

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана Геологического факультета
Член-корр. РАН

_____/Н.Н.Еремин/

«__» _____ 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Колебательная и мессбауэровская спектроскопия минералов

Автор-составитель: Боровикова Е.Ю.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геохимия

Форма обучения:
Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» «Кристаллография и кристаллохимия» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*). (*программы магистратуры*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от __ декабря 2021 года (протокол №__).

Год (годы) приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Колебательная и мессбауэровская спектроскопия минералов" является получение студентами - кристаллографами теоретических знаний и практических навыков работы в области спектроскопических исследований кристаллохимических особенностей минералов и неорганических соединений. Уровень исследований и ценность получаемых результатов непосредственно связаны с правильностью выбора и применением комплекса современных спектроскопических методов в дополнение к методам РСА, которые могут помочь при решении поставленных перед исследователем задач. Студент должен научиться оптимальному выбору методов исследования для решения поставленных задач и делать заключения на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных.

Задачи:

1. Ознакомить студентов с современными спектроскопическими методами исследования кристаллов: методами колебательной и оптической спектроскопии, резонансными методами (ЭПР, ЯМР, мессбауэровской спектроскопией), методами рентгеновской спектроскопии.
2. Научить студентов делать правильный выбор спектроскопического метода исследования в зависимости от поставленных задач.
3. Дать студентам представление о математической теории групп, её связи с кристаллографией и использовании в спектроскопических методах исследования.
4. Научить студентов интерпретировать колебательные (ИК, КР) и мессбауэровские спектры кристаллов.
5. Научить студентов самостоятельно использовать спектроскопические методы для определения деталей строения минералов, для исследования изоморфизма, упорядоченного и статистического распределения атомов по эквивалентным кристаллографическим позициям, полиморфных превращений в минералах.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, обязательные профессиональные дисциплины, курс – III, семестр – 6.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Общая химия», «Кристаллография», «Кристаллохимия».

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-3.Б Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично),

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично),

ОПК-7.Б Способность использовать отраслевые нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности (формируется частично),

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: Физические основы методов колебательной и мессбауэровской спектроскопии и возможности использования их для определения тонких особенностей структуры минералов.

Уметь: Выбирать спектроскопические методы исследования исходя из поставленной задачи. Получать ИК-спектры, КР-спектры, мессбауэровские спектры, и расшифровывать их.

Владеть: Различными методиками обработки и расшифровки данных, полученных спектроскопическими методами.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **3** з.е., в том числе **28** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**14** часов – занятия лекционного типа, **14** часов – занятия семинарского типа, **10** часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), **70** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс “**Колебательная и мессбауэровская спектроскопия минералов**” включает следующие основные разделы:

- краткие характеристики основных спектроскопических методов, используемых в науках геохимического цикла, и их классификацию;
- физические основы колебательной и мессбауэровской спектроскопии;
- методы съемки и расшифровки колебательных спектров и используемая с этой целью аппаратура;
- применение спектроскопических методов для уточнения тонких кристаллохимических характеристик вещества, эффективного исследования соединений включающих легкие химические элементы, соединений характеризующихся кристаллохимически сложными структурными явлениями, такими как политипия, изоморфизм, катионное упорядочение, фазовые переходы.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы <i>(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)</i>
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Общая характеристика и классификация спектроскопических методов. Обзорное знакомство с различными спектроскопическими методами, применяемыми в минералогии и кристаллографии.		2		–	2	Подготовка к контрольному опросу №1. Реферат по одному из спектроскопических методов исследования минералов, 16 часов
Раздел 2. Основы теории групп. Колебательная спектроскопия. Ведение в теорию молекулярной спектроскопии. ИК и КР спектры кристаллов. Теоретико-групповой анализ.		4		4	8	Подготовка к контрольному опросу №2. Решение задач, 14 часов
Раздел 3. Колебательные спектры кристаллов с конденсированными анионными мотивами. Связь колебательных спектров минералов с кристаллохимическими факторами.		2		4	6	Подготовка к контрольному опросу №3. Обработка и интерпретация колебательных спектров, 10 часов
Раздел 4. Спектроскопическое проявление вхождения OH_n -групп в структуру. Поляризованное излучение. Количественный анализ. Современные тенденции применения колебательной спектроскопии.		2		4	6	Интерпретация колебательных спектров. Подготовка к итоговой письменной контрольной работе по колебательной спектроскопии, 14 часов
Раздел 5. Мессбауэровская спектроскопия Основы теории ядерной гамма-резонансной спектроскопии		2		-	2	Подготовка к контрольному опросу №4, 10 часов
Раздел 6. Интерпретация мессбауэровских спектров силикатов -породообразующих минералов.		2		2	2	Обработка и кристаллохимическая интерпретация мессбауэровских спектров минералов, 6 часов
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						10**
Итого	108			28		80

