

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Минералогическая кристаллография

Автор-составитель: академик Д.Ю. Пушаровский

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» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*

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 " Минералогическая кристаллография " является получение студентами теоретических знаний и практических навыков по использованию рентгенографических методик для диагностики минералов, для исследования особенностей их состава и структуры, а также по применению результатов рентгендифракционных экспериментов для решения проблем современной минералогической кристаллографии.

Задачи

- 1) Изучение физических основ дифракции рентгеновских лучей в кристаллах.
- 2) Освоение методов рентгенографической съемки в камере Дебая-Шерера и в порошковом дифрактометре.
- 3) Изучение приемов обработки рентгендифракционных спектров при решении задач качественного и количественного рентгенофазового анализа, а также при исследовании изоморфизма, полиморфизма и политипии в минералах.
- 4) Знакомство с информацией, получаемой с использованием рентгеновской дифракции, и её применением для решения современных структурно-минералогических проблем.
- 5) Изучение структурных особенностей породообразующих минералов и важнейших представителей химически различных минералогических классов.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс " Минералогическая кристаллография " включает следующие основные разделы:

- краткие сведения о свойствах рентгеновских лучей;
- физические основы дифракции рентгеновских лучей в кристаллах;
- методы решения важнейших задач качественного и количественного фазового анализа минералов и используемая с этой целью аппаратура;
- применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии: а) кристаллохимическая систематика минералов и характеристика основных её подразделений; б) исследование изоморфизма, полиморфизма и политипии в минералах (на примере представителей глины и полевых шпатов) и его петрогенетическое значение

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО – Варианты: относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: освоение дисциплин Высшая математика, Информатика, Физика, Химия общая, Минералогия

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
Б.ОПК-1. Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов математических и естественных наук в профессиональной деятельности Б.ОПК-1. И-2.	Знать: физические основы дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, методы получения рентгенограмм, минералогические задачи, решаемые с использованием рентгенографии, и важнейшие структурные типы минералов разных классов. Уметь: использовать рентгенографические методы для диагностики минералов и определения параметров их элементарных

задач.	Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	ячек. Понимать публикации, посвященные
Б.ОПК-2. Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности.	Б.ОПК-2. И-1. Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач.	Знать: индикаторную роль особенностей состава и структуры породообразующих минералов в решении проблем их генезиса, а также в их использовании при поиске месторождений минерального сырья.
Б.ОПК-3. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-3. И-2. Владеет базовыми навыками получения информации (полевой, камеральной, лабораторной) для решения стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки. Б.ОПК-3. И-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.	Знать: методы рентгенографической диагностики минералов и основные подразделения на основе представлений об их составе и структуре, а также современные идеи о составе, строении и эволюции земных оболочек.
Б.СПК-1.Способность к поиску,	Б.СПК-1. И-1. Владеет методами	Знать: основные подразделения современной классификации минералов и

критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла (формируется частично).	поиска и анализа информации в области наук геохимического цикла, в том числе – с применением современных информационно-коммуникационных технологий. Б.СПК-1. И-2. Владеет навыками систематизации и интерпретации данных в области наук геохимического цикла.	их характерные особенности, а также начальный подход к рентгенографической характеристике и диагностике их важнейших представителей. Уметь: правильно охарактеризовать структурные принципы основных групп породообразующих минералов и важную роль, которую играет минералогическая кристаллография в науках о Земле. Владеть: навыками описания кристаллических структур, начальных этапов изучения минералов, необходимыми сведениями о результатах современных исследований вещества Земли и некоторых планет Земной группы.
---	---	--

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

знать: Физические основы дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основные используемые методы получения рентгендифракционных данных, их анализ и способы обработки, современные проблемы минералогической кристаллографии и подходы к их решению. Иметь представления о структурных особенностях важнейших групп породообразующих минералов и некоторых усложняющих реальную структуру явлениях.

