

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста
Левановича Хетагурова»*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Радиоспектроскопические методы исследования наносистем»**

Направление подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки
«Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Год начала подготовки - 2026

Утверждена в составе ОПОП.

Владикавказ, 2026

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч.)

	Очная форма обучения
Курс	4
Семестр	7
Лекции	28
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	-
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	28
Самостоятельная работа	44
Курсовая работа	
Контроль	36
Экзамен	+
Зачет	-
Общее количество часов	108

2. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины:

- освоение студентами физических основ методов исследования наносистем с использованием современных знаний и технических достижений из области радиоспектроскопии твердого тела и твердотельных систем пониженной размерности.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области радиоспектроскопии твердого тела и твердотельных наносистем, использующихся в приложениях радиоспектроскопии, электроники, медицинской физики;
- приобретение навыков работы на современной радиоспектроскопической технике;
- формирование у студентов подходов к выполнению исследований наносистем радиоспектроскопическими методами в рамках квалификационных работ на степень бакалавра.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Радиоспектроскопические методы исследования наносистем» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1,Б1.В.08.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых спланируемыми результатами освоения образовательной программы)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций и достижение следующих результатов обучения.

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики	Знать: фундаментальные понятия, законы, теории классической и квантовой физики; порядки численных величин, характерные для классификации наносистем и спектральных диапазонов электромагнитного излучения; современные проблемы физики, химии, математики в приложении к наносистемам; теоретические модели фундаментальных процессов в физике магнитных явлений и ее приложениях, в том числе нормальный и аномальный эффекты Зеемана и их следствия; основное условие электронного и ядерного магнитного резонанса; основы теории сверхтонкого взаимодействия и его экспериментальное проявление; основы теории кристаллического поля; основы теории релаксационных процессов в системах электронных и ядерных спинов и их экспериментальные проявления; Владеть: основами теории магнитного резонанса (на примере электронного парамагнитного резонанса); основами техники радиоспектроскопии (на примере электронного парамагнитного резонанса); основами метода Хюккеля; основами теории кристаллического поля.
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений соответствующих научных областях	Знать: метод Хюккеля для описания сверхтонкого расщепления электронных органических радикалов; квантовые явления, наблюдаемые при помощи магнитно-резонансных спектрометров; Уметь: обрабатывать и моделировать результаты экспериментов, используя современное программное обеспечение;
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и про-	Уметь: обрабатывать и моделировать результаты экспериментов, используя современное программное обеспечение; эффективно использовать информационные технологии

	граммными пакетами для научных расчетов	и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных	Уметь: находить распределение плотности неспаренного электрона в электронных органических радикалах; получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины	Уметь: классифицировать наносистемы; определять g-факторы парамагнитных центров (дефектов) в наноматериалах, в том числе с учетом спин-орбитального взаимодействия (для кристаллов); вычислять концентрации парамагнитных центров (дефектов) в наноматериалах; оценивать времена релаксации спинов в наноматериалах; определять константы сверхтонкого взаимодействия в наноматериалах; экспериментально определять компоненты g-тензора и тензора сверхтонкого взаимодействия в наноматериалах; получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности; обрабатывать и моделировать результаты экспериментов, используя современное программное обеспечение; Владеть: основами теории магнитного резонанса (на примере электронного парамагнитного резонанса); основами техники радиоспектроскопии (на примере электронного парамагнитного резонанса); методами определения g-факторов, констант сверхтонкого взаимодействия и концентраций парамагнитных центров (дефектов) в наноматериалах; методами определения времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации парамагнитных центров в наноматериалах; основами метода Хюккеля; основами теории кристаллического поля.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3 семестр

