

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.3 Магнитная релаксация и методы радиоспектроскопии»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

(код и наименование направления подготовки)

Квантовая электроника

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2021

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.3 Магнитная релаксация и методы радиоспектроскопии» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

протокол № 6 от "17" февраля 2021 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

подпись

А.П. Русинов

расшифровка подписи

Исполнители:

Профессор

должность

Чм

подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

ст. преподаватель

должность

ст

подпись

С.А. Пеньков

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

код наименование

Чм

личная подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

Н.Н. Бигалиева

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета

А.Д. Стрекаловская

расшифровка подписи

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

студент должен освоить основы магнитной релаксации и радиоспектроскопии, овладеть методами и приемами экспериментального изучения физических свойств атомных и молекулярных систем.

Задачи:

изучение методов регистрации магнитного резонанса, приобретение навыков в применении полученных теоретических знаний к решению физических задач в области атомной и ядерной физике;

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.14 Электричество и магнетизм, Б1.Д.Б.16 Атомная физика, Б1.Д.Б.22 Квантовая механика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.7 Основы теории антенн*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен применять на практике профессиональные знания и умения в сфере производства, внедрения и эксплуатации электронных приборов и систем различного назначения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК*-1-В-1 Знает фундаментальные основы специализированных знаний в области радиоэлектроники, телекоммуникационных систем и антенных комплексов ПК*-1-В-3 Умеет решать профессиональные задачи с применением специализированных физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования	Знать: принципы действия и устройства приборов, механизмов, установок, используемых в радиоэлектронике. Уметь: применять теоретические знания для объяснения работы радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования. Владеть: навыками работы с радиоэлектронной и оптической аппаратурой и оборудованием, соблюдая технику безопасности.
ПК*-2 Способен проводить научные исследования в избранной экспериментальной или теоретической области с применением современной	ПК*-2-В-1 Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности ПК*-2-В-2 Умеет решать профессиональные задачи с применением	Знать: терминологию, используемую в статистической радиофизике; Уметь: находить информацию в интернет-

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ресурсах. Владеть: навыками работы с научными периодическими изданиями.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	34,25	34,25
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - написание реферата (Р); - написание эссе (Э); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	109,75	109,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов			
		всего	аудиторная работа		внеауд. работа
			Л	ПЗ	
1	Введение. Физические свойства спинов и магнитных моментов электронов и ядер	14	2	1	12
2	Кинетическая теория магнитного резонанса	16	2	2	12
3	Основные характеристики электронной и ядерной намагниченности	12	2	2	13
4	Уравнение Блоха	18	2	2	13
5	Принципы радиоспектроскопии	16	2	1	12

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
6	Экспериментальные методы радиоспектроскопии	16	2	2		12
7	Импульсные методы магнитного резонанса	16	2	2		12
8	Квантовая теория магнитного резонанса	16	2	2		12
9	Теория магнитной релаксации	20	2	2		12
	Итого:	144	18	16		110
	Всего:	144	18	16		110

4.2 Содержание разделов дисциплины

- 1. Введение. Физические свойства спинов и магнитных моментов электронов и ядер.** Спин и его свойства. Магнитные моменты ядер. Взаимодействие с магнитным полем. Зеемановская энергия.
- 2. Кинетическая теория магнитного резонанса.** Система зеемановских уравнений. Индуцированные резонансные переходы. Релаксация.
- 3. Основные характеристики электронной и ядерной намагниченности.** Намагниченность. Магнитная восприимчивость парамагнетиков. Движение вектора намагниченности в постоянном магнитном поле. Прецессия. Вращающаяся система координат (ВСК).
- 4. Уравнение Блоха.** Вывод уравнений Блоха. Переход к ВСК. Частные решения. Стационарные решения. Восприимчивость. Анализ кривых поглощения и дисперсии. Эффекты насыщения.
- 5. Принципы радиоспектроскопии.** Параметры спектров ЯМР высокого разрешения. Спектроскопия ЯМР широких линий в твердых телах. Спектроскопия ЭПР. Основные параметры спектров ЭПР. Физические основы магнитно-резонансной томографии.
- 6. Экспериментальные методы радиоспектроскопии.** Принципы регистрации магнитного резонанса. Стационарные и импульсные методы. Основные элементы спектрометров ЯМР. Основные элементы спектрометров ЭПР. Современные спектрометры и их производители.
- 7. Импульсные методы магнитного резонанса.** Поведение намагниченности в импульсных полях. Спиновое эхо. Импульсные последовательности. Измерения времен релаксации. Фурье-спектроскопия. Двумерная спектроскопия ЯМР.
- 8. Квантовая теория магнитного резонанса.** Матрица плотности, населенности и когерентности. Редуцированная матрица плотности. Уравнение Неймана. Кинетическое уравнение для редуцированной матрицы.
- 9. Теория магнитной релаксации.** Механизмы спиновых взаимодействий. Релаксационные механизмы.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Магнитные взаимодействия.	1
2	2	Кинетика индуцированных переходов.	2
3	3	Прецессия вектора намагниченности. Вращающаяся система координат (ВСК).	2
4	4	Расчет радиочастотных восприимчивостей. Анализ кривых поглощения и дисперсии.	2
5	5	Динамика вектора намагниченности в ВСК.	1
6	6	Основные элементы спектрометров ЯМР. Основные элементы спектрометров ЭПР.	2
7	7	Расчет спектров ЯМР высокого разрешения.	2
8	8	Матрица плотности.	2

		Редуцированная матрица плотности. Кинетическая теория матрицы плотности.	
9	9	Решение задач по теории магнитной релаксации	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Михайлов, М. А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 1 : учебное пособие / М. А. Михайлов. — Москва : Прометей, 2011. — 94 с. — ISBN 978-5-4263-0048-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/8306.html>

5.2 Дополнительная литература

1. Федотов, М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии (растворы и жидкости) [Текст] / М.А. Федотов. - М. : Физматлит, 2009. - 384 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-9221-1202-4.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики [Текст] : в 5 т.: учеб. пособие для вузов / Д. В. Сивухин . - М. : Физматлит, 2002.. - ISBN 5-9221-0229-X. - ISBN 5-89155-077-6 Т. 5 : Атомная и ядерная физика. - , 2002. - 784 с.

5.3 Периодические издания

Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН.
Успехи физических наук. - М. : Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН.

5.4 Интернет-ресурсы

- <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, МОOK: «Ядерная физика»;
- <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, МОOK: «Квантовая физика»;
- <http://www.femto.com.ua/index1.html> – энциклопедия физики и техники.
- <http://kvant.mccme.ru/> - научно-популярный физико-математический журнал «Квант»;

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)
4. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.
5. American Institute of Physics [Электронный ресурс] : реферативная база данных / Американский институт физики (AIP), AIP Publishing. – Режим доступа : <https://www.scitation.org/>, в локальной сети ОГУ.
6. Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>, в локальной сети ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.