

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур



(П.В.Середин)
03.06.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.03.02 ИК и Рамановская спектроскопия биоматериалов и систем
пониженной размерности

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02

Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика медицинских, лазерных технологий и наноматериалов

3. Квалификация выпускника: *Бакалавр*

4. Форма образования: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: *Голощапов Дмитрий Леонидович,*

кандидат физ.-мат. наук,

7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 30.05.2025*

8. Учебный год: *2028–2029*

Семестр: *8*

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

формирование у обучающихся основных представлений и навыков измерений параметров наноматериалов и наноструктур с использованием колебательной спектроскопии, получение знаний о принципах анализа инфракрасных и рамановских спектров бионаноматериалов и наноструктур с учетом теории симметрии и взаимосвязи спектральных характеристик функциональных материалов с их структурными свойствами, получение представлений об основных техниках инфракрасной и рамановской спектроскопии и методиках анализа спектральных характеристик наноструктур.

Задачи учебной дисциплины:

- познакомить обучающихся с основными теоретическими понятиями и физическими процессами, приводящими к возникновению ИК и Рамановских спектров различных структур и их особенностями в случае наноразмерных систем;

- изучить подходы к анализу колебаний молекул нанокристаллов с учётом правил отбора на примере колебания двухатомных молекул, колебания многоатомных молекул и колебания кристаллов для модельных наноструктур, а также изучить подходы к анализу Рамановских спектров при рассмотрении колебаний решётки и математического описания процессов возникновения фононов, плотности их состояния, закона дисперсии и связи со спектральными характеристиками модельных наноструктур

- получить представление об основных техниках инфракрасной и рамановской спектроскопии, основных компонентах и типах инфракрасных и рамановских спектрометров, а также методиках получения спектральных характеристик нано- и биоматериалов с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии.

- сформировать знание об анализе и основных характеристиках инфракрасных спектров (характеристическая частота, полуширина полосы, интегральная интенсивность), а также факторов, влияющие на сдвиг колебаний и интенсивность полос поглощения для различных типов нано- и биоматериалов.

- получить навыки экспериментальных исследований параметров и характеристик бионаноструктур с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии; освоить методы колебательной спектроскопии для идентификации функциональных материалов на основе структурно-группового, молекулярного и количественного анализов

–

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

- А/01.5 «Подготовка к проведению измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

- А/02.5 «Проведение измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

- С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен модернизировать существующие и внедрять новые методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур	ПК-1.2	Реализует на практике основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знать: методы экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур различного функционального назначения с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии
				Уметь: выбирать и обосновывать методики экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур различного функционального назначения с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии
				Владеть: навыками и реализацией на практике эффективных методик экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур различного функционального назначения с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии
		ПК-1.3	Применяет знания о назначении, устройстве и принципах действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Знать: назначение, устройство и принципы действия оборудования инфракрасной и рамановской спектроскопии для измерения параметров наноматериалов и наноструктур Уметь: выбирать на практике основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии

				Владеть: практическими навыками измерений параметров наноматериалов и с использованием инфракрасной и рамановской спектроскопии в соответствии с их назначением, устройством и принципами действия
--	--	--	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации Экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			8 семестр
Аудиторные занятия		72	72
в том числе:	лекции	12	12
	практические		
	лабораторные	24	24
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		36	36
Контроль		36	36
Форма промежуточной аттестации – экзамен			
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Основы теории и основные понятие инфракрасной и рамановской спектроскопии	Основные теоретические понятия и физические процессы, приводящие к возникновению инфракрасных и рамановских спектров. Квантовомеханический подход к описанию колебательных спектров. Колебания двухатомных молекул. Классическое и квантовое описание гармонического осциллятора. Собственные функции гармонического осциллятора. Правила отбора по квантовому числу. Вращение двухатомных молекул, частота вращения. Классическая теория неупругого рассеяния света на колебаниях молекул и кристаллов. Краткое описание квантовой теории рассеяния света. Стоксово и анти-Стоксово рассеяние. Фононы в кристаллах. Колебания одномерной двухатомной цепочки. Дисперсия фононов. Зоны Бриллюэна. Плотность фононных состояний. Правила отбора по волновому вектору.
1.2	Колебания многоатомных молекул и колебания в кристаллах	Нормальные колебания молекул, частота и форма колебаний. Вековое уравнение. колебания многоатомных молекул и колебания в кристаллах. Фононы в кристаллах. Колебания одномерной двухатомной цепочки. Дисперсия

