

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по научной деятельности

Д. А. Тагорский

« 15 » _____ 2026 г.



Программа вступительного испытания по специальности

Уровень высшего образования: подготовка кадров высшей квалификации

Тип образовательной программы: программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность: 1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Форма обучения: очная

Общие указания

Вступительные испытания по научной специальности аспирантуры 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых охватывают стандартные разделы университетских курсов по минералогии и кристаллографии. Также проверяются базовые компетенции исследования природных образований – минералов различными методами. Вопросы и структура экзаменационных билетов приведены ниже. Настоящая программа охватывает основные разделы минералогии и кристаллографии для геолого-минералогических наук: основные этапы истории и направления их современного развития, применяемые методы исследований, связи с другими геологическими науками, научное и практическое значения.

Порядок проведения вступительных испытаний

Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете по 2 вопроса. Экзамен проходит в письменной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (45 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 100 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

Критерии оценивания

Оценка поступающему за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями.

Отлично (81-100 баллов)

Поступающий обнаружил знания, отличающиеся глубиной и содержательностью, умением дать полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные, умение свободно выполнять задания, усвоил взаимосвязь основных понятий минералогии и кристаллографии в их значении для приобретаемой профессии, свободно владеет научными понятиями; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется полнотой, уверенностью.

Хорошо (61-80 баллов)

Знания, продемонстрированные поступающим, имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; обнаружил знание вопросов минералогии и кристаллографии, раскрыто содержание билета, но имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы, в ответе имеют место несущественные фактические ошибки, которые поступающий способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу.

Удовлетворительно (41-60 баллов)

Ответ отличаются поверхностностью и малой содержательностью, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета. Поступающий обнаружил знание основ минералогии и кристаллографии, но нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала; не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты; отсутствуют представления о межпредметных связях, но при этом знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Неудовлетворительно (40 и менее баллов)

Поступающий обнаружил значительные пробелы в знаниях основ минералогии и кристаллографии, на большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена поступающий затрудняется дать ответ или не дает верных ответов, не способен продолжить обучение по данным дисциплинам.

Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

1. Кристаллография и кристаллохимия

Геометрическая кристаллография

Пространственная решетка как фундамент геометрической теории строения кристаллов. Основные законы кристаллографии в свете решетчатого строения кристаллов. Кристаллографические координатные системы, категории, сингонии. Распределение 32-х кристаллографических классов по 7-ми сингониям и 3-м категориям. Международная символика (символика Германа-Могена) точечных групп симметрии. Морфология кристаллов. Простые формы кристаллов, их характеристики. Понятия «облик» и «габитус» кристалла. Символы граней и ребер кристаллов, их определение и взаимосвязь. Симметрия и форма реальных кристаллов. Принцип Кюри. Закономерные и незаконмерные срастания кристаллов. Типы решеток Браве, их вывод. Понятие "элементарная ячейка". Симметрия решеток Браве.

Основные положения теоретической кристаллохимии.

Основные и промежуточные типы химической связи. Принципы теории плотнейшей упаковки. Изображение структурных типов с помощью полиэдров. Основные структурные типы. Полиморфизм как общее свойство кристаллических веществ. История открытия полиморфизма как явления. Классификация полиморфизма. Полиморфные переходы первого и второго рода. Политипия. Отличие политипии от полиморфизма. Способы описания политипных структур. Изоморфизм. Классификация изоморфизма. Его соотношение с твердыми растворами. Изоморфизм как функция температуры и давления. Распад изоморфных смесей при понижении температуры и повышении давления.

Рост и морфология кристаллов.

Эпитаксия. Нормальный и послонный рост кристаллов. Скелетные формы. Нитевидные кристаллы. Расщепление кристаллов. Сферолиты. Влияние точечных дефектов на рост и морфологию кристаллов. Дислокации как источники слоев роста. Формирование двойников.

Рентгенография минералов и рентгеноструктурный анализ.

Физические основы рентгенографии кристаллов. Открытие и свойства рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Модель дифракции как отражение рентгеновских лучей от атомных плоскостей. Уравнение Брэгга-Вульфа. Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа. Базы рентгеновских данных (база данных PDF, MINCRYST). Индексирование рентгеновских спектров.

Структура и свойства кристаллов.

Окраска кристаллов. Избирательное поглощение, как причина появления окраски. Интерпретация природы окраски минералов в рамках зонной теории, теории молекулярных орбиталей и теории кристаллического поля. Оптические свойства кристаллов. Природа световых лучей и основные понятия кристаллооптики. Особенности состава и строения люминесцентных и лазерных кристаллов. Магнитные свойства кристаллов. Магнитный момент электрона и атома. Особенности магнитных свойств кристаллов (диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики).