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		лек	Содержание	часы		
1.	Основные закономерности явления электронного парамагнитного резонанса. Основные закономерности явления электронного парамагнитного резонанса. Радиоспектроскопия как метод исследования твердотельных и молекулярных систем. Энергия магнитного диполя в магнитном поле. Связь между механическим и магнитным моментами. Условие возникновения электронного парамагнитного резонанса. Точечные дефекты в твердых телах.	4	Экспериментальное определение компонента g-тензора в ориентированных твердых телах. Расщепление энергетических уровней в нулевом магнитном поле. Триплетные состояния.	6	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
2.	Магнитно-резонансные методы исследования наносистем. Импульсный электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс. Ядерный квадрупольный резонанс.	4	Двойной электронно-ядерный резонанс. Двойной электрон-электронный резонанс. Оптически детектируемый магнитный резонанс.	6	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
3.	Метод молекулярных орбиталей Хюккеля. Основы метода молекулярных орбиталей Хюккеля. Расчет энергий и волновых функций - электронных органических радикалов. Распределение плотности неспа-	4	Учет электронной корреляции в теории молекулярных орбиталей. Алкильные радикалы. Другие органические радикалы.	6	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]

	ренного электрона в радикалах. Связь между константой сверхтонкого расщепления и плотностью неспаренного электрона в радикалах. Понятие спиновой плотности. Знак константы сверхтонкого расщепления.					
4.	Релаксационные и кинетические эффекты в наносистемах. Однородное и неоднородное уширение линий электронного парамагнитного резонанса. Механизмы, приводящие к уширению линий электронного парамагнитного резонанса. Время спин-решеточной релаксации в парамагнитных наносистемах. Эффект насыщения. Спин-спиновая релаксация.	4	Взаимосвязь времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Влияние вращения на спектры электронного парамагнитного резонанса. Определение времен релаксации парамагнитных центров в наносистемах с помощью метода насыщения (в режиме непрерывного СВЧ-излучения). Явление спинового эха.	6	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
5.	Теория кристаллического поля. Ионы в S-, P-, D- и F-состояниях. Основы теории кристаллического поля. Вид потенциалов различных кристаллических полей. Операторы кристаллического поля. Снятие орбитального вырождения в кристаллических электрических полях. Расщепление кристаллическим полем уровней ионов в S-, P-, D- и F-состояниях. Спин-орбитальное взаимодействие и спин-гамильтониан. Ионы с орбитально невырожденными основными D- и F- состояниями. Ионы с орбитально вырожденными основными D- и F- состояниями.	4	Расщепления, обусловленные эффектом Яна-Теллера. Ионы редкоземельных элементов. Ионы актиноидов. Теория поля лигандов. Интерпретация спектров электронного парамагнитного резонанса.	6	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
6.	Теория сверхтонкого взаимодействия в наносистемах. Природа изотропного сверхтонкого взаимодействия. Спектры радикалов с группами	6	Причины возникновения анизотропного сверхтонкого взаимодействия (СТВ). Экспериментальное определение компонент	8	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]

	эквивалентных протонов. Расщепление при наличии неэквивалентных ядер. Сверхтонкое расщепление на ядрах со спином больше 1/2. Интерпретация спектров ЭПР - общие правила и проблемы.		тензора СТВ. Поправки к компонентам тензора СТВ.			
7.	Техника радиоспектроскопии. Устройство радиоспектрометра и основные принципы работы. Добротность. Чувствительность и разрешающая способность спектрометра. Пути повышения чувствительности. Выбор условий эксперимента.	2	Методы определения основных параметров спектра электронного парамагнитного резонанса (концентрация парамагнитных центров, ширина линии, g-фактор).	6	Устный опрос, доклад, конспект	[1-5]
Итого		28		44		

Примечания:

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6. Образовательные технологии

Согласно учебному плану в ходе преподавания дисциплины используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа студентов.

Также при проведении занятий и самостоятельной работе студентов могут быть использованы:

- *интерактивные технологии* («мозговой штурм», дебаты, коллоквиумы, презентационный метод, работа в группах и др.);
- *технологии контекстного обучения* – система дидактических форм, методов и средств, направленная на моделирование содержания будущей профессиональной деятельности специалиста (анализ конкретных ситуаций, методы работы с информационными базами данных, моделирование исторических ситуаций и др.);
- *технологии электронного обучения* (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения (ЭИОС СОГУ).