		фононов. Зоны Бриллюэна. Плотность фононных состояний. Правила отбора по волновому вектору. Эффекты взаимодействия в полярных кристаллах.
1.3	Анализ колебаний молекул и кристаллов по симметрии.	Симметрия колебаний. Понятие симметрии колебаний. Эквивалентные колебательные координаты. Матрицы преобразования координат. Координаты симметрии, их определение. Анализ колебаний молекул и кристаллов по симметрии. Анализ колебаний кристаллов кремния. Правила отбора в колебательных спектрах. Математическая формулировка правил отбора. Правила отбора в ИК спектроскопии. Правила отбора в Рамановской спектроскопии. Тензор поляризуемости. Преобразование компонент тензора рассеяния под действием операций симметрии. Правила отбора для процессов второго порядка.
1.4	Основные техники, устройство и принципы действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур в инфракрасной и Рамановской спектроскопии	Основные техники инфракрасной спектроскопии, основные компоненты и типы инфракрасных спектрометров, а также методики получения спектральных характеристик наноматериалов. Особенности аппаратуры для измерений в инфракрасной области спектра. Приборы с интерференционной и растровой селективной модуляцией светового потока. Непрерывно действующие автоматические ИК-анализаторы. Оборудование для Рамановской спектроскопии. Основные компоненты и типы Раман спектрометров. Регистрация поляризованных спектров кристаллов. Поляризационная «утечка». Другие виды рассеяния: резонансное рассеяние, гиперкомбинационное рассеяние, CARS.
1.5	Анализ и основные характеристики инфракрасных и Рамановских спектров биоматериалов и систем пониженной размерности	Анализ и основные характеристики инфракрасных спектров (характеристическая частота, полуширина полосы, интегральная интенсивность). Факторы, влияющие на сдвиг колебаний и интенсивность полос поглощения для различных типов бионаноматериалов. Колебательные спектры кристаллов с конденсированными анионными мотивами. Связь колебательных спектров минералов с кристаллохимическими факторами. Колебательные спектры кристаллов. Анализ интенсивностей в Рамановских спектрах нанокристаллов. Поляризация и ширина линий в спектрах. Рамановский тензор и его преобразование при повороте системы координат. Угловая зависимость интенсивностей Рамановских линий. Ширина спектральных линий.
1.6	Способы контроля параметров и характеристик биоматериалов и систем пониженной размерности	Экспериментальных исследований параметров и характеристик наноструктур с использованием инфракрасной спектроскопии; Методы колебательной спектроскопии для идентификации функциональных материалов на основе структурно-группового, молекулярного и количественного анализов. Качественный и количественный анализ. Подготовка образцов. Экспериментальные исследования параметров и характеристик наноструктур с использованием Рамановской спектроскопии; Рассеяние света в стеклах и наночастицах. Дисперсионные ветви в нарушенных кристаллах. Ширина линий в стеклах. Бозонный пик. Рамановские Спектры нанокристаллов кремния, их анализ.
2. Лабораторные работы		
2.1	Основы теории и основные понятия инфракрасной и	Лабораторная работа 1. Методы обработки инфракрасных и Рамановских спектров. Расчет основных характеристик спектров.

	рамановской спектроскопии	
2.2	Колебания многоатомных молекул и колебания в кристаллах	Лабораторная работа 2. Отнесение полос в инфракрасных и рамановских в спектрах молекул к определенным типам переходов. Принципы обработки, коррекции и идентификации. Библиотеки спектральных данных.
2.3	Анализ колебаний молекул и кристаллов по симметрии.	Лабораторная работа 3. Проведение качественного анализа инфракрасных и рамановских спектров.
2.4	Основные техники, устройство и принципы действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур в инфракрасной и рамановской спектроскопии	Лабораторная работа 4. Пробоподготовка в инфракрасной и рамановской спектроскопии. Выбор методики для исследования определённого наноматериала. Количественный анализ многокомпонентных биоматериалов.
2.5	Анализ и основные характеристики инфракрасных и рамановских спектров биоматериалов и систем пониженной размерности	Лабораторная работа 5 Проверка закона Бугера-Ламберта-Бера. Особенности колебательных спектров углеродных материалов: алмаза, графита, углеродных нанотрубок.
2.6	Способы контроля параметров и характеристик биоматериалов и систем пониженной размерности	Лабораторная работа 6. Исследование наноструктур. Определение степени кристалличности наноматериалов. Исследование наноструктурированных плёнок.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)						
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Основы теории и основные понятия инфракрасной и рамановской спектроскопии	2		4		4	6	12
2	Колебания многоатомных молекул и колебания в кристаллах	2		4		4	6	16
3	Анализ колебаний молекул и кристаллов по симметрии.	2		4		8	6	20
4	Основные техники, устройство и принципы действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур в инфракрасной и рамановской	2		4		8	6	20

