

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 17.03.2026 11:29:58 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Радиоспектроскопия" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 Радиоп физика направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	---	---	--------

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)\***

**Радиоспектроскопия**

Направление подготовки (специальность)

03.03.03 Радиоп физика

Направленность (профиль)

Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год набора 2026

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель - изучение одного из основных физических методов исследования вещества в конденсированном состоянии – метода радиоспектроскопии, способов регистрации сигналов ЯМР и ЭПР, причин расщепления и уширения линий ЯМР и ЭПР, методов извлечения информации о состоянии исследуемого объекта из спектров ЯМР и ЭПР и времен ядерной спин-решеточной и спин-спиновой релаксации.

Задачи - изучение теоретических основ метода радиоспектроскопии,

– обретение навыков применения метода радиоспектроскопии в физике, химии, медицине, биологии, геологии и различных отраслях науки и техники.

Индикаторы достижения компетенций:

ПК-1.1. Обладает знаниями в своей области научно-исследовательской деятельности о принципах работы, устройстве, технических возможностях и контроле технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.

ПК-1.2. Демонстрирует умение в своей научно-исследовательской деятельности настраивать составные части, диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры.

ПК-1.3. Имеет практический опыт (навыки) использования в своей научно-исследовательской деятельности тестирования работы, настройки, мониторинга технического состояния, устранения неисправностей и проверки функционирования радиоэлектронной аппаратуры.

ПК-2.1. Обладает знаниями в своей области научно-исследовательской деятельности об основных методах, общих принципах и средствах радиофизических измерений; методиках определения точности измерений и оценки погрешности.

ПК-2.2. Демонстрирует умение производить радиофизические измерения общего характера; определять точность измерений и производить оценку погрешностей; организовывать радиофизические измерения специального профиля; создавать методики измерений в соответствии с поставленными научно-исследовательскими задачами.

ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) использования в своей научно-исследовательской деятельности стандартных методик измерения; владения методами оптимизации измерений в соответствии с поставленными научными задачами.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.ДВ.04.02

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Механика

Аналитическая геометрия

Молекулярная физика

Линейная алгебра

Векторный и тензорный анализ

Введение в специальность

Электричество и магнетизм

Математический анализ

Дифференциальные уравнения

Теория функции комплексного переменного

Введение в физику твердого тела

Атомная физика

Физика атомного ядра и элементарных частиц

Электронные методы измерений

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Радиофизические методы исследований

Квантовая радиофизика

Производственная практика (преддипломная практика)

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы



### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### ПК-1: Способен понимать в своей научно-исследовательской деятельности принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования

##### Знать:

Для достижения индикатора ПК-1.1: Знать в своей области научно-исследовательской деятельности о принципах работы, устройстве, технических возможностях и контроле технического состояния радиоэлектронной аппаратуры (основные принципы работы и методы эксплуатации современного оборудования по радиоспектроскопии).

##### Уметь:

Для достижения индикатора ПК-1.2: Уметь в своей научно-исследовательской деятельности настраивать составные части, диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры (анализировать работу радиоспектрметров с позиций физических принципов электроники).

##### Владеть:

Для достижения индикатора ПК-1.3: Владеть навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности тестирования работы, настройки, мониторинга технического состояния, устранения неисправностей и проверки функционирования радиоэлектронной аппаратуры (навыками эксплуатации радиоспектрметров).

#### ПК-2: Способен использовать основные методы радиофизических измерений в своей научно-исследовательской деятельности

##### Знать:

Для достижения индикатора ПК-2.1: Знать в своей области научно-исследовательской деятельности об основных методах, общих принципах и средствах радиофизических измерений; методиках определения точности измерений и оценки погрешности (основные методы радиофизических измерений в радиоспектроскопии).

##### Уметь:

Для достижения индикатора ПК-2.2: Уметь производить радиофизические измерения общего характера; определять точность измерений и производить оценку погрешностей; организовывать радиофизические измерения специального профиля; создавать методики измерений в соответствии с поставленными научно-исследовательскими задачами (анализировать результаты измерений в радиоспектроскопии).

##### Владеть:

Для достижения индикатора ПК-2.3: Владеть навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности стандартных методик измерения; методами оптимизации измерений в соответствии с поставленными научными задачами (навыками анализа результатов радиофизических измерений в радиоспектроскопии).

#### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	базовые теоретические знания по дисциплине "Радиоспектроскопия";
3.1.2	как самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии по разделу "Радиоспектроскопия";
3.1.3	основные принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования по радиоспектроскопии;
3.1.4	основные методы радиофизических измерений в радиоспектроскопии
3.2	Уметь:
3.2.1	организовать свою работу во время лекционных занятий и в ходе выполнения лабораторных работ по дисциплине «Радиоспектроскопия», а также самостоятельную деятельность при работе над текстом лекции, подготовке к различным видам занятий, выполнения письменных работ и подготовки к экзамену;
3.2.2	использовать базовые теоретические знания по разделу "Радиоспектроскопия";
3.2.3	самостоятельно планировать проведение эксперимента для решения конкретной задачи;
3.2.4	самостоятельно выбирать оборудование для проведения эксперимента;
3.2.5	самостоятельно обрабатывать данные эксперимента;
3.2.6	самостоятельно строить физические модели изучаемых объектов и процессов в них;
3.2.7	анализировать работу радиоспектрметров с позиций физических принципов электроники;
3.2.8	анализировать результаты радиофизических измерений



**3.3 Владеть:**

- |       |  |
|-------|--|
| 3.3.1 | навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой, работы на лекционных и практических занятиях; |
| 3.3.2 | навыками выполнения письменных работ, подготовки к экзамену;   |
| 3.3.3 | навыками решения конкретных физических задач;  |
| 3.3.4 | навыками самостоятельного анализа полученных в эксперименте результатов;                                       |
| 3.3.5 | навыками эксплуатации радиоспектрометров;  |
| 3.3.6 | навыками анализа результатов радиофизических измерений в радиоспектроскопии;                                   |
| 3.3.7 | компьютером на уровне опытного пользователя с использованием информационных технологий.                        |

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану: 72 в том числе: аудиторные занятия: 24 самостоятельная работа: 17,7 часов на контроль: 27 контактная работа: 27,3 ИКР: 3,3	Виды контроля в семестрах:  экзамены 8

**5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Ядерный магнитный резонанс</b>			
1.1	Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) как составные части радиоспектроскопии. Магнитные свойства ядер, атомов и ионов. Элементарная теория магнитного резонанса. Поглощение энергии и спин-решеточная релаксация. Движение невзаимодействующих спинов: прецессия ядер, вращающаяся система координат, влияние переменных магнитных полей. Ядерный магнитный резонанс в системе связанных спинов. Уравнения Блоха. Решение уравнений Блоха. Комплексная восприимчивость. Мощность, поглощаемая ядерной спин-системой. Функция формы линии поглощения. Спиновое эхо. Связь импульсных и непрерывных методов наблюдения ЯМР. Фурье- спектроскопия. Уширение линий ЯМР за счет диполь-дипольного взаимодействия. Роль каждого из шести операторов в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия. Метод моментов. Химический сдвиг. Косвенное спин-спиновое взаимодействие. Расчет спектра спиновых систем $AmX$ . Найтовский сдвиг. Электрическое квадрупольное взаимодействие. Механизмы ядерной магнитной релаксации. Функции корреляции и спектральной плотности. Диполь - дипольная релаксация. Квадрупольная релаксация. Релаксация, обусловленная анизотропией химического сдвига. Скалярная релаксация. Спин-вращательная релаксация. /Лек/	8	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	Ознакомление с импульсным методом ЯМР Ядерная магнитная релаксация в каучуках Изучение лиотропного жидкого кристалла импульсным методом ЯМР Вычисление второго и четвертого моментов линии поглощения ЯМР твердого тела Разложение сложной линии ЯМР твердого тела на составляющие /Лаб/	8	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