уметь: Применять методы рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа природных и синтетических соединений.

владеть: Основными методами сбора экспериментальных данных с использованием современного рентгеновского оборудования, способами обработки полученного материала в различных специализированных комплексах и с использованием современных баз данных.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **3** з.е., в том числе **108** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**36** часов – занятия лекционного типа, **36** часов – занятия семинарского типа), **36** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

5. Формат обучения – не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа		Всего
Введение.		2		2	2 сдача расчетных работ	
Физические основы рентгенографии кристаллов.		2		2	2 сдача расчетных работ	
Аппаратура и методы получения рентгendifракционных спектров.		4		4	4	
Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа кристаллов.		4		4	4 сдача расчетных работ	
Количественный фазовый анализ. Современные методы рентгеновских исследований структурных превращений минералов при высоких давлениях и температурах.		4		4	4 сдача расчетных работ	
Применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии. Структурные типы простых веществ и самородных металлов. Структуры неметаллов и полуметаллов IV-VII групп.		6		6	6 сдача расчетных работ	
Основные структурные типы галогенидов, оксидов, гидроксидов, сульфидов. Структурные типы, устойчивые в глубинных оболочках Земли. Основные компоненты SYNROC для поглощения радиоактивных отходов.		6		6	6 сдача расчетных работ	
Структурные принципы силикатов. Рентгенографическая диагностика состава щелочных полевых шпатов и плагиоклазов. Силикаты глубинных геосфер.		4		4	4 сдача расчетных работ	
Генетическая кристаллохимия фосфатов. Кристаллохимическая систематика карбонатов и сульфатов. Кристаллохимия боратов.		4		4	4 сдача расчетных работ	
ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ		36		36	экзамен	
ВСЕГО	108	6 72			36	

Содержание лекций:

Применение современных методов рентгенографии в изучении структуры кристаллов. Краткий обзор проблематики этих исследований.

Физические основы рентгенографии кристаллов.

Открытие и свойства рентгеновских лучей. Сплошной и характеристический спектры. Рентгеновские трубки. Поглощение рентгеновских лучей и выбор рентгеновского излучения. Применение фильтров для монохроматизации рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Модель дифракции как рассеяние рентгеновских лучей по Лауэ. Модель дифракции как отражение рентгеновских лучей от атомных плоскостей. Уравнение Брэгга-Вульфа.

Аппаратура и методы получения рентгендифракционных спектров. Дифракционная картина при съемке в камере Дебая-Шеррера и расчет рентгендифракционного спектра. Приготовление образца для съемки. Влияние размера частиц на дифракционную картину в камере Дебая-Шеррера. Точность при расчете рентгенограммы. Получение рентгендифракционного спектра в камере Гондольфи.

Индексирование рентгенограмм. Отличие дифракционных индексов от индексов атомных плоскостей. Вывод квадратичных формул для кристаллов кубической сингонии. Расчет параметра элементарной ячейки для кристаллов кубической сингонии.

Современные рентгеновские аппараты и дифрактометры. Счетно-регистрирующее устройство в порошковых дифрактометрах. Выбор режима съемки. Ограничивающие и приемные щели рентгеновского гониометра. Управляющий комплекс рентгеновского дифрактометра ДРОН-УМ-1. Получение рентгендифракционных спектров (программы “dron”, “mid.exe”, “spectr”) и определение параметров элементарной ячейки в дифрактометре ДРОН-УМ-1. Основные принципы работы автоматического порошкового дифрактометра STOE STADI-MP с позиционно-чувствительным детектором. Высокотемпературная рентгеновская съемка порошковых образцов.

Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа кристаллов.

Диагностика мономинеральных фаз и качественный рентгенофазовый анализ смесей химических соединений и минералов. Определители фаз. Базы данных. Индексирование рентгеновских спектров (программы “ind” и “krist”). Рассеяние рентгеновских лучей атомом и системой атомов. Закономерные погасания дифракционных рефлексов. Определение федоровской группы и типа решетки Бравэ.