	спектроскопии							
5	Анализ и основные характеристики инфракрасных и рамановских спектров биоматериалов и систем пониженной размерности	2		4		4	6	18
6	Способы контроля параметров и характеристик биоматериалов и систем пониженной размерности	2		6		8	6	22
	Итого:	12		24		36	36	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «ИК и Рамановская спектроскопия биоматериалов и систем пониженной размерности» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных работы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в

выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении курса **«ИК и Рамановская спектроскопия биоматериалов и систем пониженной размерности»** включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины **«ИК и Рамановская спектроскопия биоматериалов и систем пониженной размерности»** включает в себя:

- | | |
|---|------------|
| изучение теоретической части курса | – 10 часов |
| подготовку к лабораторным занятиям | – 8 часов |
| написание отчетов по лабораторным работам | – 8 часов |
| подготовку к экзамену | – 10 часов |
| итого | – 36 часов |

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Инфракрасная спектроскопия твердотельных систем пониженной размерности : учебное пособие / А. И. Ефимова, Л. А. Головань, П. К. Кашкаров [и др.]. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 248 с. — ISBN 978-5-8114-2378-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169252
2.	Лебухов, В. И. Физико-химические методы исследования : учебник / В. И. Лебухов, А. И. Окара, Л. П. Павлюченкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1320-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168467
3.	С Коровкин, М. В. Инфракрасная спектроскопия карбонатных пород и минералов : учебное пособие / М. В. Коровкин, Л. Г. Ананьева. — Томск : ТПУ, 2017. — 87 с. — ISBN 978-5-4387-0758-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106768
4.	Физико-химические методы исследования материалов : учебно-методическое пособие / В. В. Виноградов, А. В. Виноградов, М. И. Морозов [и др.]. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/136419
5.	Бондаренко, Г. Г. Основы материаловедения : учебное пособие / Г. Г. Бондаренко, Т. А.

	Кабанова, В. В. Рыбалко. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 763 с. — ISBN 978-5-00101-755-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/151570
6.	Сергеев, А. Г. Нанометрология : монография / А. Г. Сергеев. — Москва : Логос, 2020. — 416 с. — ISBN 978-5-98704-494-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/163080

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
7.	Спектроскопические методы анализа (молекулярная спектроскопия) : учебное пособие / Г. И. Берестова, И. Н. Коновалова, Н. В. Долгопятова, Н. М. Путинцев. — Мурманск : МГТУ, 2014. — 192 с. — ISBN 978-5-86185-784-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/142672
8.	Егоров, А. С. Инфракрасная Фурье-спектроскопия : учебно-методическое пособие / А. С. Егоров. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152922
9.	Раман-спектроскопия в неорганической химии и минералогии : [монография] / Б. А. Колесов ; Российская акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т неорганической химии. - Новосибирск : Изд-во Сибирского отд-ния Российской акад. наук, 2009. - 186, [2] с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-7692-1070-9
10.	Бёккер, Ю. Спектроскопия : руководство / Ю. Бёккер. — Москва : Техносфера, 2009. — 528 с. — ISBN 978-5-94836-220-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/73013
11.	Пентин, Ю. А. Физические методы исследования в химии / Ю. А. Пентин, Л.В. Вилков. ? 2012. -683 с.
12.	Литвин, Ф.Ф. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Ф.Ф. Литвин, В.Т. Дубровский , Р. А. Хатыпов, К. В. Неверов; Под ред. Ф.Ф.Литвина - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 263 с. http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=444657
13.	Купцов А.Х. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. - [2-е рус. изд.]. — М.: Техносфера, 2013. — 695 с.
14.	Смит А.Л. Прикладная ИК-спектроскопия: Основы, техника, анализ. применение / А.Л. Смит: пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 327 с
15.	Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия: Молекулярная спектроскопия / М.А. Ельяшевич. — М.: URSS: ЛИБРОКОМ, 2012. — 527 с.□
16.	Плиев Т.Н. Молекулярная спектроскопия: в 5-ти т. / Т.Н. Плиев. — Владикавказ: Иростон, 2001.
17.	Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхард. — Москва : Техносфера, 2007. — 376 с. — ISBN 978-5-94836-121-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/73017
18.	Гржегоржевский, К. В. Основы молекулярной спектроскопии: спектры оптического поглощения и люминесценции, применение в изучении полиоксометаллатных нанокластеров : учебное пособие / К. В. Гржегоржевский, А. А. Остроушко. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 210 с. — ISBN 978-5-7996-1652-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/98428

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
19.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
20.	http://www.moodle.vsu.ru
21.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
22.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
23.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
24.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
-------	----------

