РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого

Уральского отделения Российской академии наук

(ИГГ УрО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГГ УрО РАН

д.г.-м.н., профессор РАН

Д.А. Зедгенизов

«23» июня 2022 г.

М.П.

Рабочая программа дисциплины
КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

основной образовательной программы подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности 1.6.4. - Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Екатеринбург

2022

Рабочая программа составлена на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроков освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 г. N 951), Приказом Минобрнауки РФ от 24.08.2021 г. № 786 «Об установлении соответствия направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 24.02.2021 г. № 118»; Приказом Минобрнауки РФ от 24.02.2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Минобрнауки РФ от 10.11.2017 г. №1093» и паспорта специальности научных работников 1.6.4. - Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Составитель рабочей программы
Ведущий научный сотрудник,
кандидат геолого-минералогических наук _____ Г.Ю. Шардакова

Рабочая программа одобрена Ученым Советом ИГГ УрО РАН
«22» июня 2022 г., протокол № 5.

Председатель Ученого Совета
д.г.-м.н., профессор РАН _____ Д.А. Зедгенизов

1. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Данная дисциплина относится к модулю дисциплин программы аспирантуры по научной специальности 1.6.4. - Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, направленных на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

2. Требования к уровню подготовки, необходимому для освоения курса

Базовые теоретические знания по кристаллографии, кристаллохимии, минералогии, а также физике, химии и математике в объеме вузовских курсов. Умения идентифицировать минералы по физическим, химическим, оптическим свойствам. Навыки работы с оптическими и электронными микроскопами, базовыми компьютерными программами для обработки данных рентгенофазового анализа, химического элементного состава минералов.

3. Образовательные технологии

Семинарские занятия, индивидуальные консультации, самостоятельная работа.

4. Объем дисциплины и ее структура

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы (108 часов).

Наименования и краткое содержание разделов	**Трудоемкость (ак. часы)**		
	всего	**в том числе**	
		контактная работа (семинары, консультации)	самостоятельная работа аспирантов
1. Основные понятия кристаллографии. Особенности кристаллических веществ. Теория симметрии кристаллов. Сингонии. Понятие об элементарной ячейке.	66	10	56
2. Основы кристаллохимии. Механизмы и особенности роста кристаллов. Синтетические минералы. Исследование строения кристаллов.	42	8	34
Всего:	**108**	18	90
Текущая аттестация – экзамен			

5. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные понятия кристаллографии. Особенности кристаллических веществ. Теория симметрии кристаллов. Сингонии. Понятие об элементарной ячейке.

1. Предмет кристаллографии. Основные понятия. Макроскопические признаки кристаллических веществ: однородность, анизотропия, огранка, симметрия. Общие представления о разделах: кристаллофизика, кристаллохимия, геометрическая макрокристаллография, геометрическая микрокристаллография.
2. Симметрия. Операции и элементы симметрии конечных фигур. Элементы симметрии I и II рода, конгруэнтно равные и энантиоморфные фигуры. Поворотные оси симметрии, элементарный угол поворота, порядок оси. Основной закон симметрии – отсутствие осей 5-го и выше 6-го порядков. Обозначение элементов симметрии в символике Бравэ.

3. Понятие категории, сингонии в кристаллографии. Обозначения групп в различных номенклатурах: примитивные, центральные, планальные, аксиальные, планаксиальные, инверсионно-примитивные, инверсионно-планальные группы. Элементарная ячейка, 14 типов ячеек Бравэ.

4. Символы граней и ребер кристаллов. Основные законы геометрической кристаллографии. Индексы Вейса и Миллера. Индицирование. Закон Гаюи – закон рациональности отношений параметров. Закон Вейса - закон зон.

5. Методы проектирования кристаллов: сферические, стереографические, гномонические, гномостереографические проекции. Закон постоянства углов

6. Два способа вывода групп без единичных направлений. Морфология кристаллов. Вывод простых форм кристаллов в группах разных сингоний. Классификация точечных групп симметрии по виду простых форм.

Раздел 2. Основы кристаллохимии. Механизмы и особенности роста кристаллов. Синтетические минералы. Исследование строения кристаллов.

1. Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, структурная гомология и изоморфизм. Их тесная взаимосвязь.

2. Фазовые переходы и полиморфизм. Изменение симметрии при изменении температуры и давления. Координационные правила полиморфизма. Связь термодинамических свойств со структурами полиморфных модификаций. Политипизм.

3. Эмпирические правила изоморфизма. Основные физико-химические и термодинамические принципы теории изоморфизма.

4. Фактор толерантности и модельные структуры Гольдшмидта. Обобщение понятия морфотропии на примере кристаллохимии силикатов. Структурная гомология. Производные и вырожденные структуры.

