Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Н.Н.Еремин/

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МЕЖФАКУЛЬТЕТСКОГО КУРСА**

**Симметрия кристаллического макромира**

Автор-составитель: Еремина Т.А.

**Уровень высшего образования:**

***Бакалавриат, магистратура***

Форма обучения:

***Очная***

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

Москва 2023

**Цель и задачи дисциплины**

**Целью** курса является знакомство широкого круга студентов с естественнонаучным базисом для понимания законов минералогии, петрографии, геохимии и других наук о веществе Земли; раскрытия кристаллической сущности минералов и вытекающих из этого особенностей физических свойств, создания синтетических материалов с нужными физическими свойствами.

**Задачи курса** - обучение студентов практическим навыкам работы с кристаллами, овладение приемами грамотного описания внешней формы и внутреннего (атомного) строения кристаллов, необходимых для правильной интерпретации результатов научной работы и понимания специальной литературы; знакомство с методами исследования кристаллического вещества.

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Предлагаемый межфакультетский курс «Симметрия кристаллического макромира» представляет собой популярное изложение фундаментальных симметрийных законов, управляющих внешней формой кристаллов. Лекции включают в себя основы классической кристаллографии с элементами кристаллохимии. Будут рассмотрены элементы симметрии, законы их взаимодействия, закономерные сочетания элементов симметрии (точечные группы симметрии) и их реализация в кристаллических многогранниках на примере как идеализированных моделей, так и реальных кристаллов. Будут даны основные характеристики простых форм, участвующих в огранке кристаллических образцов, а так же методы индицирования граней и направлений, широко применяемые в практической и теоретической минералогии. Большое внимание будет уделено практическим навыкам работы с кристаллами, в рамках которой к услугам занимающихся будет предоставлена уникальная коллекциянаглядных пособий и природных кристаллов кафедры кристаллохимии и кристаллографии.

Помимо классической кристаллографии, в цикл лекций будут включены основы черно-белой и многоцветной симметрии, разработанные А.В.Шубниковым и Н.В. Беловым. Будут представлены уникальные разработки в сфере принципиального расширения классической геометрической симметрии, ставшие одними из ведущих в современной теоретической кристаллографии. Курс так же включает в себя вывод икосаэдрических групп точечной симметрии, интерес к которым актуализировался в рамках изучения квазикристаллов, фуллеренов и нанотрубок.

В заключение будет рассмотрена симметрия как одно из обобщающих фундаментальных понятий естествознания в целом. В этой связи, в частности, предполагается рассмотрение предельных группы симметрии и симметрии физических свойств.

Курс может представить интерес для студентов, как естественных факультетов, так и гуманитарных специальностей. Программа курса доступна широкому кругу слушателей без особой специфической подготовки. Зачет по курсу проходит путем сдачи интерактивного теста.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП** – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:**

Желательно обладание знаний по дисциплинам «Общая химия», «Общая геология», «Физика» и «Высшая математика»

**3. Объем дисциплины (модуля)** составляет 1 з.е., в том числе **24** академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), 12 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет (онлайн тестирование).

**4. Формат обучения** **допускает элементы электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий.**

**5.**

**Содержание тем**

1. Место кристаллографии среди естественных наук. Кристалл, как объект исследования. Кристалл как геометрическое тело. Основы теории симметрии. Элементы симметрии. Операции симметрии, возможные в кристаллах 8 февраля (Н.Н.Еремин)

2. Символика Браве. Классы симметрии кристаллов. Категории. Сингонии 15 февраля (Н.Н.Еремин)

3. Классы симметрии низшей категории. Простые формы низшей категории 22 февраля (Н.Н.Еремин)

4. Сложные элементы симметрии. 01 марта (Н.Н.Еремин)

5. Основные теоремы взаимодействия элементов симметрии. Достройка класса симметрии по заданному набору 15 марта (Н.Н.Еремин)

6. Вывод классов средней категории. Простые формы тетрагональной и гексагональной сингонии. Облик и габитус кристаллов 22 марта (Н.Н.Еремин)

7. Символика Шенфлиса. Ее преимущества Международная символика. Ее преимущества. 29 марта (Еремина Т.А.)

8. Классы симметрии высшей категории. Простые формы кубических кристаллов 05 апреля (Н.Н.Еремин)

9 Икосаэдрические группы. Объекты икосаэдрической симметрии 12 апреля (Еремина Т.А.)

10. Предельные группы симметрии – группы физических свойств кристаллов. Симметрия и форма реальных кристаллов 19 апреля (Еремина Т.А.)

