

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра химической и биологической физики**



Согласовано, декан ФФ

Блинов В.Е.

2025 г.

Рабочая программа дисциплины

СПЕКТРОСКОПИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

направление подготовки: **03.04.01 Прикладные математика и физика**
направленность (профиль): **все профили**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)			
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем		
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	72	24	12		14	18	2		2

Всего 72 часа / 2 зачетные единицы из них:
- контактная работа 40 часов

Компетенции ПК-1

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	9
Аннотация.....	18

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель учебного курса «Спектроскопия конденсированных сред» – дать набор необходимых сведений в области идей и методов, применяемых для определения структуры и динамического отклика различных конденсированных сред: кристаллов, стекол, жидкостей. Практической целью является научить слушателей ориентироваться в экспериментальных методах, применяемых при изучении конденсированных сред, познакомить с особенностями и ограничениями этих методов. В курсе обсуждаются следующие экспериментальные методы: упругое и неупругое рассеяние нейтронов, рентгеновского излучения, комбинационное рассеяние света, метод поглощения инфракрасного излучения, метод изучения тонкой структуры поглощения рентгеновского излучения (EXAFS), мессбауэровская спектроскопия, ультразвуковые методы и метод рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, диэлектрическая спектроскопия, фотон-корреляционная спектроскопия и некоторые другие.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные принципы описания структуры конденсированной среды и ее динамического отклика; основные идеи экспериментальных методов, применяемых для определения структуры вещества, колебательного спектра и релаксационного отклика.</p> <p>Уметь применять эти знания для задач определения структуры исследуемого вещества, его колебательного спектра и релаксационного отклика, для чтения литературы в области химической и биологической физики.</p> <p>Владеть методами упругого и неупругого рассеяние нейтронов, рентгеновского излучения, комбинационного рассеяния света, метода поглощения инфракрасного излучения, метода изучения тонкой структуры поглощения рентгеновского излучения (EXAFS), мессбауэровской спектроскопии, ультразвуковых методах и методе рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, диэлектрической спектроскопии, фотон-корреляционной спектроскопии.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Спектроскопия конденсированных сред» реализуется для обучающихся по направлению подготовки **03.04.01 Прикладные математика и физика**. Курс относится к числу специальных дисциплин по выбору, реализуемых кафедры химической и биологической физики. В нем рассматриваются основные принципы описания структуры конденсированной среды и ее динамического отклика, а также экспериментальные методы, позволяющие получить информацию о структуре и динамике конденсированной среды. Особое внимание уделено физическим идеям и принципам, лежащим в основе этих методов и способам их реализации на практике. В результате прохождения курса у студентов должно сформироваться представление о том, какие экспериментальные методы используются для решения тех или иных задач физики конденсированных сред, какие есть ограничения у этих методов. Эти знания необходимы исследователю в области химической и биологической физики как для решения задач, связанных с характеризацией изучаемого объекта, так и для понимания научной литературы (статей) в этой области. Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса являются следующие. В цикле математических дисциплин: знание основ математического анализа и методов математической физики. Необходимость владения указанными математическими дисциплинами обусловлена тем обстоятельством, что динамический отклики описываются уравнениями в частных производных. В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание и умение применять основные принципы классической механики, молекулярной и статистической физики. Эти общефизические дисциплины входят составной частью в описание поведения атомов и молекул в конденсированной среде.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен

Таблица 3.1

№	Вид деятельности	Семестр	
		1	2
1	Лекции, ч		24
2	Практические занятия, ч		12
3	Лабораторные занятия, ч		
4	Занятия в контактной форме, ч, из них		40
5	из них аудиторных занятий, ч		36
6	в электронной форме, ч		-
7	консультаций, час.		2
8	промежуточная аттестация, ч		2
9	Самостоятельная работа, час.		32
10	Всего, ч		72

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

Программа и основное содержание лекций (24 часа)

