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

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Техника электронного парамагнитного резонанса М2.ДВ.2

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая радиофизика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):

Орлинский С.Б.

Рецензент(ы):

Мамин Г.В.

СОГЛАСОВАНО:

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

Регистрационный No 660814

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
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способностью руководить научно-исследовательской деятельностью студентов младших курсов и школьников в области физики - в курсе "Техника электронного парамагнитного резонанса" студенты учатся использовать современные поисковые научные системы для получения новой информации в недавно вышедших научных статьях
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики (в соответствии с профилем магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта- в курсе "Техника электронного парамагнитного резонанса" объясняется большее количество общенаучных и специальных терминов
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью организовать и планировать физические исследования - 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

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

2. должен уметь:

пользоватся методами импульсного ЭПР;

3. должен владеть:

методами стационарной и импульсной ЭПР-спектрометроскопии.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

работать с современными спектрометрами ЭПР

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 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

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 резон	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

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	
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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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".

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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:
Вопросы по курсу "Техника ЭПР"

1. ЭПР основные принципы. Квантово-механический формализм.

2. Спектрометры ЭПР. Основные узлы и комплектующие.

3. Современное состояние в технике ЭПР. Оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра.

4. Блок - схема ЭПР спектрометра. Основные импульсные последовательности.

5. Резонаторы для ЭПР спектрометров.

6. Системы вращения образца. Проекция Фульфа

7. Умножение частоты. Двойные резонансы.

8. Двойной электрон- ядерный резонанс.

9. Двойной электрон- электронный резонанс. Измерение расстояний.

10. Блок - схема СВЧ моста спектрометра BRUKER.

7.1. Основная литература:

1. М.М.Зарипов 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. Физико-химические основы технологии строительных материалов: Учебно-методическое пособие / Я.Н. Ковалев. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 285 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005580-0, 600 экз.

http://znanium.com/bookread.php?book=278683

3. Электронные приборы и устройства: Учебник / Ф.А. Ткаченко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 682 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004658-7

http://znanium.com/bookread.php?book=209952

7.2. Дополнительная литература:

1. Электронный парамагнитный резонанс ионов переходных групп, Том. II / А. Абрагам, Б. Блини, Том. II, Мир, Москва, 1973, 349с

2. Альтшулер С. А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс, М.: Наука,1972.

3. Поисковая система Scopus для поиска студентами статей о развитии используемых в курсе методов ЭПР-спектроскопии в настоящее время. www.scopus.com

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

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Техника электронного 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.

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.

Мультимедийный комплекс для чтения лекций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Квантовая радиофизика .

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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

Рецензент(ы):
Мамин Г.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