2. Минералогия

Общая часть.

Современная минералогия как наука, ее содержание и задачи. Понятие о минерале. Основные этапы истории развития минералогии. Связь минералогии с другими науками. Основные направления в современной минералогии. Научное и практическое значение современной минералогии.

Морфология минералов и минеральных агрегатов.

Облик и габитус кристаллов. Скрытокристаллические агрегаты, конкреции, секретиции и

др. Псевдоморфозы.

Физические свойства минералов.

Цвет, черта, блеск, прозрачность, твердость, спайность, удельный вес, магнитность, электропроводность, люминесценция, радиоактивность и др. Связь физических свойств с составом, структурой и условиями образования минералов (типоморфизм). Природа окраски минералов.

Химический состав минералов.

Минералы как многокомпонентные системы переменного состава. Типы химической связи в минералах (ионная, ковалентная, металлическая, межмолекулярная). Атомные и ионные радиусы. Координационные числа и координационные многогранники. Изоморфизм. Типы изоморфных замещений. Полиморфизм. Политипия. Метамиктные минералы. Аморфное, стеклообразное и коллоидное состояние вещества.

Происхождение и изменение минералов в природе.

Понятие о процессах минералообразования: магматическом: пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном, метаморфическом (в том числе ударном), метасоматическом, гипергенном. Распространенность минералов в земной коре и мантии. Подразделение минералов на породообразующие, аксессуарные, рудные, редкие и вторичные.

Современные методы исследования состава и структуры минералов.

Методы спектроскопии твердого тела, рентгенофазового, рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов, электронной микроскопии высокого разрешения и др. Полевые методы диагностики минералов.

Описание минералов.

Принципы, лежащие в основах современных классификаций минералов. Кристаллохимическая систематика минералов. Минеральные виды и разновидности.

Самородные элементы. Общая характеристика и условия образования в природе. Металлы: медь, серебро, золото, элементы платиновой группы. Неметаллы: алмаз, графит, сера.

Сульфиды и их аналоги. Общая характеристика и условия образования в природе. Основы систематики сульфидов и их аналогов. Простые сульфиды и их аналоги: халькозин, галенит, сфалерит, киноварь, пентландит, пирротин, никелин, антимонит, аурипигмент, молибденит, реальгар. Двойные сульфиды: халькопирит, станнин, борнит. Дисульфиды и их аналоги: пирит, кобальтин, марказит, арсенопирит. Сложные сульфиды и их аналоги: блеклые руды, пираргирит, прустит.

Бораты. Общая характеристика и условия образования в природе. Островные бораты: людовигит. Цепочечные бораты: гидроборацит. Каркасные бораты: борацит.

Силикаты. Современное представление о структурных типах силикатов. Основы современной кристаллохимической классификации силикатов. Островные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Островные силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами без добавочных анионов: фенацит, виллемит, минералы группы оливина (изоморфные ряды форстерит-фаялит-тефроит), минералы группы гранатов (пироп, альмандин, спессартин, гроссуляр, андрадит, уваровит, Ti- и Zr- содержащие гранаты - меланит, шорломит, кимцеит; гидрогранаты), циркон, торит. Островные силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами и добавочными анионами: кианит, андалузит, силлиманит, ставролит, топаз, титанит. Островные силикаты со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (диортосиликаты): каламин. Островные силикаты с изолированными и сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами: цоизит, эпидот, везувиан. Островные силикаты кольцевого типа: берилл, кордиерит, диоптаз, турмалин, эвдиалит.

Цепочечные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Основы классификации пироксенов. Ромбические пироксены: минералы ряда энстатит-ферросилит. Моноклинные пироксены: минералы ряда клиноэнстатит-клиноферросилит, минералы ряда диопсид-геденбергит, авгит, эгирин, жадеит, сподумен. Пироксеноиды: волластонит, родонит.

Ленточные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Подходы к современной классификации амфиболов. Ромбические амфиболы: антофиллит, жедрит.

Моноклинные амфиболы: минералы ряда тремолит-актинолит, роговые обманки.

Слоистые силикаты и алюмосиликаты, основы их классификации. Общая характеристика и условия образования в природе. Силикаты с двухслойным пакетом: каолинит, минералы группы серпентина (антигорит, лизардит, хризотил). Силикаты с трехслойным пакетом: тальк, пирофиллит, слюды (мусковит, флогопит, биотит, лепидолит), монтмориллонит, нонтронит. Силикаты с четырехслойным пакетом: минералы группы хлоритов (клинохлор, шамозит).