№ п/п	Наименование темы и её содержание	Объем, час
1	1. Понятие конденсированной среды. Особенность конденсированной среды. Виды конденсированных сред. Трансляционный порядок. Дальний порядок по центру масс и по ориентации молекул. Кристаллы. Жидкости. Стекла. Жидкие кристаллы. Пластические кристаллы. Кристаллы с элементами беспорядка. Ледовый беспорядок. Беспорядок замещения. Спиновый беспорядок. Суперионные проводники. Надмолекулярные структуры. Полимеры. Белки. Нанотрубки.	2
2	2. Описание микроскопической структуры конденсированных сред. Близкий порядок. Точечные группы симметрии. Дальний порядок. Сингонии. Класс симметрии. Решетки Браве. Обратная решетка. Зона Бриллюэна. Неприводимая часть зоны Бриллюэна. Средний порядок. Пространственная корреляционная функция.	2
3	3. Колебательные возбуждения в конденсированных средах. Континуальное приближение. Продольный и поперечный звук. Дебаевская плотность колебательных состояний. Молекулярные колебания. Неприводимые представления для колебательных возбуждений. Дискретное приближение для колебательных возбуждений. Оптические фононы. Классификация нормальных колебаний кристаллической решетки по их свойствам симметрии. Некристаллические материалы.	2
4	4. Динамический отклик материала. Релаксация. Корреляционная функция. Обобщенная восприимчивость. Диссипация. Флуктуационно-диссипационная теорема. Восприимчивость для экспоненциальной релаксации, затухающего осциллятора, звуковой волны, диффузии.	2
5	5. Метод рассеяния при изучении атомной структуры. Рассеяние в объемном материале. Условие Брэгга. Векторный вид условия Брэгга. Матричный элемент рассеяния. Фактор Дебая-Уоллера. Рассеяние в кристалле. Определение класса симметрии кристаллической решетки. Определения базиса кристаллической решетки. Метод Лауэ. Метод качания/вращения. Гониометрический метод. Метод порошка. Рассеяние в некристаллических материалах.	2
6	6. Экспериментальные методы рассеяния рентгеновских лучей, нейtronов и электронов.	2

	Сравнение различных типов излучения между собой. Экспериментальная реализация метода рассеяния рентгеновских лучей: схема, источники, детекторы. Рассеяние нейtronов. Когерентное и некогерентное рассеяние, роль изотопов. Источники нейtronов. Трехосный и времяпролетный спектрометры. Нейтронный фурье-дифрактометр. Детекторы нейtronов.	
7	7. Экспериментальные методы исследования локальной атомной структуры. Роль методов определения локальной атомной структуры. Метод тонкой структуры края поглощения синхротронного излучения: предпки, NEXAFS, EXAFS. Основная формула EXAFS, способ реализации метода, анализ данных. Мессбауровская спектроскопия. Эффект Мессбауэра, мессбауэровские изотопы. Роль изомерного сдвига, зарядового состояния, квадрупольного и магнитного расщепления. Экспериментальная реализация мессбауэровской спектроскопии.	2
8	8. Неупругое рассеяние нейtronов. Колебательный спектр. Общие формулы для неупрого рассеяния нейtronов. Когерентное неупругое рассеяние в кристаллах. Экспериментальная реализация. Когерентное неупругое рассеяние в некристаллических материалах: бриллюзновское рассеяние, кинематическое ограничение, сильно локализованное колебание. Некогерентное неупругое рассеяние нейtronов.	2
9	9. Неупругое рассеяние рентгеновских лучей при изучении колебательного спектра. Отличия от случая рассеяния нейtronов. Экспериментальная реализация. Резонансное ядерное неупругое рассеяние рентгеновских фотонов.	2
10	10. Комбинационное рассеяние света. Колебательный спектр. Принцип метода и основные формулы. Вид спектра КРС в различных материалах. Правила отбора. Обозначения Порто. Схема эксперимента. Однородное и неоднородное уширение линии КРС.	2
11	11. Комбинационное рассеяние света. Нарушение правил отбора по волновому вектору и особые случаи КРС. Нарушение правила отбора по волновому вектору в спектроскопии КРС. «Электрический» и «механический» беспорядок. Рассеяние второго порядка. Поляритоны. Резонансное КРС. Гиперкомбинационное рассеяние света. Активная КР-спектроскопия. Гигантское комбинационное рассеяние света.	2
12	12. Метод поглощения инфракрасного излучения. Принцип метода и основные формулы. Экспериментальная реализация. Фурье-спектрометры. Отклонения от правил отбора. Поляритонные эффекты	2