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1

Критерии отнесения методов исследования к спектроскопическим. Типы излучения. Электромагнитное излучение в свете волновой и квантово-механической теорий. Основные характеристики излучения (частота, длина волны, волновое число). Энергетическое условие Бора. Типы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, и эффекты, вызываемые этим взаимодействием. Электронные, колебательные, вращательные, спиновые и ядерные переходы как результат различных типов внутриатомных или внутримолекулярных взаимодействий, определяющих соответствующую спектральную область. Важнейшие характеристики спектральных линий (положение, интенсивность, ширина). Оптическая плотность. Закон Ламберта-Бэра. Обзорное знакомство с различными спектроскопическими методами, применяемыми в минералогии и кристаллографии. Физические основы метода, наблюдаемый эффект, объекты метода, структурная информация, получаемая с помощью данного метода:

2.1 Радиоспектроскопия магнитного резонанса:

2.1a Электронный Парамагнитный резонанс (ЭПР)

2.1б Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)

2.2 Колебательная спектроскопия

2.2a Инфракрасная спектроскопия (ИКС)

2.2б Спектроскопия комбинационного рассеяния (КРС)

2.3 Оптическая спектроскопия

2.4 Рентгеновская спектроскопия (XAS)

2.5 Ядерный Гамма Резонанс (ЯГР, мессбауэровская спектроскопия)

Раздел 2

Определение группы. Представления групп и характеры представлений. Прямое произведение представлений. Энергия молекулы и ее составляющие. Переход между двумя колебательными уровнями энергии двухатомной молекулы в основном электронном состоянии и колебательные спектры. Физические процессы, лежащие в основе получения ИК и КР спектров. Частота простого гармонического колебания и силовые постоянные K . Колебательные степени свободы. Нормальные колебания. Дипольный момент и поляризуемость кристалла. Правила отбора нормальных колебаний для ИК и КР спектров. Колебания валентные и деформационные, симметричные, асимметричные и вырожденные. Неприводимые представления. Типы симметрии колебаний в молекулах, подчиняющихся одной из 32 точечных групп симметрии. Нормальные колебания в молекулах H_2O и CO_2 .

Разделение колебаний на внутренние и внешние. Типы колебаний в плоских четырехатомных молекулах HO_3 . Спектры кристаллов с треугольными анионными группировками. Позиционная или локальная симметрия сложного иона в кристалле. Типы колебаний тетраэдра HO_4 . Спектры кристаллов с тетраэдрическими анионными группировками. Снятие вырождения и запрета на полносимметричные колебания при понижении локальной симметрии анионной группы.

Фактор-группа и пространственная группа кристалла. Приведение представлений позиционной группы симметрии сложного иона к представлениям фактор-группы пространственной группы кристалла (на примере кальцита, везувиана). Колебания, активные в ИК спектрах и спектрах комбинационного рассеяния. Теоретическое предсказание числа полос в ИК спектре кристалла. Внешние колебания. Спектры кристаллов в дальней ИК области (FIR).

