля. Сверхпроводящие магниты.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "Двойной электрон- ядерный резонанс. Двойной электрон- электронный резонанс. Измерение расстояний."

Тема 7. Измерения магнитного поля, сверхвысокой частоты, температуры.

научный доклад , примерные вопросы:

Студенты должны сделать научный доклад по теме "Блок ? схема СВЧ моста спектрометра BRUKER."

Тема . Итоговая форма контроля

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Примерные вопросы к зачету:

За семестр студентам дается 10 задач. За каждую решенную задачу на занятии студенту начисляется оценка до 4 баллов включительно. Таким образом за выполнение практических заданий в семестре студент может получить максимально 40 баллов. Еще 10 баллов студент может получить за активную работу по усвоению теоретического материала на лекциях.

Итого за семестр студент может получить до 50 баллов включительно.

К экзамену допускаются студенты, набравшие более 25 баллов за семестр.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, за ответ на каждый из вопросов студент получает максимальную оценку до 25 баллов. Итого максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

Итоговой рейтинг складывается из суммы рейтинга за семестр и оценки, полученной на экзамене.

7.1. Основная литература:

1. М.М.Зарипов Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах: курс лекций. - Казань:Казан.гос.ун-т, 2009

2. Ч.Пул. Техника ЭПР-спектроскопии. М., "Мир", 1970.

3. И.В.Лебедев. Техника и приборы СВЧ. М., 1970.

4. Дж.Такер, В.Рэмптон. Гиперзвук в физике твердого тела. М., "Мир", 1975.

5. Л.Г.Гассанов, А.А.Липатов, В.В.Марков, Н.А.Могильченко. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи. М., 1988.

7.2. Дополнительная литература:

1. R.S.Alger. Electron Paramagnetic Resonance: Techniques and Applications. Interscience Publishers, NY, 1968.

7.3. Интернет-ресурсы:

Поисковая система Scopus - http://www.scopus.com/home.url

Программа Easyspin - http://www.easyspin.org/

Программа Матлаб - www.mathworks.com/

Сайт издателя Elsevier - http://elsevierscience.ru/

Сайт фирмы Брукер - http://www.bruker-biospin.de

Центр коллективного пользования КПФУ - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=11446

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Техника электронно-парамагнитного резонанса" 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 оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Физика магнитных явлений .

Автор(ы):
Орлинский С.Б. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
"__" _____ 201 __ г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