25.	Филимонов, В. Е. Фурье-анализ : учебное пособие / В. Е. Филимонов, А. В. Мороз. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2020. — 78 с. — ISBN 978-5-8158-2155-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/157472
26.	Басалаев, Ю. М. Методы исследования динамики решётки : учебное пособие / Ю. М. Басалаев. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 189 с. — ISBN 978-5-8353-2586-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/141568
27.	ИК спектроскопия : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. 4 и 5 к. высш. проф. образования дневного отд-ния хим. фак. специальности 020101 - Химия] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: О.Ф. Стоянова[и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010 .— 43 с. : ил., табл. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-167.pdf >.
28.	Исследование пористого кремния методом инфракрасной спектроскопии [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : Ю.А. Юраков, А.С. Леньшин, П.В. Середин .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-11.pdf >.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ—демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория инфракрасной спектроскопии ЦКПНО ВГУ (к.49) ИК-Фурье спектрометр Vertex-70 - 1 шт; Спектрофотометр LAMBDA_650 - 1 шт;
Совместная лаборатория физики наногетероструктур и полупроводниковых материалов (лаб. 28) Программный пакет Omnic Microsoft Windows 7 (договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019);
Лаборатория учебного практикума (ауд 129.) Лабораторный стенд для получения тонких пленок и наноструктур методами химического осаждения из газовой фазы и электрохимическими методами - 1 шт.;
Совместная лаборатория "Электронное строение твердого тела" (лаб. 129) вакуумная технологическая установка для магнетронного и термического нанесения металлических и диэлектрических пленок - 1 шт.; электропечь ПТК-1,4-40 с контролируемой атмосферой и автоматизированным управлением для получения материалов с заданными стехиометрией - 1 шт.;
Совместная лаборатория физики наногетероструктур и полупроводниковых материалов (лаб. 28) Дистиллятор лабораторный АЗ-14 «Я-ФП»-01 – 1 шт.; Центрифуга лабораторная ЦЛн-16 – 1 шт.; Магнитная мешалка с подогревом MagicLAB – US-1500D – 1 шт.; Импедансметр Z-1500J – 1шт.; Диспергатор роторный – Ika-T18D – 1шт.; pH-метр/ионометр ИПЛ 111-1 –1 шт., Печь Nabertherm-LE – 1 шт.; Печь LIOP-LF –1 шт.; Ванна ультразвуковая -CT431D2 –1шт.;Источник тока GWInstek PSW7 800-2.88 – 1 шт.; Источник тока GWInstek GPR – 30H10D – 1 шт, Лабораторные стенды для импеданс-спектроскопии - LCR-спектрометр Elins-1500 - 1 шт, LCR-спектрометр GWInstek LCR-819

- 1 шт.; Рамановский спектрометр РамМикс 532 - 1 шт.; Установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS-2000 - 1 шт.; Оптический микроскоп-твердомер ПМТ-3 – 1 шт.; Интерферометр МИИ-4 – 1 шт.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основы теории и основные понятие инфракрасной и рамановской спектроскопии	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторная работа 1
2.	Колебания многоатомных молекул и колебания в кристаллах	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторная работа 2
3.	Анализ колебаний молекул и кристаллов по симметрии.	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторные работы 3
4.	Основные техники, устройство и принципы действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур в инфракрасной и рамановской спектроскопии	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторная работа 4
		ПК-1	ПК-1.3	
5.	Анализ и основные характеристики инфракрасных и рамановских спектров биоматериалов и систем пониженной размерности	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторная работа 5
		ПК-1	ПК-1.3	
6.	Способы контроля параметров и характеристик биоматериалов и систем пониженной размерности	ПК-2	ПК-2.1	Лабораторные работы 6
		ПК-4	ПК-4.2	
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении лабораторных работ.

Перечень тем лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Методы обработки спектров. Расчет основных характеристик спектров.

Лабораторная работа 2. Отнесение полос в спектрах молекул к определенным типам переходов

Лабораторная работа 3. Проведение качественного анализа инфракрасных спектров.

Лабораторная работа 4. Пробоподготовка в ИК Спектрометрии. Количественный анализ многокомпонентных структур

Лабораторная работа 5 Проверка закона Бугера-Ламберта-Бера.

Лабораторная работа 6. Исследование наноструктур. Определение степени кристалличности наноматериалов.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении лабораторных работ	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять лабораторные работы	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении лабораторных работ	—	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов для проведения текущего контроля

Контрольные вопросы и задания для проведения контроля №1:

1. Классический и квантовомеханический подходы к объяснению спектров. Классическое и квантовое описание гармонического осциллятора. Частота и амплитуда колебаний.
2. Нулевые колебания, их амплитуда. Собственные функции гармонического осциллятора.
3. Инфракрасные спектры поглощения двухатомных молекул.
4. Правила отбора. Колебательные переходы для гармонического осциллятора и реальных молекул.
5. Правила отбора по квантовому числу. Вращение двухатомных молекул, частота вращения.
6. Процесс возникновения спектров рамановского рассеяния
7. Стоксово и антистоксово рамановское рассеяние.