5. Механизмы нуклеации и роста кристаллов, зависимость от состава минералообразующей среды, примесей и др. факторов минералообразования. Поверхность кристаллов и ее связь с механизмами и особенностями роста: вицинали, ступени роста. Внутреннее строение минеральных индивидов.

6. Эпитаксия, причины и типы двойникования. Образование блочности в кристаллах и ее внешние проявления (многоглавость, сферолиты, скрученные и расщепленные кристаллы). Дефекты в кристаллах и их отражение в морфологии. Растворение, регенерация и псевдоморфное замещение индивидов.

7. Совместный рост: геометрический отбор и индукционные поверхности кристаллов. Явления перекристаллизации, отражение стадийности минералообразующего процесса, генерации минералов.

8. Главнейшие особенности роста кристаллов в лабораториях, заводских и природных условиях. Синтез кристаллов. Синтетические аналоги природных кристаллов (примеры).

9. Эволюция минеральных парагенезисов. Фазовые превращения: кинетика, механизмы. Явления упорядочивания и разупорядочивания структур. Распад твердых растворов. Субсолидусные превращения в силикатных и сульфидных системах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Шафрановский И.И. Краткий курс кристаллографии. М.: Высшая школа, 1984. 299 с.
2. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристалография и кристаллохимия. М: КДУ, 2005. 92 с.
3. Жабин А.Г. Онтогения минералов (агрегаты). М.: Наука, 2013. 275 с.

Дополнительная литература

4. Банн Ч. Кристаллы. Их роль в природе и науке. М.: Мир, 1970. 312 с.
5. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогения минералов. Индивиды. М.: Наука, 1975. 339 с.
6. Урусов В.С. Теоретическая кристаллохимия. М.: Изд-во МГУ, 1987. 275 с.
7. Сергеева В.В. Кристаллография и минералогия. Учеб.-метод. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 152 с.
8. Кулик Н.А. Онтогения минералов. Учебное пособие для вузов. М: Юрайт, 2022. 91 с.

Программное обеспечение, базы данных, интернет-ресурсы

1. https://www.geokniga.org/books/12141
2. https://vk.com/wall-46329030_877
3. https://webmineral.com/
4. http://mincryst.iem.ac.ru/rus/
5. http://insminerals.ru/Links.htm
6. https://rruff.info/AMS/amcsd.php

7. Примеры вопросов к экзаменам в рамках текущей и промежуточной аттестации

1. Предмет кристаллографии. Основные понятия. Макроскопические признаки кристаллических веществ.
2. Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии.
3. Основные законы внутреннего строения кристаллов.
4. Операции и элементы симметрии конечных фигур. Элементы симметрии I и II рода, конгруэнтно равные и энантиоморфные фигуры.
5. Основной закон симметрии.
6. Правила взаимодействия операций симметрии и их использование при выводе 32 кристаллографических точечных групп. Осевая теорема Эйлера.
7. Методы проектирования кристаллов: сферические, стереографические, гномонические, гномостереографические проекции.
8. Закон постоянства углов (закон Н.Стенона) – основа гониометрии.
9. Символика точечных групп симметрии Бравэ, Шенфлиса, Германа-Могена.
10. Понятие категории, сингонии в кристаллографии.
11. Обозначения групп в различных номенклатурах: примитивные, центральные, планальные, аксиальные, планаксиальные, инверсионно-примитивные, инверсионно-планальные группы.
12. Элементарная ячейка (ячейка Бравэ). 14 типов ячеек Бравэ.
13. Символы граней и ребер кристаллов. Основные законы геометрической кристаллографии.

14. Символы ребер кристалла. Уравнение плоскости в кристаллографическом варианте. Связь между символами граней и ребер.
15. Морфология кристаллов. Понятие «простая форма кристаллов».
16. Вывод простых форм кристаллов в группах разных сингоний. Классификация точечных групп симметрии по виду простых форм. Простые формы в группах с единичными направлениями. Трапецоэдрические, скаленоэдрические группы.

8. Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации по дисциплине

С целью оценки уровня знаний на экзамене используется следующая матрица:

Оценка	Критерий
Отлично	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию аспиранта. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные аспирантом самостоятельно в процессе ответа.
Хорошо	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые аспирант затрудняется исправить самостоятельно.
Удовлетво-рительно	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Аспирант не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно- следственные связи. Аспирант может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.
Неудовлетво-рительно	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Аспирант не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа аспиранта не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», констатирует (фиксирует) успешное прохождение текущей аттестации аспирантом.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

№	Изменение	На учебный год	Подпись, дата	Утверждение
1				