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относится: написание докладов, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Критерии оценки контрольной работы могут быть как общие, так и частные. К общим критериям можно отнести следующие:

- соответствие контрольной работы теме;
- глубина и полнота раскрытия темы;
- адекватность передачи содержания первоисточника; логичность, связность; доказательность;
- структурная упорядоченность (наличие введения, основной части, заключения, их оптимальное соотношение);
- оформление (наличие плана, списка литературы, культура цитирования, сноски и т. д.); языковая правильность.

Частные критерии относятся к конкретным структурным частям контрольной работы: введению, основной части, заключению.

1. Критерии оценки введения: наличие обоснования выбора темы, ее актуальности; наличие сформулированных целей и задач работы; наличие краткой характеристики первоисточников.

2. Критерии оценки основной части: структурирование материала по разделам, параграфам, абзацам; наличие заголовков к частям текста и их соответствие содержанию; проблемность и разносторонность в изложении материала; выделение в тексте основных понятий и терминов, их толкование; наличие примеров, иллюстрирующих теоретические положения.

3. Критерии оценки заключения: наличие выводов по результатам анализа; выражение своего мнения по проблеме; наличие приложения: рисунков и схем (при необходимости).

Все требования к контрольной работе сообщаются задолго до его написания. Общая оценка за контрольную работу выставляется следующим образом: от 65% до 80% - «удовлетворительно»; 80-90% - «хорошо»; 90-100% - «отлично».

Методические указания для преподавателей по проведению практических занятий

В начале занятия рекомендуется рассмотреть соответствующий теоретический материал. Затем идет практический разбор изучаемого материала, решаются задачи из сборников по введению в языкознание, разбирается каждый конкретный пример.

В начале практического занятия следует обратить на теоретические вопросы по теме занятия. Первоначально идет изложение теоретического материала темы занятия. Затем в ряде вопросов преподавателя следует сконцентрировать внимание на основных идеях темы занятия. Вопросы должны включать в себя различные вариации элементарных ситуаций, отображающих основные идеи темы занятия в их взаимной взаимосвязи. Задаваемые вопросы должны быть конкретными и максимально проявлять в студентах их сообразительность.

После предварительной части следует начинать разбирать вопросы, имеющие более длинные сценарии взаимодействия основных идей темы занятия.

Устный опрос требует от преподавателя большой предварительной подготовки: тщательного отбора содержания, всестороннего продумывания вопросов, задач и примеров, которые будут предложены, путей активизации деятельности всех студентов группы в процессе проверки, создания на занятии деловой и доброжелательной обстановки.

Различают фронтальный, индивидуальный и комбинированный опрос.

Фронтальный опрос проводится в форме беседы преподавателя с группой. Он органически сочетается с повторением пройденного, являясь средством для закрепления знаний и умений. Его достоинство в том, что на активную умственную работу можно вовлечь всех студентов группы. Для этого вопросы должны допускать краткую форму ответа, быть лаконичными, логически взаимосвязанными друг с другом, даны в такой последовательности, чтобы ответы студентов в совокупности могли раскрыть содержание раздела, темы. С помощью фронтального опроса преподаватель имеет возможность проверить выполнение студентами домашнего задания, выяснить готовность группы к изучению нового материала, определить сформированность основных понятий, усвоение нового учебного материала, который был только что разобран на занятии.

Индивидуальный опрос предполагает обстоятельные, связные ответы студентов на вопрос, относящийся к изучаемому учебному материалу, поэтому он служит важным учебным средством развития речи, памяти, мышления студентов. Чтобы сделать такую проверку более глубокой, необходимо ставить перед студентами вопросы, требующие развернутого ответа.