8. Элементарная теория рассеяния.
9. Классическая и квантовая теории рассеяния.
10. Сравнение элементарной и квантовой теории рассеяния.
11. Особенности рассеяния при приближении частоты возбуждения к частоте электронного перехода.

Контрольные вопросы и задания для проведения контроля №2:

1. Колебания многоатомных молекул
2. Нормальные колебания молекул, частота и форма колебаний. Вековое уравнение.
3. Колебания многоатомных молекул и колебания кристаллов для модельных наноструктур,
4. Фононы в кристаллах. Типы фононов в кристаллах. Колебания одномерной двухатомной цепочки. Дисперсия фононов. Плотность фононных состояний. Правила отбора по волновому вектору.
5. Колебательно-вращательный инфракрасный спектр двухатомных молекул. R-, Q-, P-ветвь.
6. Число нормальных колебаний сложного иона?
7. Типы нормальных колебаний. Их различия по симметрии. Правила отбора.
8. Какие колебания активны в инфракрасных спектрах?
9. Зоны бриллюэна.

Контрольные вопросы и задания для проведения контроля №3:

1. Нормальные и вырожденные колебания. Активность колебаний в инфракрасных спектрах. Элементы симметрии молекул. Типы симметрии колебаний.
2. Колебательный инфракрасный спектр двухатомных и многоатомных молекул. Фундаментальные, обертоновые, составные частоты и «горячие» полосы.
3. Анализ колебаний молекул в рамановском рассеянии.
4. Общая процедура анализа колебаний кристаллов по симметрии.
5. Анализ колебаний смешанных ионно-ковалентных кристаллов.
6. Выбор корреляций между неприводимыми представлениями позиционной и кристаллической структур.
7. Статическое и динамическое расщепление внутренних колебаний.
8. Поляризуемость молекул и кристаллов. Раман-тензор.
9. Физические причины возникновения правил отбора по симметрии.
10. Правила отбора процессов рассеяния первого и второго порядка.

Контрольные вопросы и задания для проведения рейтинг-контроля 4:

1. Классификация инфракрасных спектров в зависимости от условий получения, природы объекта, типа его энергетических переходов и разрешающей способности спектрального прибора.
2. Техника инфракрасной спектроскопии. Классификация спектрометров. Основные преимущества интерференционных Фурье-спектрометров.
3. Инфракрасная спектроскопия. Подготовка образцов. Особенности исследования газообразных, жидких и твердых образцов. Преимущества и недостатки различных способов пробоподготовки.
4. Возможности использования инфракрасных спектров для идентификации соединений. Групповые частоты.
5. Современные типы спектрометров рамановского рассеяния. Разрешающая способность спектрального устройства.

6. Физические и технические особенности микроспектроскопии и конфокальных раман-микроскопов.
7. Поверхностно-усиленное рамановское рассеяние. Резонансное рассеяние. Гиперкомбинационное рассеяние.
8. Когерентное антистоксово и когерентное стоксово рамановское рассеяние.

Контрольные вопросы и задания для проведения контроля №5

1. Внутренние факторы, оказывающие влияние на групповые частоты в инфракрасных спектрах: изменения масс, геометрия, колебательное взаимодействие.
2. Факторы, оказывающие влияние на групповые частоты: порядок связи, электронные эффекты, ассоциация.
3. Использование спектроскопических методов при проведении фундаментальных исследований и решении практических задач.
4. Связь колебательных спектров минералов с кристаллохимическими факторами. Водородная связь на примере молекул H_2O в кристаллах.
2. Эффекты обусловленные размерным фактором в спектрах рамановского рассеяния.
3. Физические основы конечной ширины линии. Связь с временем жизни и распадом фонона. Интенсивность линий в рамановских спектрах
5. Зависимость интенсивности от температуры.
6. Поляризация линий и угловая зависимость интенсивности колебательной моды.
7. Возникновение бозонного пика в неупорядоченных средах.
8. Локализация фононов в наночастицах.