Каркасные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Каркасные алюмосиликаты без добавочных анионов: полевые шпаты (калиевые полевые шпаты - ортоклаз, микроклин; плагиоклазы - альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит), лейцит, поллукит, нефелин. Каркасные алюмо- и бериллосиликаты с добавочными анионами: минералы группы скаполита (мейонит-мариалит), канкринит, содалит, лазурит. Водосодержащие каркасные алюмосиликаты без добавочных анионов (цеолиты): натролит, анальцим, стильбит (десмин), гейландит.

Природные ассоциации минералов.

Магматические минеральные ассоциации.

Понятие о магме, ее состав. Дифференциация магмы при ее остывании. Ликвация и кристаллизационная дифференциация. Последовательность выделения главных силикатных минералов. Типичные минеральные ассоциации, связанные с основным и ультраосновным типами магмы. Минеральные ассоциации в месторождениях алмаза, хромита, титаномагнетита, платиноидов, апатита.

Минеральные ассоциации пегматитов.

Понятие "пегматит" и общая характеристика пегматитового процесса. Развитие учения о генезисе пегматитов в работах А.Е. Ферсмана, его последователей и оппонентов. Минеральный состав гранитных пегматитов. Общая схема классификации гранитных пегматитов, характерные минеральные ассоциации, структурно-текстурные особенности и отдельные типы. Щелочные пегматиты - сиенитовые и нефелин-сиенитовые.

Минеральные ассоциации скарнов.

Общая характеристика контактово-метасоматических процессов минералообразования. Известковые и магнезиальные скарны. Образование минералов и минеральных ассоциаций в скарнах. Типичные для скарнов ассоциации рудных минералов.

Минеральные ассоциации альбититов и грейзенов.

Понятия "альбитит" и "грейзен". Зональность грейзеновых и связь с гидротермальными ассоциациями.

Гидротермальные минеральные ассоциации.

Связь гидротермальных растворов с магматическими очагами. Способы переноса и отложения вещества в гидротермальных растворах. Типичные минеральные ассоциации в гидротермальных образованиях.

Минеральные ассоциации гипергенных процессов.

Общие условия и факторы, определяющие характер гипергенных процессов. Зональность зоны окисления, причины зональности. Условия и закономерности образования минералов в коре выветривания пород. Минералы, образующиеся в коре выветривания и остаточные минералы. Механическая и гидрохимическая дифференциация вещества при минералообразовании в осадках. Россыпи и их главнейшие минеральные ассоциации. Минералы, образующиеся при биогенных процессах осадконакопления.

Минеральные ассоциации метаморфических образований.

Краткая физико-химическая характеристика процессов образования минералов при региональном метаморфизме. Типичные минеральные ассоциации в различных по исходному составу метаморфических породах. Примеры минеральной ассоциации в метаморфических месторождениях: железистые кварциты, силлиманит-дистеновые породы, месторождения наждака, корунда, графита, окисно-силикатных марганцевых руд. "Альпийские" жилы. Ударный (импактный) процесс минералообразования.

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы
вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности
1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков
полезных ископаемых**

Основная литература:

Бойко, С. В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия: учебное пособие/Бойко С.В. - Красноярск: СФУ, 2015. - 212 с.: ISBN 978-5-7638-3223-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/550292> (дата обращения: 07.02.2023). – Режим доступа: по подписке.

Брагина, В. И. Кристаллография, минералогия и обогащение полезных ископаемых [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Брагина. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2647-0. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/492236> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: по подписке.

Бондарев, В. П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии: учебное пособие / В. П. Бондарев. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 277 с., [32] с. цв. ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-780-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2017317> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: по подписке.

Аникина, В. И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения [Электронный ресурс]: Практикум / В. И. Аникина, А. С. Сапарова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-2195-6. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/441367> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

Сулименко, Л. М. Общая технология силикатов: учебник / Л.М. Сулименко. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-009741-1. - Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1070212> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: по подписке.

Еремин, Н. Н. Занимательная кристаллография: учебное пособие / Н. Н. Еремин, Т. А. Еремина. — Москва: МЦНМО, 2013. — 148 с. — ISBN 978-5-4439-2154-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56566> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Ермолов, В. А. Кристаллография, минералогия и геология камнесамоцветного сырья : учебное пособие для вузов / Ермолов В. А. , Дунаев В. А. , Мосейкин В. В. ; Под ред. В. А. Ермолова. - Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2009. - ISBN 978-5-98672-151-4. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента»: [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785986721514.html> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: по подписке.