Вопросы для индивидуального опроса должны быть четкими, ясными, конкретными, емкими, иметь прикладной характер, охватывать основной, ранее пройденный материал программы. Их содержание должно стимулировать студентов логически мыслить, сравнивать, анализировать, доказывать, подбирать убедительные примеры, устанавливать

причинно-следственные связи, делать обоснованные выводы и этим способствовать объективному выявлению знаний студентов.

Вопросы обычно задают всей группе и после небольшой паузы, необходимой для того, чтобы студенты поняли его и приготовились к ответу, вызывают для ответа конкретного студента.

Письменная проверка, наряду с устной, является важнейшим методом контроля знаний, умений и навыков студентов. Однородность работ, выполняемых студентами, позволяет предъявлять ко всем одинаковые требования, попытается объективность оценки результатов обучения. Применение этого метода дает возможность в наиболее короткий срок одновременно проверить усвоение учебного материала всеми студентами группы, определить направления для индивидуальной работы с каждым.

Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе (выполнение домашних заданий).

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала; рефераты, доклады, презентации, контрольные работы и др.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала в конце семестра в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля или дисциплины в целом.

8.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Основными формами *текущего контроля* знаний по дисциплине являются:

- выполнение практических работ;
- задания по теме, вынесенной на самостоятельное изучение;
- проверка домашнего конспекта.

Форма *рубежного контроля*: тест

Формы *промежуточной аттестации*: зачет/экзамен.

Формы контроля и критерии оценивания

Эт ап	Форма контро- ля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	50–70%	Менее 50%
		отлично / зачет	хорошо / зачет	удовлетвори- тельно / зачет	неудовлетвори- тельно / незачет
1. Текущий контроль (max 40 баллов)					
		33–37 баллов	28–32 баллов	19–27 баллов	0–18 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 37	Студент актив- но работает на занятиях, пре- восходно вы- полняет все за-	Студент актив- но работает на занятиях, хоро- шо выполняет задания препо-	Студент недо- статочно актив- но работает на занятиях, удовлетвори-	Студент недоста- точно активно работает на заня- тиях, неудовле- творительно вы-

	б.)	дания преподавателя.	давателя.	тельно выполняет задания преподавателя.	полняет задания преподавателя.
		3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Реферат / доклад / конспект (маx 3б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Превосходный стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (30 б.)					
	тест/контрольная работа	Количество баллов за выполнение каждого задания указываются в тесте/контрольной работе.			
3. Промежуточная аттестация по дисциплине – 30 баллов					
		Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86–100 %	71–85%	50–70%	0–49 %
	Зачет/Экзамен	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Пересчет полученной суммы баллов по дисциплине в оценку производится в соответствии с действующим локальным нормативным актом.

8.2. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Основные определения: нанообъект, наносистема, нано- и мезодиапазон. Классификация наносистем по размерности.