Количественный фазовый анализ. Факторы, влияющие на соотношение интенсивностей рефлексов в полифазном образце. Определение соотношения фаз в двухкомпонентной смеси. Методы коэффициентов и внутреннего стандарта в количественном анализе.

Современные методы рентгеновских исследований структурных трансформаций минералов при высоких давлениях и температурах. Знакомство с рентгеновской камерой высокого давления. Применение синхротронного излучения для съемки в камерах с алмазными наковальнями. Принципы кристаллохимии высоких давлений. Минералогически возможные структурные типы оксидов, силикатов и карбонатов в верхней и нижней мантии. Железо и его соединений с никелем и с легкими элементами в ядре Земли. Минералы – аккумуляторы воды в мантии.

Применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии:

- а) кристаллохимической систематики минералов;
- б) изучения структурных перестроек в глубинных геосферах;
- в) исследования важнейших явлений в реальной структуре минералов - изоморфизма, полиморфизма, политипии, модуляции и др.

Представление об основных этапах определения кристаллических структур и используемого при этом математического аппарата.

Структурные типы простых веществ, самородных металлов и интерметаллидов. Плотнейшие упаковки в структурах металлов. Структуры замещения и внедрения в интерметаллидах. Фазы Лавеса. Наиболее распространенные структурные типы металлов. Металлы в ядрах Земли и Луны. Правила валентно-электронной концентрации. Понятие о квазикристаллах и их симметрии. Природные квазикристаллы.

Структуры неметаллов и полуметаллов IV-VII групп. Структуры муассонита и когенита. Структуры газов и газогидратов. Полиморфные модификации углерода и их структуры. Литосферные и сублитосферные алмазы. Включения рингвудита, когенита и металлов в алмазе. Бриллиантовая огранка.

Основные структурные типы галогенидов. Оксиды, гидроксиды и их структурное подобие с галогенидами. Структурные типы, общие для галогенидов и оксидов. Структура флюорита и его гомологов. Основные структурные типы гидроксидов и связанных с ними соединений. Кристаллохимия минералов железо-марганцевых конкреций. Структурные типы, устойчивые в глубинных оболочках Земли. Полиморфизм вюстита FeO. Минералогически вероятные оксиды железа в переходной зоне, нижней мантии и ядре Земли, Высоко-спиновое и низко-спиновое состояние Fe в минералах нижней мантии. Структурные типы рутила, голландита и Са-феррита: их роль как матриц мантийных минералов. Основные компоненты SYNROC для поглощения радиоактивных отходов.

Кристаллохимическая классификация сульфидов. Сульфиды с тетраэдрическими структурами. Структуры дисульфидов. Особенности формирования электронных оболочек в тетраэдрических сульфидах и дисульфидах. Донорно-акцепторные взаимодействия в структурах сульфидов. Рентгенография арсенопирита. Кластерные структуры сульфидов. Сульфиды неполновалентных элементов. Сульфосоли с тетраэдрическими структурами и с сульфосолевыми нитями. Возможные соединения железа с серой в ядре Земли.

Структурные принципы силикатов. Главная концепция кристаллохимии силикатов. Основные подразделения структурной систематики силикатов. Структурные типы островных силикатов. Структура оливина. Диагностика состава. Структурные перестройки оливина при высоких давлениях. Структурные типы вадслеита и рингвудита (шпинели). Силикаты глубинных геосфер. Силикатные перовскиты, пост-перовскит, бриджманит.

Островные линейные и объемные группировки из тетраэдров в структурах силикатов. Кольцевые силикаты. Структуры цепочечных и силикатов и пироксеноидов. Структура диопсида. Акимотоит и хемлеит – силикаты со структурой ильменита. Структуры

амфиболов и биопириболов. Модулярная минералогия. Основные элементы структуры чароита.