Раздел 3. Колебательные спектры кристаллов с конденсированными анионными мотивами. Спектры пиросиликатов и пирофосфатов. Симметрия аниона C_{2v} . Колебания мостиков Si-O-Si (P-O-P) и концевых связей Si-O (P-O). Спектры силикатов с кольцевыми анионами. Уменьшение числа полос за счет высокой симметрии аниона (D_{nh} и D_{nd}).

Наличие интенсивной полосы симметричных колебаний Si-O-Si. Спектры цепочечных силикатов. Активность двух (в пироксенах), трех и более (в пироксеноидах) валентных симметричных колебаний мостиков Si-O-Si, образующих элементарное звено цепи. Спектры амфиболов. Пять связей Si-O-Si и пять полос симметричных валентных колебаний мостиков. Слоистые силикаты. Вырождение колебаний вследствие высокой собственной симметрии слоя (C_{6v}). Каркасные силикаты. Кварц. Колебательные спектры алюмосиликатов. Спектры упорядоченных и неупорядоченных полевых шпатов.

Связь колебательных спектров минералов с кристаллохимическими факторами. Зависимость положения полос в ИК-спектре от валентности, к.ч., массы атомов, ионных радиусов и расстояний Me - O. Области характеристических частот валентных колебаний анионных групп боратов (BO_3) и карбонатов (CO_3); силикатов, фосфатов, сульфатов и боратов (BO_4). Проявление полос колебаний катионов в октаэдрических и тетраэдрических позициях (на примере Al, Ti, Mg, Fe). Зависимость положения полос в ИК спектре от степени полимеризации полиэдров на примерах боратов, фосфатов, силикатов. Полимеризация полиэдров по вершинам, ребрам, граням и смещение полос в ИК спектре на примере катионов.

Раздел 4.

Спектроскопическое проявление вхождения OH_n - групп в структуру. Колебания связей O - H в молекулах H_2O , ионах $(OH)^-$, «кислых анионах». Характеристические значения частот деформационных колебаний H_2O . Установление вхождения в структуру H_2O и OH^- по ИК спектрам. Определение ориентации молекул H_2O в берилле. Деформационные колебания Me - OH в соединениях с ковалентной связью. Положение полос колебаний молекулярной воды и гидроксила в зависимости от силы водородной связи $OH...O$ или связи H_2O со структурой кристалла.

Современные тенденции применения колебательной спектроскопии. Поляризованное излучение. Применение методов колебательной спектроскопии для качественного и количественного анализов и другие применения в минералогии и кристаллографии. Техника и методики ИК спектроскопии и спектроскопии КР. Аппаратура ИК спектроскопии, прозрачные материалы, приготовление образцов. Аппаратура спектроскопии КР. Температурные исследования.

Раздел 5.

Основы теории ядерной гамма-резонансной спектроскопии.

Уровни энергии ядра и ядерные превращения. Резонансное поглощение и испускание гамма-квантов ядрами. Энергия гамма излучения, ширина спектральной линии и ядерные переходы на примере Fe^{57} и Sn^{119} . Энергия отдачи. Сущность эффекта Мессбауэра. Мессбауэровские изотопы. Мессбауэровские спектрометры. Параметры мессбауэровских спектров: изомерный сдвиг и квадрупольное расщепление. Их зависимость от валентности атомов, к.ч., характера химической связи, электроотрицательности лигандов, степени искажения полиэдров, низкоспинового или высокоспинового состояния резонирующего атома. Электронное строение атома железа. Расщепление его d – орбиталей по уровням энергии кристаллическим полем лигандов.

Раздел 6

Интерпретация мессбауэровских спектров силикатов - породообразующих минералов. Обзор современных исследований породообразующих минералов методом мессбауэровской спектроскопии.

Содержание семинаров.