2. Радиоспектроскопия как метод исследования твердотельных и молекулярных систем. Электронный парамагнитный резонанс.
3. Эффект Зеемана: нормальный и аномальный.
4. Энергия магнитного диполя в магнитном поле. Квантование момента импульса микрочастицы. Связь между механическим и магнитным моментами.
5. Условие возникновения электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). g-фактор и его свойства.
6. Анизотропия g-фактора. Теория g-тензора и эффективный спиновый гамильтониан.
7. Экспериментальное определение компонент g-тензора в ориентированных твердых телах. Форма линий и определение главных компонент g-тензора в неориентированных системах.
8. Триплетные состояния. Форма линий для беспорядочно ориентированных систем в триплетном состоянии.
9. Бирадикалы. Обменное взаимодействие.
10. Устройство радиоспектрометра. Добротность, чувствительность и разрешающая способность радиоспектрометра.
11. Методы определения основных параметров спектра электронного парамагнитного резонанса (концентрация парамагнитных центров, ширина линии, g-фактор).
12. Природа изотропного сверхтонкого взаимодействия (СТВ). Энергетические системы с одним неспаренным электроном и одним ядром с $I=1/2$, $I=1$.
13. Спектры ЭПР-радикалов с группами эквивалентных протонов. Расщепление при наличии неэквивалентных ядер. Сверхтонкое расщепление на ядрах с $I>1/2$.
14. Причины возникновения анизотропного сверхтонкого взаимодействия (СТВ). Экспериментальное определение компонент тензора СТВ. Поправки к компонентам тензора СТВ.
15. Основы метода молекулярных орбиталей Хюккеля. Расчет энергий и волновых функций л-электронных органических радикалов.
16. Распределение плотности неспаренного электрона в радикалах. Связь между константой сверхтонкого расщепления и плотностью неспаренного электрона в радикалах. Понятие спиновой плотности. Знак константы сверхтонкого расщепления.
17. Учет электронной корреляции в теории молекулярных орбиталей. Алкильные радикалы. Другие органические радикалы.
18. Однородное и неоднородное уширение линий электронного парамагнитного резонанса. Механизмы, приводящие к уширению линий электронного парамагнитного резонанса (диполь-дипольное и обменное взаимодействия, химические механизмы).
19. Время спин-решеточной релаксации в парамагнитных наносистемах. Эффект насыщения. Спин-спиновая релаксация. Взаимосвязь времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Влияние вращения на спектры электронного парамагнитного резонанса.
20. Определение времен релаксации парамагнитных центров в наносистемах с помощью метода насыщения (в режиме непрерывного СВЧ-излучения). Явление спинового эхо.
21. Основы теории кристаллического поля. Вид потенциалов различных кристаллических полей. Операторы кристаллического поля.
22. Снятие орбитального вырождения в кристаллических электрических полях. Рас-

щепление кристаллическим полем уровней ионов в S-, P-, D- и F-состояниях.

23. Спин-орбитальное взаимодействие и спин-гамильтониан. Ионы с орбитально невырожденными основными D- и F- состояниями.

24. Ионы с орбитально вырожденными основными D- и F- состояниями. Расщепления, обусловленные эффектом Яна-Теллера.

25. Ионы редкоземельных элементов. Ионы актиноидов. Теория поля лигандов.

26. Импульсный электронный парамагнитный резонанс.

27. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Ядерный квадрупольный резонанс.

28. Двойной электрон-ядерный резонанс (ДЭЯР).

29. Двойной электрон-электронный резонанс.

30. Оптически детектируемый магнитный резонанс (ОДМР).

Примеры билетов к экзамену

БИЛЕТ № 1

1. Эффект Зеемана: нормальный и аномальный.

2. Основы метода молекулярных орбиталей Хюккеля. Расчет энергий и волновых функций д-электронных органических радикалов.

БИЛЕТ № 2

1. Условие возникновения электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). g-фактор и его свойства.

2. Основы теории кристаллического поля. Вид потенциалов различных кристаллических полей. Операторы кристаллического поля.

БИЛЕТ № 3

1. Методы определения основных параметров спектра электронного парамагнитного резонанса (концентрация парамагнитных центров, ширина линии, g-фактор).

2. Импульсный электронный парамагнитный резонанс.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и семинарах;
- подготовку к семинарам, коллоквиумам, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать, как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения. Значительно облегчить решение задачи может хорошо выполненный чертеж, если он соответствует условию задачи (прямой угол нарисован прямым, равнобедренный треугольник -

равнобедренным и т. д. При подготовке к семинарам необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к семинару, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему семинары.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку. Промежуточный контроль знаний проводится в виде коллоквиумов, на которых студенту предлагается письменно ответить на теоретический вопрос и решить две задачи по теме коллоквиума, а также студенту в ходе освоения курса необходимо выполнить две домашних индивидуальных работы с их последующей защитой.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ройцин А.Б., Маевский В.М. Радиоспектроскопия поверхности твердых тел. - Киев: Издательство «Наукова Думка», 1992.
2. Керрингтон А., Мак-Лечлан Э. Магнитный резонанс и его применение в химии. - М.: Мир, 1970.
3. Блюмх Б. Основы ЯМР - М: Техносфера, 2011.
4. Черкасов В.К., Курский Ю.А., Кожанов К.А., Шавырин А.С., Бубнов М.П., Куропатов В.А. Методы ЭПР и ЯМР в органической и элементоорганической химии. Электронное учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2010.
5. Brustolon M., Giamello E. Electron Paramagnetic Resonance. A Practitioner's Toolkit. - Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