Рентгенографическая диагностика слоистых силикатов. Политипия слюд. Ди- и три-октаэдрические слои. Особенности рентгеновской диагностики минералов групп каолинита, слюд, хлорита и монтмориллонита. Смешаннослойные силикаты (сметиты). Группа серпентина. Механизм снятия структурных напряжений. Структуры палыгорскита и сепиолита – минералов современных осадков океанского дна. Что такое гетерофилосиликаты?

Полиморфные модификации SiO_2 . HP-модификации: коэзит, стишовит, зейфертит. Семейство полевых шпатов. Рентгенографическое определение состава щелочных полевых шпатов и плагиоклазов. Определение структурного состояния полевых шпатов. Метод Стюарта-Райта.

Что означает термин фельдшпатоиды? Микропористые, мезопористые и макропористые цеолиты: особенности структур. Важнейшие минералы – натролит, гейландит (клиноптилолит) и шабазит. Волокнистые, «слоистые» и каркасные цеолиты. Области применения.

Генетическая кристаллохимия фосфатов. Сравнительная кристаллохимия силикатов и фосфатов.

Кристаллохимическая систематика карбонатов и сульфатов. Смешанные комплексы в их структурах. Структуры ромбоэдрические и ромбические карбонаты. Рентгенография доломита. Различие структур малахита и азурита – главных Cu -карбонатов. Ca -, Mg - и Fe -карбонаты при высоком давлении. Смешанные комплексы в структурах сульфатов. Структуры квасцов, хальконтита, линарита, алунита-ярозита и гипса.

Кристаллохимия боратов. Структуры с анионными комплексами из B -треугольников, B -тетраэдров и обоими типами BO_n -полиэдров. Структуры главных представителей класса боратов: суанита, ссайбелиита, колеманита, улексита и буры.

Содержание семинаров

Знакомство с рентгеновской лабораторией и правилами техники безопасности.
Приготовление мономинерального образца для съемки в камере Дебая-Шеррера и получение рентгендифракционного спектра.
Обработка полученного спектра. Расчет дебаеграммы кристалла кубической сингонии.
Выделение α - и β -линий при расчете. Диагностика исследуемой фазы.
Индексирование порошковых рентгенограмм и расчет параметров элементарной ячейки.
Приготовление образца и получение рентгендифракционного спектра в дифрактометре ДРОН-УМ-1.
Обработка и расчет дифрактограммы. Диагностика минерала средней категории.
Приготовление образца с внутренним стандартом для съемки в дифрактометре ДРОН-УМ-1.
Диагностика двухфазного образца (образец предоставляется преподавателем).
Методы рентгеновской диагностики состава полевых шпатов. Индексирование, расчет параметров элементарной ячейки и оценка структурного состояния полевых шпатов по методу Стюарта-Райта.

Основные принципы работы на автоматическом порошковом дифрактометре STOE STADI-MP, оснащенном высокотемпературной камерой.
Работа с современными программами для обработки порошковых рентгendifракционных данных. Работа с порошковыми базами данных.

Технология постановки цели - предполагает формулировку целей через результаты обучения, выраженные в таких действиях учеников, которые можно реально оценить. Цели ранжируются по уровням: знание, понимание, применение, синтез, анализ, оценка.

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

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 лабораторных/практических/расчетных работ (при наличии).

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

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля/ Темы контрольных работ:

Уравнение Брэгга-Вульфа

Получение рентгendifракционных спектров

Индексирование рентгенограмм.

Отличие дифракционных индексов от индексов атомных плоскостей.

Вывод квадратичных формул для кристаллов кубической сингонии.

Определение параметров элементарной ячейки в дифрактометре ДРОН-УМ-1.

Закономерные погасания дифракционных рефлексов.

Определение федоровской группы и типа решетки Бравэ.

Определение соотношения фаз в двухкомпонентной смеси.

Методы коэффициентов и внутреннего стандарта в количественном анализе.