Контрольные вопросы и задания для проведения контроля №6

1. Экспериментальных исследований параметров и характеристик нано- биоструктур с использованием инфракрасной спектроскопии и рамановского рассеяния;
2. Методы колебательной спектроскопии для идентификации функциональных материалов на основе структурно-группового, молекулярного и количественного анализов.
3. Качественный и количественный анализ. Подготовка образцов. Приставки к инфракрасным спектрометрам.
4. Внешние факторы, оказывающие влияние на групповые частоты: агрегатное состояние, растворитель, концентрация, температура.
5. Возможности использования инфракрасной и рамановской спектроскопии для идентификации неизвестных веществ и структурного анализа. Особенности использования корреляционных таблиц.
6. Специальные задачи и методы количественного анализа.

Перечень вопросов к экзамену

Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации:

1. Инфракрасные спектры поглощения двухатомных молекул. Правила отбора. Колебательные переходы для гармонического осциллятора и реальных молекул.
2. Колебательно-вращательная структура инфракрасных спектров. P-, R-, Q- ветви. Контур вращательной структуры колебательно-вращательных полос.
3. Многоатомные молекулы. Нормальные и вырожденные колебания. Активность колебаний в инфракрасных спектрах.
4. Физические процессы, лежащие в основе получения ИК спектров.
5. Число нормальных колебаний, типы нормальных колебаний.

6. Типы симметрии колебаний в точечных группах C_{2v} , D_2 , C_{3v} , D_{2d} , D_{3h} , D_{3d} .
7. Что представляет собой ИК спектр? Каково энергетическое условие Бора?
8. Уравнение Ламберта-Бэра и в каких целях используется?
9. Что такое эффект Давыдова? Фактор групповой анализ колебаний.
10. Правила отбора для ИК спектров.
11. Фундаментальные частоты, обертоны, «горячие полосы». Взаимосвязь колебательно-вращательной структуры инфракрасных спектров и симметрии многоатомных молекул.
12. Инфракрасные спектры. Внутренние факторы, оказывающие на них влияние.
13. Инфракрасные спектры. Внешние факторы, оказывающие на них влияние.
14. Экспериментальных исследований параметров и характеристик наноструктур с использованием инфракрасной спектроскопии;
15. Методы колебательной спектроскопии для идентификации функциональных материалов на основе структурно-группового, молекулярного и количественного анализов.
16. Качественный и количественный анализ. Подготовка образцов. Приставки к инфракрасным спектрометрам для разных типов образцов.
17. Внешние факторы, оказывающие влияние на групповые частоты: агрегатное состояние, растворитель, концентрация, температура.
18. Возможности использования ИК-спектроскопии для идентификации неизвестных веществ и структурного анализа.
19. Упругое и неупругое рассеяние света.
20. Элементарная теория рассеяния на колебаниях. Полуклассический и квантово-механический подходы.
21. Колебания молекул. Гармонический осциллятор в классической механике. Квантовомеханический гармонический осциллятор. Амплитуда колебаний.
22. Вращательные состояния двухатомных молекул. Колебания многоатомных молекул. Вековое уравнение.
23. Колебания кристаллов. Типы фононов в кристаллах. Дисперсия фононов. Зоны Бриллюэна.
24. Плотность фононных состояний. Правила отбора по волновому вектору. Эффекты взаимодействия в полярных кристаллах.
25. Симметрия колебаний. Симметрия колебаний молекул, координаты симметрии и эквивалентные координаты. Матрицы преобразования колебательных координат. Вырожденные и невырожденные колебания.
26. Группы симметрии молекул и кристаллов. Неприводимые представления. Симметрия колебаний кристаллов.
27. Анализ колебаний молекул по симметрии. Физические основы анализа колебаний молекул. Анализ колебаний на примере тетраэдрической молекулы.
28. Анализ колебаний кристаллов по симметрии. Физические основы анализа колебаний кристаллов. Анализ колебаний на примере кристаллов кремния, графита.
29. Раман-тензор и правила отбора в колебательных спектрах. Тензор поляризуемости и Раман-тензор.
30. Физические причины возникновения правил отбора. Правила отбора для процессов второго порядка.
31. Техника рамановской спектроскопии. Блок-схема спектрометра. Типы спектральных устройств для рамановской спектроскопии. Поляризационные измерения.
32. Физические и технические особенности рамановской спектроскопии. Физические разновидности рамановского рассеяния. Единицы измерения.
33. Частота колебаний. Физическая и химическая характеристика частоты колебаний. Распространенные примеры. Характеристические колебания. Кристаллические эффекты. Модовое поведение. Взаимодействие колебаний.
34. Рассеяние света в стеклах и наночастицах. Фононный спектр в дефектных кристаллах. «Складывание» зон. Бозонный пик. Локализация фононов в наночастицах.

Фонд оценочных средств

Примерный перечень заданий части «А»

1. Свет называется поляризованным, когда:

- a) все направления колебаний светового вектора, перпендикулярные к световым лучам, равновероятны;
- b) колебания светового вектора отсутствуют;
- c) колебания светового вектора упорядочены каким-либо образом.
- d) направления колебаний светового вектора, перпендикулярные к световым лучам, преимущественны;

2. Что обозначает параметр α в формуле закона Бугера ($I(x) = I_0 e^{-\alpha x}$)?