13	Ангионеврология конечностей	2
14	Ангионеврология внутренних органов и стенок полостей	4

Программа практических занятий (12 часов)

№ п/п	Наименование темы и её содержание	Объем, час
1	1. Неупругое рассеяние нейтронов. Колебательный спектр. Общие формулы для неупругого рассеяния нейтронов. Когерентное неупругое рассеяние в кристаллах. Экспериментальная реализация. Когерентное неупругое рассеяние в некристаллических материалах: бриллюэновское рассеяние, кинематическое ограничение, сильно локализованное колебание. Некогерентное неупругое рассеяние нейтронов.	2
2	2. Методы исследования акустических колебательных возбуждений. Звуковые волны и их затухание. Особенность Ван-Хова и бозонный пик. Ультразвуковые методы. Спектроскопия рассеяния Мандельштама-Бриллюэна. Низкотемпературная теплоемкость и теплопроводность.	2
3	3. Релаксационный отклик: Методы для среднего времени релаксации. Контуры Дебая, Коль-Давидсона, Коль-Коля для релаксационной восприимчивости. «Затянутый» экспоненциальный отклик. Классификация разных типов релаксации. Уравнение Фогеля-Фулчера. Вязкость, коэффициент диффузии.	2
4	4. Релаксационный отклик: дизелектрическая и нейтронная спектроскопия. Идея и способы реализации дизелектрической спектроскопии. Угол поворота и условие полного возбуждения спектра. Формула для неупругого рассеяния нейтронов на релаксационном отклике. Нейтронные спектрометры обратного рассеяния. Нейтронные спин-эхо спектрометры.	4
5	5. Оптические методы исследования релаксационного отклика. Общая формула для интенсивности рассеяния света. Спектральные методы. Методы для определения временной корреляционной функции: фотон-корреляционная спектроскопия, оптический эффект Керра, четырехволновое смешение, фотолюминесцентные методы.	2

Самостоятельная работа студентов (32 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
-------------------------	---------------

Подготовка к практическим занятиям.	14 часов
Подготовка к экзамену	18 часов

5. Перечень учебной литературы.

1. Суровцев Н.В. Спектроскопия конденсированных сред. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2010., ISBN 978-5-94356-921-0 (5 экз.)
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. Москва: Наука, 1978. (51 экз.)
3. Шаскольская М.П. Кристаллография. М: Высшая школа, 1976. (26 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Суровцев Н.В. Спектроскопия конденсированных сред. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2010.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины Спектроскопия конденсированных сред используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется по оценочной системе в виде контрольных работ. Оценка знаний, умений, навыков и освоения компетенций обучающимися в рамках текущего контроля может проводиться согласно шкале и критериям, представленным ниже.

Три промежуточные письменные контрольные работы проводятся в течение семестра. При проведении контрольных работ пользоваться источниками информации запрещается.

Оценка за работу в семестре учитывает активность студента на практических занятиях, оцениваемую преподавателем, оценки за три контрольные работы, а также количество сданных задач из заданий для самостоятельного решения. За работу в семестре выставляется оценка "2" («неудовлетворительно») в случае, если за одну или более контрольную работу получена оценка 2 («неудовлетворительно»).

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области Спектроскопии конденсированных сред в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене с учётом результатов текущего контроля успеваемости. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию, по билетам, в устной форме. Билет состоит из двух вопросов. Уровень сформированности компетенций оценивается преподавателем по пятибалльной шкале с учётом критериев (таблица) по результатам ответов на вопросы билета и на дополнительные уточняющие вопросы.

Итоговая оценка не может быть выше "3" («удовлетворительно»), если оценка за работу в семестре "2" («неудовлетворительно»).

Для получения оценки «отлично» (продвинутый уровень освоения компетенций) необходимо ответить на два вопроса билета и аргументированно ответить на дополнительные вопросы.

Для получения оценки «хорошо» (базовый уровень усвоения компетенций) нужно ответить на вопросы билета, допускаются ошибки при ответе на дополнительные вопросы.

Для получения оценки «удовлетворительно» (пороговый уровень усвоения компетенций) необходимо ответить хотя бы на один вопрос билета, допускаются незначительные ошибки, допускается отсутствие ответов на дополнительные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» - уровень усвоения компетенций не сформирован.