Расчетные домашние задания:

Обработка рентгendifракционного спектра. Выделение и отбраковка β -линий при расчете. Диагностика исследуемой фазы.

Приготовление образца и получение рентгendifракционного спектра в автоматическом порошковом дифрактометре ДРОН-УМ1

Определение вещества и расчет параметров элементарной ячейки

Расчет дебаеграммы кристалла кубической сингонии и неизвестного вещества.

Обработка и расчет дифрактограмм

Определение параметров элементарной ячейки кубического кристалла по значениям межплоскостных расстояний и длине волны рентгеновского излучения, на котором они были получены.

Диагностика двухфазного образца

Рассчитайте разницу в углах θ для α_1 и α_2 отражений от одной системы плоскостей, полученных на Cu-излучении (λ_{α_1} 1.54050 Å, λ_{α_2} 1.54434 Å), если для α_1 -рефлекса угол $\theta = 85^\circ$.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

Модель дифракции по Брэггу. Модель дифракции по Лауэ.
Сплошной и характеристический спектры рентгеновских лучей.
Природа α_1 и α_2 волн.
Вывод квадратичных форм в рентгенографии.
Рентгеновская диагностика, точность расчета рентгенограмм, возникающие проблемы.
Особенности рентгенографии при высоких давлениях.
Структурные типы минералов глубинных геосфер.
Поглощение рентгеновских лучей. Рентгеновские фильтры.
Что такое синхротронное излучение и где оно применяется?
Структурные типы простых веществ и интерметаллидов. Правила валентно-электронной концентрации. Структуры муассонита и когенита.
Структурные типы металлов. Структуры замещения и внедрения в интерметаллидах.
Фазы Лавеса. Металлы в ядрах Земли и Луны.
Понятие о квазикристаллах и их симметрии. Природные квазикристаллы.
Структуры газов и газогидратов.
Полиморфные модификации углерода и их структуры. Литосферные и сублитосферные алмазы. Включения рингвудита и металлов. Бриллиантовая огранка.
Структурные типы, общие для галогенидов и оксидов. Структура флюорита и его гомологов.
Полиморфизм вюститa FeO. Высоко-спиновое и низко-спиновое состояние Fe.
Структурные типы рутила, голландита и Са-феррита: их роль как матриц мантийных минералов.
Силикатные перовскиты, пост-перовскит, бриджманит.
Основные структурные типы гидрооксидов и связанных с ними соединений. Минералы ЖМК.
Особенности формирования электронных оболочек в тетраэдрических сульфидах и дисульфидах. Донорно-акцепторные взаимодействия в структурах сульфидов.
Рентгенография арсенопирита. Кластерные сульфиды.
Сульфиды неполновалентных элементов. Структуры тетраэдрических сульфосолей. Что такое сульфосолевые нити?
Структурные типы островных силикатов. Структура оливина. Диагностика состава.
Структурные перестройки оливина при высоких давлениях. Аккумуляторы воды в мантии.
Островные группировки из тетраэдров в структурах силикатов.
Кольцевые силикаты.
Структуры цепочечных и силикатов и пироксеноидов. Структура диопсида. Акимотоит и хемлеит – силикаты со структурой ильменита.
Структуры амфиболов и биопириболов. Модулярная минералогия. Основные элементы структуры чароита.
Основные структурные типы слоистых силикатов. Политипия слюд. Ди- и три-октаэдрические слои. Диагностика слоистых силикатов. Рентгеновская диагностика минералов группы хлорита. Смешаннослойные силикаты (сметтиты).
Группа серпентина. Механизм снятия структурных напряжений. Структуры палыгорскита и сепиолита. Что такое гетерофилосиликаты?
Полиморфные модификации SiO₂. HP-модификации: коэзит, стишовит, зейфертит.
Семейство полевых шпатов. Определение состава полевых шпатов.
Определение структурного состояния полевых шпатов. Метод Стюарта-Райта.
Что означает термин фельдшпатоиды? Микропористые, мезопористые и макропористые цеолиты: особенности структур. Важнейшие минералы – натролит, гейландит

(клиноптилолит) и шабазит. Волокнистые, «слоистые» и каркасные цеолиты. Области применения.