- a) коэффициент затухания;
- b) электромагнитная восприимчивость;
- c) коэффициент поглощения;
- d) коэффициент усиления.

3. Лазерное излучение с какой длиной волны будет глубже проникать в образец?

- a) 337 нм.
- b) 532 нм.
- c) 785 нм.
- d) 1024 нм.

4. Что относится к методам лазерной спектральной диагностики?

- a) Инфракрасная Фурье спектроскопия.
- b) масс-спектрометрия.
- c) Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса.
- d) атомно-силовая микроскопия.

5. Что такое оптический фонон?

- a) тип колебания кристаллической решётки.
- b) квант света.
- c) артефакт неизвестного происхождения.
- d) любое вынужденное колебание кристаллической решётки вещества

6. Рэлеевское рассеяние это?

- a) когерентное рассеяние света без изменения длины волны на частицах, неоднородностях или других объектах, размер которых много меньше длины волны света.
- b) неупругое рассеяние оптического излучения на молекулах вещества (твёрдого, жидкого или газообразного), сопровождающееся заметным изменением частоты излучения.
- c) процесс неупругого рассеяния света на акустических фононах, генерируемых за счет взаимодействия падающей и стоксовой волн, при этом рассеянное излучение играет активную роль и лавинообразно нарастает.
- d) неупругое рассеяние оптического излучения на молекулах вещества (твёрдого, жидкого или газообразного), сопровождающееся увеличением частоты рассеянного света

7. Укажите типичную область колебаний неорганических соединений в инфракрасных спектрах см^{-1} :

- a) 3500-3300;
- b) 400-100;
- c) 3000-26000;
- d) 1200-400.

8. Укажите типичную область полос в см^{-1} для рамановских спектров:

- a) 3500-3300;
- b) 400-100;
- c) 3000-26000;
- d) 100-4000.

9. Согласно постулатам Н. Бора переход от одного состояния в другое осуществляется при соблюдении условия:

- a) $\Delta E = h\nu$;
- b) $I = I_0 \cdot e^{-kl}$;
- c) $\Delta E = 0$.
- c) $E = E_t + E_r + E_u + E_e$.

10. Инфракрасный спектр представляет из себя:

- a) Зависимость интенсивности падающего излучения от угла падения/отражения;
- b) Зависимость интенсивности прошедшего через образец инфракрасного света определённого диапазона от длины волны;
- c) Частотную характеристику, где интенсивность меняется модулированием первичного сигнала;
- d) Зависимость интенсивности поляризованного сигнала от угла падающего излучения на образец.

11. Какие из указанных колебаний относятся к валентным колебаниям:

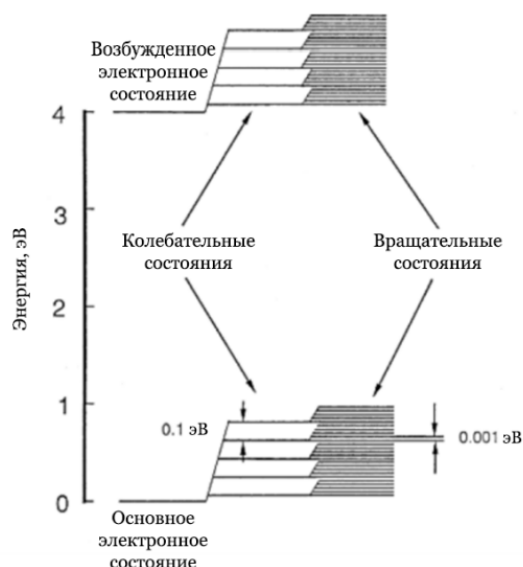
- a) симметричные и антисимметричные;
- b) антисимметричные и крутильные;
- c) веерные и крутильные
- d) ножничные

12. Полный колебательный спектр многоатомной молекулы содержит:

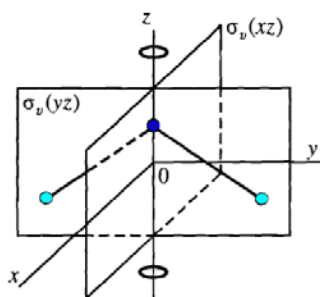
- a) целый набор линий и полос, частоты и интенсивности которых отражают все особенности её сложного колебательно-вращательного движения;
- b) набор полос отражающий поляризацию молекулы;
- c) набор колебаний отвечающих поступательному движению всей молекулы;
- d) набор характеристических полос поглощения определённых молекулярных групп связанных с только с колебательным движением