Обучающийся, имеющий неудовлетворительные результаты при прохождении промежуточной аттестации, обязан ликвидировать академическую задолженность по дисциплине, согласно установленным факультетом срокам прохождения повторной промежуточной аттестации. Сроки проведения повторной промежуточной аттестации согласовываются с преподавателем и утверждаются распоряжением декана.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основные принципы описания структуры конденсированной среды и ее динамического отклика; основные идеи экспериментальных методов, применяемых для определения структуры вещества, колебательного спектра и релаксационного отклика.	Проведение контрольных работ, экзамен.
	ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Уметь применять эти знания для задач определения структуры исследуемого вещества, его колебательного спектра и релаксационного отклика, для чтения литературы в области химической и биологической физики. Владеть методами упругого и неупругого рассеяния нейtronов, рентгеновского излучения, комбинационного рассеяния света, метода поглощения инфракрасного излучения, метода изучения	Проведение контрольных работ, экзамен.

	тонкой структуры поглощения рентгеновского излучения (EXAFS), мессбауэровской спектроскопии, ультразвуковых методах и методе рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, диэлектрической спектроскопии, фотон-корреляционной спектроскопии.	
--	---	--

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не менее 95% ответов должны быть правильными. <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	<i>Отлично</i>
<p><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не менее 80% ответов должны быть правильными. <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. 	<i>Хорошо</i>
<p><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не менее 50% ответов должны быть правильными. <p><u>Экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплен ссылками на научную литературу и источники, – частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей, – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок, 	<i>Удовлетворительно</i>

<ul style="list-style-type: none"> – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы. <p>Письменная контрольная (тестовая) работа:</p> <ul style="list-style-type: none"> – присутствие многочисленных ошибок (более 70% ответов содержат ошибки). <p>Экзамен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкрепленное ссылками на научную литературу и источники, – непонимание причинно-следственных связей, – отсутствие осмыслинности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы. 	<i>Неудовле- твори- тельно</i>
--	--

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры контрольных вопросов (контрольные работы).

1. Какие из перечисленных веществ не являются конденсированной средой: жидкость, газ, жидкий кристалл, биологическая клетка?
2. Укажите вещества, у которых есть дальний порядок по центру масс: кристалл, жидкость, стекло, жидкий кристалл, пластический кристалл.
3. Может ли взаимное расположение атомов в молекуле быть охарактеризовано группой точечных операций симметрии?
4. Какому пространству соответствует обратная решетка кристалла: геометрическому пространству, в котором расположены атомы, пространству волновых векторов, пространству энергии элементарных возбуждений, пространству энергии звуковых волн?
5. Как скорость звука для определенного типа звуковой волны зависит от частоты и волнового вектора в континуальном приближении?
6. Что называют оптическими фононами в кристаллах?
7. Запишите выражение для флуктуационно-диссилиационной теоремы.
8. Запишите выражение для мнимой части восприимчивости, соответствующей экспоненциальной релаксации со временем.
9. Можно ли определить структуру кристалла CH₄ по распределению рассеяния нейтронов?
10. Можно ли определить структуру вещества по рассеянию рентгеновского излучения в порошке?
11. Как устроен времяпролетный спектрометр для измерения упругого и неупругого рассеяния нейтронов?
12. Что измеряют в методе EXAFS?
13. Можно ли методом мессбауэровской спектроскопии определить заряд ионов железа и меди в стеклянной матрице?
14. В чем состоит принцип метода позитрон-аннигиляционной спектроскопии?
15. Что такое фактор Дебая-Уоллера и в каких экспериментальных методиках сигнал (спектр) зависит от значения этого фактора?
16. Можно ли по данным малоуглового рассеяния нейтронов определить размер нанометровых кристаллитов в коллоидном растворе?
17. Какие устройства нужны для измерения спектра комбинационного рассеяния света?
18. Какими факторами определяются позиция и ширина линии в спектре комбинационного рассеяния света?

19. В чем заключается правило отбора по волновому вектору в спектроскопии комбинационного рассеяния света?
20. В чем заключаются правила отбора по симметрии колебательных возбуждений в спектроскопии комбинационного рассеяния света, инфракрасного поглощения и гиперкомбинационного рассеяния света?
21. Запишите выражение для отношения стоксовой и антистоксовой интенсивности для однофононного и двухфононного спектра комбинационного рассеяния света.
22. В чем заключается принцип работы фурье-спектрометра для инфракрасного поглощения?
23. Как сигнал в диэлектрической спектроскопии связан с восприимчивостью релаксационного отклика?