Структуры ромбоэдрические и ромбические карбонаты. Рентгенография доломита.

Различие структур малахит и азурита – главных Cu-карбонатов. Ca-, Mg- и Fe- карбонаты при высоком давлении.

Смешанные комплексы в структурах сульфатов. Структуры квасцов, хальконтита, линарита, алуниита-ярозита и гипса.

Структуры главных представителей класса боратов: суанита, ссайбелиита, колеманита, улексита и буры.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: природы и свойств рентгеновских лучей; моделей их дифракции в кристаллах; целей и задач, решаемых с применением рентгенографии в науках о Земле; современных представлений о минеральном составе земных оболочек.	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, но имеются пробелы	Систематические знания, основанные на понимании особенностей дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, а также на понимании структурных принципов различных классов минералов.
Умения: Выполнить рентгенографическую диагностику изучаемых минералов и определить параметры их элементарных ячеек; получить информацию о составе и индикаторных структурных особенностях основных породообразующих минералов	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности и не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении получать рентгенограммы, пользоваться формулами для их расчета, а также в использовании базы рентгенографических данных ICSD	Успешное умение расчета рентгенограмм, проведения диагностики минералов, использования современной базы рентгенографических данных и восприятия новых результатов в области физики и химии минералов.
Владения: методами обработки экспериментальных данных, необходимых для рентгенографической	Навыки владения методами и умения решать	Фрагментарное владение методикой,	В целом понимание физических основ дифракции	Владение методами расчета и рентгеновской диагностики

диагностики минералов, а также для первичной характеристики их состава и структуры; знанием современных проблем минералогической кристаллографии.	предложены учебные задачи отсутствующ	наличие отдельных навыков	рентгеновских лучей, но возможны ошибки в расчете рентгенограмм	минералов, а также подходами к характеристике основных структурных типов породообразующих минералов
---	---------------------------------------	---------------------------	---	---

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

основная литература

Пуцаровский Д.Ю. *Рентгенография минералов*. М.-«Геоинформмарк», 2000, 292 с.

“Руководство по рентгеновскому исследованию минералов”, под ред. В.А. Франк-Каменецкого. Л., “Недра”, 1976.

“Рентгенография основных типов породообразующих минералов”, под ред. В.А. Франк-Каменецкого. Л., “Недра”, 1983.

Ковба Л.М., Трунов В.К. “Рентгенофазовый анализ”, М., МГУ, 1976.

Крутова Г.И., Казаков В.И. “Методические указания по исследованию глинистых минералов методом дифрактометрии”, М., УДН, 1984.

Пуцаровский Д.Ю., Урусов В.С. “Структурные типы минералов”, М., МГУ, 1990.

дополнительная литература

Липсон Г., Стилл Г. “Интерпретация порошковых рентгенограмм”, М., Мир, 1972.

Васильев Е.К., Нахмансон М.С. “Качественный рентгенофазовый анализ”, Новосибирск, “Наука”, СО РАН, 1986.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ

Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости)

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, базы данных ICSD, ICDD

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

пакеты программ XRay, MatchIt

Д) Материально-технического обеспечение: - компьютерный класс, рассчитанные на группу из 8 учащихся с лицензионным программным обеспечением, включающим современные специализированные программы для обработки рентгендифракционных данных и базы данных;

оборудование:

- 4 порошковых дифрактометра (1 из порошковых дифрактометров оснащен высокотемпературной камерой)

- монокристалльный дифрактометр

- мультимедийный проектор

.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – профессор, академик Д.Ю. Пуцаровский

11. Разработчик программы – профессор, академик Д.Ю. Пуцаровский