Занятие №	Содержание семинарского занятия
1-2	Решение задач на анализ фундаментальных колебаний кристалла, фактор-

	групповой анализ внутренних и внешних колебаний на основе структурной информации. Разбор влияния позиционной группы симметрии и фактор-группы кристалла на характер колебательных спектров. Обучение использованию структурных баз данных (ICSD, AmCSD) для получения необходимой для спектроскопического анализа структурной информации. Использование открытых сетевых ресурсов (Bilbao Crystallographic Server) при анализе фундаментальных колебаний кристаллов. Расчет колебательных частот простых минералов с помощью программы Vibratz.
3	Знакомство с оборудованием для съемки ИК и КР спектров. Съемка и интерпретация ИК спектров породообразующих силикатов с конденсированными кремнекислородными тетраэдрами. Обучение использованию программного пакета Origin для обработки спектроскопических данных и подготовки их к научным публикациям.
4	Съемка и интерпретация ИК спектров минералов различных классов: карбонатов, боратов, сульфатов, фосфатов, силикатов. Оценка влияния кристаллохимических факторов на положение полос в спектрах.
5	Съемка ИК спектров минералов содержащих молекулы H ₂ O и гидроксильные группы OH. Разделение ИК спектров водо-и гидроксилсодержащих минералов, сравнение силы водородных связей в структурах исследованных минералов.
6	Итоговая письменная контрольная работа по колебательной спектроскопии.
7	Обработка и кристаллохимическая интерпретация мессбуэровских спектров

Рекомендуемые образовательные технологии

Технология полного усвоения - построение учебного процесса направлено на то, чтобы подвести всех учащихся к единому, чётко заданному уровню овладения знаниями и умениями. Содержание курса разбивается на небольшие блоки, с обязательным промежуточным контролем.

Технология обучения как учебного исследования - основные этапы: столкновение с проблемой, выбор методики исследования, сбор данных («верификация»), сбор данных (экспериментирование), построение объяснения, анализ хода исследования, выводы.

В ходе лекционной учебной работы используются презентации и интерактивные обсуждения этапов процесса научного исследования.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных и практических работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы, проводятся контрольные работы.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля

1. Каково число нормальных колебаний сложного иона?
2. Как различаются уровни энергии колебательных, вращательных и электронных переходов в двухатомной молекуле?
3. Каковы типы нормальных колебаний? Их различия по симметрии. Правила отбора.

4. Какие колебания активны в ИК-спектрах, а какие в спектрах комбинационного рассеяния?
5. Рассмотреть типы симметрии колебаний в точечных группах C_{2v} , D_2 , C_{3v} , D_{2d} , D_{3h} , D_{3d} .
6. Рассмотреть типы нормальных колебаний треугольных сложных ионов (BO_3 , CO_3).
7. Рассмотреть типы нормальных колебаний тетраэдрических сложных ионов (SiO_4 , PO_4 , VO_4 , SO_4).
8. Каково влияние позиционной группы симметрии сложного иона и фактор-группы кристалла на число полос в ИК-спектре на примере:
 - а) арагонита – кальцита
 - б) оливина
 - в) апатита
 - г) гипса
9. Рассмотреть увеличение числа полос в ИК-спектре при понижении симметрии сложного иона в кристалле от Td через C_{3v} к C_s , и от Td через D_{2d} , S_4 к C_2 .
10. Рассмотреть изменение характера ИК-спектра при переходе от орто- к диортосиликатам, объяснить появление в спектре полосы $\nu_s Si - O - Si$ колебаний.
11. Каково влияние высокой собственной симметрии кольцевого аниона на характер ИК-спектра?
12. Как влияет степень полимеризации кремнекислородного радикала в цепочечных и ленточных силикатах на ИК-спектр?
13. Как влияет высокая собственная симметрия слоя в тальке на ИК-спектр этого минерала?
14. Как по ИК-спектру различаются высокие и низкие полевые шпаты?
15. Как различить по ИК-спектру, содержит ли кристалл молекулярную воду или ионы OH^- ?
16. Как влияет сила водородной связи на положение полос гидроксила?
17. Объяснить появление деформационных колебаний $Me - OH$ в ИК-спектрах кристаллов с сильной ковалентной связью.
18. Каково влияние валентности катиона на положение полос в ИК-спектре (на примере сульфатов, фосфатов, силикатов)?
19. Показать влияние координационного числа на положение полос в ИК-спектре.
20. Показать влияние массы катиона на положение полос в ИК-спектре.
21. Как влияет степень конденсации полиэдров на положение полос в ИК-спектре?
22. В чем заключается суть открытия Мессбауэра?
23. Как минимизировать энергию отдачи?
24. Ядерные переходы $Co^{57} \rightarrow Fe^{57}$ и Sn^{119} .
25. Объяснить различие в изомерных сдвигах для Fe^{2+} и Fe^{3+} в высокоспиновом состоянии?
26. Объяснить различие в изомерных сдвигах для Fe^{3+} при различном КЧ атомов, различных лигандах, различной степени ионности - ковалентности связи.
27. Почему появляется квадрупольное расщепление? От чего зависит его величина?
28. Как выглядит мессбауэровский спектр при наличии сверхтонкого магнитного расщепления ядерных уровней?