Вопросы на экзамен

1. Расскажите про метод рассеяния при исследовании структуры конденсированных сред (основные идеи, понятия, формулы).
2. Расскажите про метод рассеяния нейtronов при исследовании структуры конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
3. Расскажите про метод рассеяния синхротронного излучения при исследовании структуры конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
4. Расскажите про метод EXAFS при исследовании структуры конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
5. Расскажите про спектроскопию месбауэровского поглощения при исследовании структуры конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
6. Расскажите про спектроскопию неупругого рассеяния нейtronов при исследовании колебательных возбуждений конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
7. Расскажите про спектроскопию неупругого рассеяния синхротронного излучения при исследовании колебательных возбуждений конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
8. Расскажите про спектроскопию ядерного резонансного неупругого рассеяния синхротронного излучения при исследовании колебательных возбуждений конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
9. Расскажите про спектроскопию FRET при исследовании структуры конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
10. Расскажите про спектроскопию комбинационного рассеяния света при исследовании колебательных возбуждений конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
11. Расскажите про спектроскопию поглощения инфракрасного света при исследовании колебательных возбуждений конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
12. Расскажите про спектроскопию рассеяния Мандельштама-Бриллюэна при исследовании акустических возбуждений конденсированных сред (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).
13. Расскажите про спектроскопию неупругого рассеяния нейtronов с использованием спектрометров обратного рассеяния при исследовании релаксационного отклика конденсированных сред (основные идеи, экспериментальная реализация).
14. Расскажите про спектроскопию неупругого рассеяния нейtronов с использованием спин-эхо спектрометров при исследовании релаксационного отклика конденсированных сред (основные идеи, экспериментальная реализация).
15. Расскажите про спектральные методы исследования релаксационного отклика конденсированных сред по неупругому рассеянию света (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).

16. Расскажите про методы исследования релаксационного отклика конденсированных сред по временной корреляционной функции рассеянного света (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).

17. Расскажите про методы исследования релаксационного отклика конденсированных сред по диэлектрической восприимчивости (основные идеи, формулы, экспериментальная реализация).

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС ВО, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации фонда рабочей программы
по дисциплине «Спектроскопия конденсированных сред»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного

Аннотация

**к рабочей программе дисциплины
 «Спектроскопия конденсированных сред»
 направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика
 направленность (профиль): все профили**

Программа дисциплины «Спектроскопия конденсированных сред» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню магистратуры по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой химической и биологической физики в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается студентами первого курса магистратуры физического факультета в осеннем семестре.

Цель курса – знакомство с базовыми понятиями и экспериментальными методами в спектроскопии конденсированных сред. В курсе освещаются основные идеи и схемы эксперимента упругого и неупругого рассеяния нейтронов, рентгеновского излучения, комбинационного рассеяния света, метода поглощения инфракрасного излучения, метода изучения тонкой структуры поглощения рентгеновского излучения (EXAFS), мессбауэровской спектроскопии, ультразвуковых методов и метода рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, диэлектрической спектроскопии, фотон-корреляционной спектроскопии.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основные принципы описания структуры конденсированной среды и ее динамического отклика; основные идеи экспериментальных методов, применяемых для определения структуры вещества, колебательного спектра и релаксационного отклика. Уметь применять эти знания для задач определения структуры исследуемого вещества, его колебательного спектра и релаксационного отклика, для чтения литературы в области химической и биологической физики. Владеть методами упругого и неупругого рассеяния нейтронов, рентгеновского излучения, комбинационного рассеяния света, метода поглощения инфракрасного излучения, метода изучения тон-

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		кой структуры поглощения рентгеновского излучения (EXAFS), мессбауэровской спектроскопии, ультразвуковых методах и методе рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, диэлектрической спектроскопии, фотон-корреляционной спектроскопии.

Курс рассчитан на один семестр (1-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные работы

Промежуточная аттестация: экзамен

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **72** академических часа / **2** зачетные единицы.