1.3	Проработка лекционного материала. Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам. Элементарная теория магнитного резонанса. Поглощение энергии и спин-решеточная релаксация. Движение невзаимодействующих спинов: прецессия ядер, вращающаяся система координат, влияние переменных магнитных полей. Ядерный магнитный резонанс в системе связанных спинов. Уравнения Блоха. Решение уравнений Блоха. Комплексная восприимчивость. Мощность, поглощаемая ядерной спин-системой. Функция формы линии поглощения. Спиновое эхо. Связь импульсных и непрерывных методов наблюдения ЯМР. Фурье-спектроскопия. Уширение линий ЯМР за счет диполь-дипольного взаимодействия. Роль каждого из шести операторов в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия. Метод моментов. Химический сдвиг. Косвенное спин-спиновое взаимодействие. Расчет спектра спиновых систем AX и AnX. Найтовский сдвиг. Электрическое квадрупольное взаимодействие. Механизмы ядерной магнитной релаксации. Функции корреляции и спектральной плотности. Диполь-дипольная релаксация. Квадрупольная релаксация. Релаксация, обусловленная анизотропией химического сдвига. Скалярная релаксация. Спин-вращательная релаксация. /Ср/	8	8	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 2. Электронный парамагнитный резонанс</b>				
2.1	Электронный парамагнитный резонанс. Электронные конфигурации. Энергетические уровни атомов при наличии связи Рассела- Саундерса. Зеемановское расщепление атомных уровней в магнитном поле. Эффект Штарка. Сверхтонкая структура уровней в свободном атоме. Кристаллическое поле и эффективный спин. Методы кристаллического поля и молекулярных орбиталей. Эффективный спин. Тонкая структура спектров ЭПР. Спин-спиновые и спин- фононные взаимодействия в ЭПР. Диполь-дипольные взаимодействия электронных спинов. Однородное и неоднородное уширения линий ЭПР. Обменное взаимодействие. Спин-фононные взаимодействия. Явление узкого фононного горла. /Лек/	8	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	Проработка лекционного материала. Электронные конфигурации. Энергетические уровни атомов при наличии связи Рассела-Саундерса. Зеемановское расщепление атомных уровней в магнитном поле. Эффект Штарка. Сверхтонкая структура уровней в свободном атоме. Кристаллическое поле и эффективный спин. Методы кристаллического поля и молекулярных орбиталей. Эффективный спин. Тонкая структура спектров ЭПР. Спин-спиновые и спин-фононные взаимодействия в ЭПР. Диполь- дипольные взаимодействия электронных спинов. Однородное и неоднородное уширения линий ЭПР. Обменное взаимодействие. Спин-фононные взаимодействия. Явление узкого фононного горла. /Ср/	8	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 3. Применение методов ЯМР и ЭПР</b>				
3.1	Применение методов ЯМР и ЭПР в химии, биологии, медицине, минералогии и технике. /Лек/	8	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	Проработка лекционного материала. Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам. ЯМР-томография. Применение методов ЯМР для исследования	8	5,7	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Ядерная магнитная релаксация в каучуках Изучение лиотропного жидкого кристалла импульсным методом ЯМР /Лаб/	8	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 4. Иная контактная работа</b>				
4.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	8	3,3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Собеседование и отчет по лабораторным работам.

Тест

Экзамен

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Вопросы для собеседования по лабораторным работам:

1. Что называется ядерным магнитным резонансом и электронным парамагнитным резонансом?
2. В каких системах наблюдается ЯМР, а в каких ЭПР?
3. Как связан магнитный момент ядра с моментом количества движения?
4. Как рассчитывается g-фактор электрона для спинового и орбитального магнетизма?
5. Как рассчитывается g-фактор электрона в случае спин-орбитальной связи?
6. Назовите факторы "замораживания" орбитального движения.
7. Чем определяется ширина линии ЭПР?
8. Чем определяется анизотропия g-тензора?
9. Какую энергию приобретает изолированное ядро в магнитном поле?
10. Как перейти от неподвижной системы координат к вращающейся?
11. Что называют ядерной магнитной релаксацией?
12. Какие виды магнитных релаксаций существуют и какова их природа?
13. Что представляет собой сигнал свободной индукции?
14. С помощью каких последовательностей можно измерить время спин-решеточной релаксации T1?
15. Изложить методику измерения времени T1.
16. В чём заключается метод спинового эха? Изложить методику измерения времени релаксации поперечной намагниченности.
17. С помощью каких функций принято описывать движение ядер, связанных диполь-дипольным взаимодействием?
18. Что такое функция корреляции (каков ее физический смысл)?
19. Что такое функция спектральной плотности (каков её физический смысл)?
20. Как связаны функция спектральной плотности с функцией корреляции?
21. Как времена релаксации T1 и T2 выражаются через функции спектральной плотности?
22. Какой вид имеет спад поперечной намагниченности A(t) при наличии экспоненциальной функции корреляции?
23. Как преобразуется форма спада поперечной намагниченности A(t) в случае быстрых и медленных движений?
24. Что представляет собой время корреляции?
25. Как время корреляции зависит от температуры?
26. Как рассчитывается энергия активации для молекулы?
27. Что представляет собой спектр ЯМР для системы двух одинаковых ядер без и при наличии вращения?