Расчетные и практические работы

1. Расчет типа и количества фундаментальных колебаний для заданного минерала, включая самостоятельный поиск и анализ структурной информации. Примеры минералов для самостоятельного анализа: барит, сидерит, берлинит, тенардит, котоит, синхалит.
2. Обработка в программном пакете Origin и интерпретация спектров

распространенных минералов разных классов соединений: боратов, карбонатов, фосфатов, сульфатов, силикатов с островными анионными мотивами (кальцит, арагонит, сидерит, гипс, барит, церуссит, апатит, оливин, гранат), силикатов с конденсированными кремнекислородными мотивами (примеры минералов для самостоятельного анализа спектров: везувиан, эпидот, катаплеит, берилл, турмалин, диопсид, авгит, волластонит, тремолит, антигорит, флогопит, тальк, кварц). Определение класса минерала, вида конденсации кремнекислородного мотива, содержания групп OH^- или молекул воды.

3. Анализ информации по исследованиям валентного состояния и структурного положения железа в минералах или неорганических соединениях, исследуемых студентами в рамках их курсовых работ. Предоставление информации в виде сообщения или реферата.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Типы взаимодействия излучения и вещества.
2. Физические процессы, лежащие в основе получения ИК и КР спектров.
3. Число нормальных колебаний, типы нормальных колебаний.
4. Рассмотреть типы симметрии колебаний в точечных группах C_{2v} , D_2 , C_{3v} , D_{2d} , D_{3h} , D_{3d} .
5. Что представляет собой ИК спектр? каково энергетическое условие Бора?
6. Уравнение Ламберта-Бэра и зачем оно нужно?
7. Что такое эффект Давыдова? Фактор групповой анализ колебаний.
8. Поляризованное излучение и задачи решаемые с использованием поляризованного ИК излучения?
9. Правила отбора для ИК и КР спектров.
10. Правило альтернативного запрета
11. Расчет числа внутренних колебаний треугольного иона заданной симметрии в заданной пространственной группе.
12. Расчет числа внутренних колебаний тетраэдрического иона заданной симметрии в заданной пространственной группе.
13. Отличительные черты спектров силикатов с различной степенью конденсации кремнекислородных полиэдров
14. Колебания молекулы воды. Как различить по ИК-спектру, содержит ли кристалл молекулярную воду или ионы OH^- ?
15. От чего зависит положение полос колебаний связей $\text{O}-\text{H}$ в колебательном спектре. Особенности спектров соединений с сильными водородными связями.
16. С чем связано появление в ИК спектре полос $\text{X}-\text{OH}$, где X - катион? от чего зависит положение этих полос?
17. Кристаллохимические факторы, влияющие на положение полос в колебательных спектрах минералов.
18. Физические основы метода мессбауэровской спектроскопии.
19. Что представляет собой мессбауэровский спектр?
20. Что такое энергия отдачи?
21. В чем заключается суть открытия Мессбауэра?
22. Мессбауэровские изотопы.
23. Рассмотреть ядерные переходы на примере Fe^{57} и Sn^{119} .
24. Что такое изомерный сдвиг ядерного уровня?