б) дополнительная литература:

1. Константинова Е.А., Кашкаров П.К., Тимошенко В.Ю. ЭПР-спектроскопия неупорядоченных и низкоразмерных твердотельных систем. - М: Издательство физического факультета МГУ, 2002.
2. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. «Физические методы исследования в химии», - М: Мир, 2006.
3. Rieger PH. Electron Spin Resonance. Analysis and Interpretation. - Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2007.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- необходимый для обеспечения данной дисциплины комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного

производства, а также электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор:

№ п/п	Наименование	№ договора(лицензия)	Страна-производитель
1.	Windows 10 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
2.	Windows 10 Pro for Workstations	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
3.	Windows 7 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
4.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
5.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
6.	Office Standard 2013	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
7.	Office Standard 2010	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г	США
8.	Корпоративная электронная почта (Яндекс.Почта)	№КИС-1965-2025 от 12.01.2026	Россия
9.	Программное обеспечение 1С: Предприятие. Бухгалтерский Учет. Типовая конфигурация 8 сетевая версия	№ СД/108 от 29.08.2017 «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
10.	Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат. ВУЗ»	№ SBR003-250010357500001от 05.02.2025 (действителен до 04.02.2026) с ОАО «АнтиПлагиат»	Россия
11.	Программное обеспечение 1С: Предприятие 8.3 Управление торговлей	№КП /108 от 29.08.2017 с ООО «Максимум» (бессрочно)	Россия
12.	Программное обеспечение 1С: Зарплата и кадры государственного учреждения 8	№СД./ №9., 08.06.2025 г. «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
13.	1С: Бухгалтерия 8. Базовая версия	№9 от 21.05.2019, «МАКСИМУМ-СОФТ СОФТ» бессрочно	Россия
14.	Планы	№2191-24, от 09.01.2025 г. (тех.поддержка до 26.02.2026 г.) ООО ЛММИС	Россия
15.	ПО Лаборатории ММИС (Деканат, ПК, Ведомости, Тестирование, интернет расширение и др.)	№2435-24 от 04.03.2025 ООО ЛММИС	Россия
16.	VSDESK	№ 210406/01 от 06.04.2021г. ИП И,А.Сергеевич	Россия
17.	DIRECTUM RX – Система электронного документооборота	ООО Галактика ИТ договор № 120320/Д/А от 14.03.2022	Россия
18.	MOODLE	Бесплатное	-

19.	ЭБС «Консультант студента»	http://www.studentlibrary.ru Требуется регистрация в библиотеке СОГУ	Россия
20.	РусГард	Бесплатное	Россия
21.	Система веб-конференций (bigbluebutton)	Бесплатное	-
22.	Средства криптографической защиты (КриптоПро CSP, Крипто АРМ)	№120680, от 21.01.2025 ООО «Цифровые технологии»	Россия
23.	Средства криптографической защиты (ViPNet)	№0000-000008 от 17.01.2025 ООО Экспресс-линк	Россия
24.	Средства криптографической защиты (Континент TLS)	№25/08/22 СЛ от 04.09.2025 ООО СКБ-Сервис	Россия
25.	Kaspersky Endpoint Security	№ СФ00-001239 от 13.02.2025 ООО Системный Софт	Россия

**Реестр электронных библиотечных систем (ЭБС)
и электронных образовательных ресурсов, доступ к которым обеспечен
для обучающихся по образовательным программам,
реализуемым в 2026-2027 учебном году**