Примерный перечень заданий части «В»

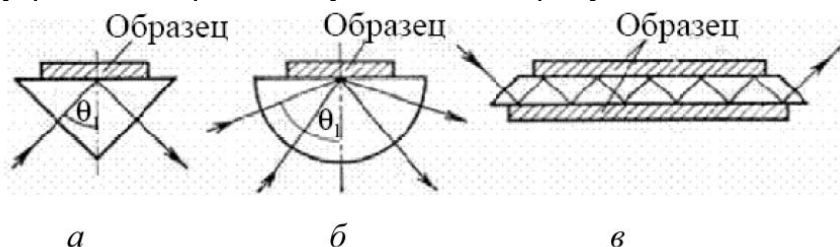
1. Отнесение характеристических ИК-полос возможно в микрометрах или волновых числах. Сделайте приближённо следующие преобразования: 1) $5,85 \mu\text{m}$ в cm^{-1} 2) 2250 cm^{-1} в μm .
2. Какая из связей C=O является более прочной: полоса поглощения которой наблюдается в области 1735 cm^{-1} или та полоса поглощения которой наблюдается в области 1715 cm^{-1} ?
3. Определите степень полимеризации светоотверждаемого полимера при внесении нанонаполнителя, если интенсивность компоненты в области 1610 cm^{-1} относимых к ароматическим связям C=C равна 598 отн.ед, а интенсивность полосы поглощения относимой к алифатическим связям C=C в области 1635 cm^{-1} как 711 отн.ед.
4. Требуется провести анализ молекулярного состава неизвестного поликристаллического вещества, для которого показатель преломления $n = 1.7$. Укажите на приставке нарушенного полного внутреннего отражения с каким кристаллом можно провести анализ данного соединения, если есть приставки с кристаллами: ZnS ($n < 1,59$); KRS-5 ($n < 1,68$); ZnSe ($n < 1,72$); Ge ($n < 2,84$).
5. Поясните в каком случае в спектрах пропускания и отражения инфракрасного излучения тонких плёнок могут наблюдаться интерференционные максимумы и минимумы и поясните целесообразно ли проводить измерение толщин плёнок для неоднородных плёнок с большими значениями шероховатостей.
6. Молекулярная система характеризуется набором определенных энергетических состояний (уровней), связанных с различными видами движения молекулы, ее атомных ядер и электронов. Поясните с какими энергетическими состояниями связана ИК-спектроскопия.



7. Определите точечную группу симметрии нелинейной трехатомной молекулы XY_2 , например, молекулы воды представленной на рисунке:



8. Объясните особенности использования различных приставок нарушенного полного внутреннего отражения указанных на рисунке:

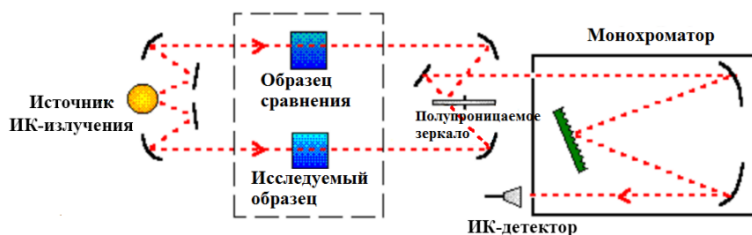


9. Опишите на какую глубину при использовании приставки нарушенного полного внутреннего отражения может проходить ИК излучение в образец и характеристические толщины анализируемого слоя.



10. В случае получения спектров пропускания в качестве матрицы порошок KBr с которым спрессовывают наноразмерный материал. Опишите причину использования, возможные эффекты наблюдаемые в ИК спектре пропускания полученного от такого образца.

11. Опишите схему представленного на рисунке спектрометра, к спектрометрам какого типа и какие особенности он имеет:



12. В качестве растворителя для получения ИК спектра необходимо использовать гексан или воду. Опишите в чём недостатки использования воды для проведения исследования
13. Твердые образцы для исследования могут готовиться тремя различными способами. В первом случае изготавливают таблетки порошкообразного образца с инертными по отношению к нему наполнителями (обычно таким наполнителем служит KBr). Опишите из-за наличия какого фактора необходимо компактировать образцы в наиболее плотные и тонкие таблетки
14. Опишите в случае использования мелкодисперсного порошка какой из методов подготовки подойдёт для получения ИК спектра данного вещества.
15. Используя схему опишите условия возникновения инфракрасных полос поглощения

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «ИК и Рамановская спектроскопия биоматериалов и систем пониженной размерности» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «ИК-спектроскопия»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «ИК и Рамановская спектроскопия биоматериалов и систем пониженной размерности» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.