25. Объяснить влияние на величину изомерного сдвига валентности атома, его КЧ, электроотрицательности, степени ионности-ковалентности связи в кристалле.
26. Что такое квадрупольное расщепление ядерного уровня? Как оно проявляется в спектре?

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: Физических основ методов колебательной и мессбауэровской спектроскопии и возможностей их использования для исследования особенностей структур минералов.	Знания отсутствуют или присутствуют фрагментарные знания	Присутствуют систематические знания или общие, но не структурированные знания.
Умения: Выбирать спектроскопические методы исследования исходя из поставленной задачи. Получать ИК-спектры, КР-спектры, мессбауэровские спектры, и интерпретировать их.	Студент не может выбрать метод исследования выбрать для решения поставленной задачи или не может обосновать выбор метода. Студент не может интерпретировать колебательный или мессбауэровский спектр согласно кристаллохимии исследуемого объекта.	Студент обосновано выбирает спектроскопический метод исследования и интерпретирует полученные данные.
Владения: Различными методиками обработки и расшифровки данных, полученных спектроскопическими методами.	Навыки использования различных методик обработки и расшифровки данных, полученных спектроскопическими методами отсутствуют. Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков.	В целом сформированные навыки использования различных методик обработки и расшифровки данных, полученных спектроскопическими методами.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- 1) Ю.А.Пентин, Г.М.Курамшина. Основы молекулярной спектроскопии: учеб.пособие для студентов вузов / М. : Мир : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008

Дополнительная литература

- 2) Куражковская В.С., Боровикова Е.Ю. Инфракрасная и мессбаэровская спектроскопия, учебное пособие, Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, 2008, 98 стр.
http://cryst.geol.msu.ru/appliances/UR_sp.pdf
- 3) Русаков В.С. Мессбаэровская спектроскопия локально неоднородных систем. Алматы, ИЯФ НЯЦ РК, 2000
- 4) Ю.А.Пентин, Г.М.Курамшина. Основы молекулярной спектроскопии: учеб.пособие для студентов вузов / М. : Мир : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008
- 5) П. Б. Фабричный, К. В. Похолок Мессбаэровская спектроскопия и ее применение для химической диагностики неорганических материалов : конспект курса лекций для студентов ст. курсов и аспирантов Хим. фак. МГУ им. М. В. Ломоносова / М. : Принт-Ателье, 2009
- 6) Левшин Л.В. Оптические методы исследования молекулярных систем: Учеб.пособие для студентов вузов, обучающихся по спец."Физика" : Ч.1. Молекулярная спектроскопия, М. : Изд-во Моск.ун-та, 1994

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения:

Origin Lab; Vibratz, Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости)

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Программа для обработки мессбаэровских спектров Univem MS

-RRuff database <http://rruff.info/>

-American mineralogist crystal structure database AMCSD
<http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>

-Bilbao Crystallographic Server → Structure IR Raman and Hyper-Raman Activity
<http://www.cryst.ehu.es/rep/sam.html>

Mineral spectroscopy database

<https://www.mtholyoke.edu/courses/mdyar/minspec//>

Д) Материально-технического обеспечение:

-LCD проектор.

-персональные компьютеры.

оборудование:

- микрорамановский спектрометр JY Horiba XPloRA (кафедра петрологии геологического факультета МГУ).

- ИК фурье-спектрометр «ФСМ – 1201» с диапазоном волновых чисел 4000 – 400 см⁻¹ (каф. минералогии геологического факультета МГУ).

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Боровикова Е.Ю.

11. Автор (авторы) программы – Боровикова Е.Ю.