Типовой тест:

- 1) Какая форма линии ЯМР является решением уравнений Блоха?
  - а) линия гауссовой формы
  - б) линия лоренцевой формы
  - в) линия прямоугольной формы
  - г) Пейковский дублет
- 2) Знак парамагнитного вклада в экранирование ядер?
  - а) положительный
  - б) отрицательный
- 3) Какие ядра обладают квадрупольным моментом?
  - а) ядра, имеющие сферическую форму
  - б) ядра, имеющие форму вытянутого эллипсоида вращения
  - в) ядра, имеющие форму сплюснутого эллипсоида вращения

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену:

1. Магнитные свойства ядер. Элементарная теория магнитного резонанса
2. Поглощение энергии и спин-решеточная релаксация
3. Движение невзаимодействующих спинов: ларморовская прецессия ядер, вращающаяся система координат
4. Движение невзаимодействующих спинов: влияние переменных магнитных полей
5. Ядерный магнитный резонанс в системе связанных спинов: уравнения Блоха
6. Решение уравнений Блоха в случае малых ВЧ полей. Комплексная восприимчивость
7. Импеданс катушки индуктивности с образцом. Мощность, поглощаемая ядерной спин системой
8. Функция формы линии поглощения. Решение уравнений Блоха при произвольном значении ВЧ поля



9. Спиновое эхо
10. Причины уширения линий и оценка величины дипольного уширения. Гамильтониан диполь-дипольного взаимодействия
11. Роль каждого из шести операторов в гамильтониане диполь-дипольного взаимодействия
12. Метод моментов
13. Изменение второго момента при учете движения
14. Связь импульсных и непрерывных методов наблюдения ЯМР. Фурье-спектроскопия
15. Примеры резонансных кривых и их Фурье-образов
16. Химический сдвиг
17. Косвенное спин-спиновое взаимодействие
18. Расчет спектра системы АЗХ
19. Расчет спектра системы АВ
20. Найтовский сдвиг
21. Электрическое квадрупольное взаимодействие
22. Природа ядерной магнитной релаксации
23. Функции корреляции и спектральной плотности
24. Виды релаксации
25. Электронные конфигурации. Энергетические уровни атомов при наличии связи Рассела-Саундерса. Зеемановское расщепление атомных уровней в магнитном поле
26. Эффект Штарка. Сверхтонкая структура уровней в свободном атоме
27. Методы кристаллического поля и молекулярных орбиталей. Эффективный спин. Тонкая структура спектров ЭПР
28. Электрон-ядерный эффект Оверхаузера
29. Однородное и неоднородное уширения линий ЭПР. Обменное взаимодействие
30. Спин-фононные взаимодействия. Явление узкого фононного горла.

#### 6.4. Критерии оценивания

Критерии оценивания собеседования и отчета по лабораторным работам:

Задания к лабораторным работам студенты выполняют в течение семестра в ходе лабораторных занятий и в форме самостоятельной работы. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой из выполненных лабораторных работ. Отчет подразумевает выполнение всех заданий в виде таблиц, графиков, проведения расчетов и подведения итогов проделанной работы – написания выводов. Отчет по работе считается сданным во время, если он сдан в течение месяца после выполнения лабораторной работы.

Промежуточная аттестация проводится в два этапа: в форме тестирования и в форме экзамена.

Первый этап промежуточной аттестации представляет собой тестирование, проводимое во время лекционных занятий.

Второй этап промежуточной аттестации представляет собой экзамен: ответы на вопросы экзаменационного билета.