Название базы данных	Платформа и (или) адрес в сети Интернет	Реквизиты	Правообладатель	Количество ключей
«Университетская библиотека Online» Базовая коллекция	https://biblioclub.ru Требуется регистрация.	Договор № 571-12/2025 от 12.01.2026 г. С 01.01.2026 г. - 31.12.2026 г.	ООО «НексМедиа»	Без ограничения количества пользователей
Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX: рефераты и полные тексты научных статей и публикаций, российские научные и научно-технические журналы	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Лицензионный договор № 310-5051/2025 от 31.03.2025 г. С 14.04.2025 г. - 20.04.2026 г.	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
eLIBRARY.RU - интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования.	eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/org Требуется регистрация.	Ресурс открытого доступа	ООО «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей
«Юрайт» - Учебники по всем специальностям и	«Юрайт» https://urait.ru/info/courses?utm_source=m_campaign	Договор № 6237 от 05.12.2023 г.	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	Доступ по IP адресам вуза без огра-

направлениям подготовки. - ЦУМК по федеральному проекту «Кадры для цифровой экономики»	Требуется регистрация.	С 31.12.2023 - 31.12.2026 г.		ничений по количеству пользователей
Универсальная база данных East View - полнотекстовый доступ к научным журналам	https://dlib.eastview.com Логин: Khetagurov. Пароль: Khetagurov.	№210-П от 12.01.2026 г. С 01.01.2026 г.- 31.12.2026 г.	ООО «ИВИС»	Без ограничения количества пользователей
«SocHum» - электронная библиотека социогуманитарного знания (коллекция учебно-методической литературы и научных журналов социогуманитарной коллекции научно-исследовательских институтов РАН	https://sochum.ru	Ресурс открытого доступа	Государственный академический университет гуманитарных наук (ГАУГН)	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.
Polpred.com - открытая электронная библиотечная система и интернет-сервисы «Деловые средства массовой информации». Доступ к статьям 600 газет, журналов информгентств с архивом за 20 лет: - обзор СМИ; - Россия и зарубежье; - Федеральные округа РФ. - внешняя экономика, право.	https://www.polpred.com/	Ресурс открытого доступа		Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей.
Национальная электронная Библиотека «НЭБ»	https://rusneb.ru/ Требуется регистрация.	Договор № 4513-п от 26.12.2023 г. (на 10 лет с последующей автоматической пролонгацией) Без ограничения срока	Российская государственная библиотека	Доступ осуществляется по IP адресам вуза без ограничений по количеству пользователей

Электронные образовательные ресурсы

Наименование ресурса	Содержание ресурса	Ссылка на ресурс в сети Интернет
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	Каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовая электронная учебно-методическая библиотека для общего и профессионального образования	https://web.archive.org/web/20191122092928/http://window.edu.ru/
«КиберЛенинка»	Собрание научных статей, в основном на русском языке, хотя есть и иностранные публикации.	https://cyberleninka.ru/
Всенаука	Естественные, гуманитарные и социальные науки, психология	Всенаука https://vsenauka.ru/

Библиотекарь. Ру	Бесплатная интернет-библиотека. Книги, статьи, документы по русской и мировой истории, искусству, культуре, прикладным наукам, учебники, научные статьи, методические пособия. Электронные книги, учебники, периодика, графика, справочная и техническая литература. На сайте представлено около 10.000 книг доступных для онлайн чтения. - более 50 полнотекстовых справочников и энциклопедий; - Древнерусская литература - летописи, жития святых, воинские повести древней Руси; - сведения иностранных писателей о средневековой России; - большой раздел репринтов книг, газет и журналов 19 века; - биографии и труды русских учёных и писателей; - классическая литература. Мемуары, дневники; - учебники и научные работы по 20 дисциплинам; - более 15.000 картин и художественных изображений.	https://bibliotekar.ru/
---------------------	---	---

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся: преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска, мультимедийный комплекс (проектор, экран), ноутбук, колонки, программное обеспечение.

Библиотека, в том числе читальный зал: столы, стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение.

Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- при наличии по дисциплине курсовой работы продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.