11. Гониометрия как метод изучения реальных кристаллов. Сетка Вульфа. Полное описание кристалла по гониометрическим данным. Зачет 26 апреля (Еремин Н.Н., Еремина Т.А.)

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

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

***Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации***

1. Кристалл, как объект исследования и геометрическое тело

2. Понятие симметрии, операция симметрии, элемент симметрии

3 Операции симметрии, возможные в кристаллах.

4. Символика О. Браве.

5. Проецирование кристаллов.

6. Теорема Эйлера.

7. Основы сферической тригонометрии применительно к кристаллическим объектам.

8. Координатные системы в кристаллографии. Категории. Сингонии.

9. Сложные элементы симметрии.

10. Теоремы взаимодействия элементов симметрии.

11. Вывод классов симметрии кристаллов низшей категории.

12. Вывод классов симметрии кристаллов средней категории

13. Вывод классов симметрии кристаллов высшей категории

14. Понятие простой формы кристалла. Их характеристики.

15. Простые формы низшей и средней категории.

16. Простые формы кристаллов высшей категории.

17. Символика Шенфлиса, ее преимущества.

18. Облик и габитус кристалла

19. Международная символика, ее преимущества.

20. Икосаэдрические группы симметрии.

21. Простые формы икосаэдрических классов.

22. Предельные группы симметрии в кристаллографии.

23. Принципы Неймана, Фойгта и Кюри.

24. Символы граней и ребер кристаллов.

25. Закон зон (поясов) и индицирование кристаллов.

**Типовые вопросы практической части интерактивного тестирования**

1) Какой класс симметрии возникнет, если к операциям симметрии класса *T* добавить центр инверсии?

2) Какой класс симметрии возникнет, если к операциям симметрии класса *O* добавить центр инверсии?

3) К какому классу симметрии относится кристалл, огранка которого представлена комбинацией: а) куба и ромбододекаэдра, б) ромбододекаэдра и пентагон-додекаэдра, в) пентагон-додекаэдра и тетраэдра?

4) Определить симметрию кристалла, огранка которого представлена комбинацией: а) куба и октаэдра, б) октаэдра и пентагон-додекаэдра, в) ромбододекаэдра и тетраэдра?

5) Чему равно минимальное число граней кубического кристалла, представляющего собой комбинацию: а) трех простых форм, б) двух простых форм? К каким классам симметрии относятся такие кристаллы?

6) К какому классу симметрии относится: а) 4-гранный кубический кристалл, б) 8-гранный, в) 10-гранный, г) 14-гранный, д) 15-гранный?

7) Записать в учебной символике Браве и Шенфлиса классы симметрии *‾43m* и *‾42m*. К каким сингониям они относятся? Назвать форму общего положения.

8) Расшифровать символы Шенфлиса *C2h* и *D2h* и записать указанные классы симметрии в международной символике и символике Браве. Назвать форму общего положения. К какой категории относятся эти классы?

9) Записать в учебной символике Браве и Шенфлиса классы симметрии *32* и *23*. К каким сингониям они относятся? Назвать форму общего положения.

10) Расшифровать символы Шенфлиса *D3h* и *D3d* и записать указанные классы симметрии в международной символике и символике Браве. К какой категории относятся эти классы? Назвать форму общего положения.

11) Записать в учебной символике Браве и Шенфлиса классы симметрии *222* и *422.* К каким сингониям они относятся? Назвать форму общего положения.

12) Расшифровать символы Шенфлиса *C4h*  и *D4h*  и записать указанные классы симметрии в международной символике и символике Браве. К каким категориям относятся эти классы? Назвать форму общего положения.

13) Записать в учебной символике Браве и Шенфлиса классы симметрии и ‾*3m*. К каким категориям они относятся? Назвать форму общего положения.

14) Чему равно минимальное число граней у квазикристалла, огранка которого представляет собой комбинацию: а) трех простых форм, б) двух простых форм?

15) Чему равно максимальное число граней у квазикристалла, огранка которого представляет собой комбинацию: а) трех простых форм, б) двух простых форм, в) одной простой формы?

16) Назовите простые формы: а) 32-гранного квазикристалла, б) 42-гранного, в) 50-гранного.

17) Измерить углы между точками, заданными своими сферическими координатами.

18) Используя сетку Вульфа, как стереографическую проекцию Земли, отметьте на ней положение Лондона (51○ с.ш., 0○ ),Мехико (19○ с.ш., 99○ з.д.), Дели (29○ с.ш., 77○ в.д.) и Сиднея (34○ ю.ш., 151○ в.д.). При помощи сетки определите расстояния между шестью возможными парами городов, считая радиус Земли равным 6350 км.

**Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оценка результатов обучения, *соответствующие виды оценочных средств* | **Незачет** | **Зачет** |
| **Знания** основополагающие понятия и законы геометрической кристаллографии и кристаллохимии; названия 32 классов симметрии;наименование простых форм кристаллических многогранников и простых форм икосаэдрической симметрии;правила индицирования кристаллов (интерактивный тест) | Фрагментарные знания или отсутствие знаний | Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания |
| **Умения:**размножать грани заданными элементами симметрии;выводить 32 класса симметрии и строить их стереографические проекции;давать развернутое описание кристаллических многогранников (интерактивный тест) | В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений | Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) |
| **Навыки владения:**теоремами взаимодействия элементов симметрии;символиками Браве, Шенфлиса и Германа-Могена;основами гониометрического анализа многогранников (интерактивный тест) | Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме |

**7. Ресурсное обеспечение:**

**А) Перечень основной и дополнительной литературы.**

**- основная литература:**

1. Егоров-Тисменко Ю.К. «Кристаллография и кристаллохимия», М, изд-во Книжный дом «Университет», 2005, с.520

2. Егоров-Тисменко Ю.К. «Руководство к практическим занятиям по кристаллографии», М, Изд-во МГУ, 2010, 208 стр.

3. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П., Загальская Ю.Г. «Кристаллография», М., изд-во МГУ, 1992, 288 стр.

4. Урусов В.С., Еремин Н.Н. «Кристаллохимия. Краткий курс» М., Изд-во МГУ, 2010, 258 стр.

5. Загальская Ю.Г., Литвинская Г.П., Егоров-Тисменко Ю. К. Геометрическая кристаллография, 2- е изд., М., изд-во МГУ, 1986, 166 стр.

6. Загальская Ю.Г., Литвинская Г.П., Егоров-Тисменко Ю.К. Руководство к практическим занятиям по кристаллохимии, М. изд-во МГУ, 1983, 167 стр.

7. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П. Теория симметрии кристаллов. М. изд-во ГЕОС, 2000, 394 стр.

8. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография, 5-е изд., М., изд-во Высшая школа, 1972, 352 стр.

**- дополнительная литература:**

1. Ворошилов Ю.В. Павлишин В.И. «Основы кристаллографии и кристаллохимии. Рентгенография кристаллов» Киев, КНТ, 2011. 568 стр.

2. Лорд Э.Э., Маккей А.Л., Ранганатан С. «Новая геометрия для новых материалов». М, Физматлит, 2010, 264 стр.

3. Банн Ч. «Кристаллы. Их роль в природе и науке» М., изд-во Мир, 1970, 311 стр.

4. Белов Н. В. «Структура ионных кристаллов и металлических фаз» М., изд-во АН СССР, 1947, 237 стр.

5. Вентцель М. К. «Сферическая тригонометрия» М. Геодезиздат, 1948, 154 стр.

6. Пущаровский Д.Ю. «Рентгенография минералов». М., ЗАО «Геоинформмарк», 2000, 292 стр.

7. Современная кристаллография. Т. 1, М., изд-во Наука, 1979, 383 стр.

8. Современная кристаллография. Т. 3, М., изд-во Наука, 1980, 407 стр.

9. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А, Кристаллография, М., изд-во физико-математической литературы, 2000, 296 стр.

**Б) Перечень программного обеспечения:**

**- лицензионное**

**нет**

**- нелицензионное и свободного доступа**

пакет программ Open Office

**В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- реферативная база данных издательcтва Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

- http://database.iem.ac.ru/mincryst/ - база данных кристаллических структур МИНКРИСТ;

- http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php - база данных кристаллических структур American Mineralogist.

**Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

**Гиперссылка интерактивного тестирования:**

<http://cryst.geol.msu.ru/courses/mfk2/zachet/>

**Интернет сопровождение курса на официальной странице:**

<http://cryst.geol.msu.ru/courses/mfk2/index.php>

**Д) Материально-технического обеспечение:**

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

Учебно-методические материалы кабинета кристаллографии геологического факультета

**8. Язык преподавания** – русский.

**9. Преподаватель (преподаватели):** Ответственный за курс — Еремин Николай Николаевич, д. хим. наук, заведующий кафедрой кристаллографии и кристаллохимии геологического факультета МГУ, neremin@mail.ru

Еремина Татьяна Александровна, канд. хим. наук, доцент кафедры кристаллографии и кристаллохимии геологического факультета МГУ, t\_eremia@list.ru

**10. Разработчики программы:**

Еремина Татьяна Александровна, канд. хим. наук, доцент кафедры кристаллографии и кристаллохимии геологического факультета МГУ, t\_eremia@list.ru