Критерии оценивания экзамена:

На первом этапе промежуточной аттестации – тестировании студент отвечает на вопросы теста во время проведения лекционного занятия. Всего вопросов в тесте 37. Критерий оценивания теста: каждый правильный ответ – 1 балл. Максимальное количество баллов – 37. Чтобы тест был зачтен, студент должен набрать минимум 20 баллов. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

На втором этапе промежуточной аттестации – экзамене студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Во время подготовки можно использовать справочные материалы. Максимальный балл за ответы на вопросы билета – 90 баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов:

- 1) Ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны незначительные ошибки (80-90 баллов).
- 2) Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода (65-80 баллов).
- 3) Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета (45-65 баллов).
- 4) Не может ответить на вопрос базового уровня (0 баллов).

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации.

0-64 баллов - "неудовлетворительно" (2);

65-89 баллов - "удовлетворительно" (3);

90-115 баллов - "хорошо" (4);

116-137 баллов - "отлично" (5).



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

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Альтшулер С. А.	Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=477788">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=477788</a> )	Москва : Издательство Наука, Главная редакция физико - математической литературы, 1972	ЭБС
Л1.2	Абрагам А., Блини Б., Скроцкий Г. В., Альтшулер С. А.	Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483226">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483226</a> )	Москва : Мир, 1972	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Роберте Д., Блюменфельд Л. А.	Ядерный магнитный резонанс: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=222467">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=222467</a> )	Москва : Издательство иностранной литературы, 1961	ЭБС
Л2.2	Гайсин Н. К.	Ядерная магнитная релаксация и молекулярное движение в органических кристаллах: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=500868">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=500868</a> )	Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016	ЭБС

#### 7.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л3.1	Чернов В. М., Бутаков А. В.	Лабораторный практикум по ядерному магнитному резонансу ( <a href="https://library.csu.ru/rbooks2/view2?code=local/46092/46092">https://library.csu.ru/rbooks2/view2?code=local/46092/46092</a> )	Челябинск : Издательство Челябинского государственног о университета, 2024	ЭБС

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. - URL: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. - URL: <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. - URL: <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>

### 7.3 Перечень информационных технологий

#### 7.3.1 Программное обеспечение

OpenOffice  
Adobe Reader  
LMS Moodle  
Adobe Connect Acrobat



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Радиоспектроскопия" по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 "Радиофизика" направленности (профилю) Телекоммуникационные системы и информационные технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 10

### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для проведения занятий семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Лабораторные занятия проходят в учебной лаборатории Радиоспектроскопии (ауд. 129 учебный корпус №1). Материально-техническое обеспечение лаборатории перечислено в паспорте.

Для самостоятельной работы студента используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медиацентр) (учебный корпус №1), оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Радиоспектроскопия» осуществляется на лекциях, лабораторных работах и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекции составляют основу теоретической подготовки студентов с целью понимания ими сущности дисциплины. Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений дисциплины и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку. В ходе лекционных занятий нужно конспектировать учебный материал, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений. Лекции должны активизировать познавательную деятельность обучающихся, вызывать интерес к поставленным проблемам и направлениям развития в профессиональной области, формировать их профессиональный кругозор, аналитические качества, творческий подход к изучению дисциплины, определять направления дальнейшего самостоятельного изучения и практического освоения в данной области. Изложение материала лекций должно носить проблемный, инновационный характер, способствующий формированию и развитию соответствующих компетенций. Преподавателю необходимо опираться на основную литературу, представленную в рабочей программе данной дисциплины, а также на учебные пособия, монографии, научные статьи и периодические издания известных специалистов в данной области.

Лабораторные работы предназначены для приобретения опыта практической реализации полученных теоретических знаний. Указания к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется преподавателем перед проведением лабораторных работ. На лабораторных занятиях студенты овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе прохождения учебной и производственной практик.

Самостоятельная работа студентов включает проработку лекционного курса, подготовку к лабораторным работам, выполнение всех заявленных в рабочей программе видов самостоятельной работы (выполнение домашних заданий). Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекционного курса, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников. В ходе самостоятельной работы необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. Очень полезно дорабатывать свой конспект лекций, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной рабочей программой.



В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

#### **10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.



**Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована:**

Проректор по учебной работе утверждено 27.02.26 А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 04 от 05.02.2026

Председатель Ученого совета  
физического факультета

согласовано

М.А. Загребин

**Заседанием кафедры радиофизики и электроники**

Протокол заседания № 07 от 03.02.2026

Заведующий кафедрой

согласовано

А.В. Бутаков

Автор (составитель)

А.В. Бутаков

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ»  
от «13» апреля 2021 г. № 274-1**