

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт геологии и нефтегазовых технологий

Проректор



Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2 – Физика минералов

Направление подготовки: 05.06.01 Науки о Земле
Профиль подготовки: 25.00.05 - минералогия, кристаллография
Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Казань 2015

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Физика минералов – раздел минералогии, посвященный изучению физических (магнитных, люминесцентных, электрических, тепловых и др.) свойств минералов. Включает научно-методические основы исследования минеральных веществ как твёрдых кристаллических тел и все физические методы, применяемые при минералого-геохимических, рудно-петрографических исследованиях и при геологоразведочных работах. Физика минералов занимает пограничное положение между материаловедением, циклом наук о Земле и технологией переработки и использования минерального сырья. Физика минералов имеет фундаментальное значение для познания природы минерального вещества, играет важную роль в разработке научных основ поисковой и технологической минералогии, минералогического материаловедения, физики горных пород и др. На основе физики минералов разрабатываются критерии прогноза рудных месторождений полезных ископаемых при активных и пассивных методах зондирования земной поверхности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Физика минералов является освоение аспирантами методологических основ специализации в области физики Земли, формирование представлений о роли экспериментальных и теоретических методов познания окружающего мира, развитие навыков самостоятельного решения задач в области физических исследований природных объектов – пород и минералов, мотивирование на изучение современной научной литературы.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать: методы анализа вещества Земли - радио-, оптическую, люминесцентную, мессбауэровскую, инфракрасную и рентгеноэлектронную спектроскопию;

уметь: интерпретировать результаты научных наблюдений в области физики минералов;

владеть: знаниями в области фундаментальных явлений и эффектов в области физики, экспериментальными, теоретическими и компьютерными методами исследований в этой области;

математическим анализом, теорий функций комплексной переменной, аналитической геометрией, векторным и тензорным анализом, дифференциальными и интегральными уравнениями, теорией вероятности и математической статистикой.

демонстрировать способность и готовность:

- применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.
ПК-7	понимать общие закономерностей строения и эволюции литосферы,

	уметь формулировать проблемы и задачи в литологии для решения конкретных геологических задач;
ПК-8	уметь правильно выбирать методику литологических и минералого-геохимических исследований для решения поставленной задачи;
ПК-9	способность использования полученных навыков в работе с геологическим материалом и быть готовым к решению задач территориального планирования, проектирования и прогнозирования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет в 4 семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Введение.	4	1	0	0	14
2.	Введение в физику минералов.	4	1	0	0	14
3.	Введение в кристаллографию.	4	1	0	0	14
4.	Атомная структура кристаллов.	4	1	0	0	14
5.	Геохронология.	4	1	0	0	15
6.	Физические методы анализа вещества.	4	1	0	0	15
7.	Введение в рентгенографию.	4	1	0	0	15

4.2 Содержание дисциплины

1. Введение. История формирования науки о физических методах исследования минералов и горных пород.

2. Введение в физику минералов.

Минералогия – наука о минералах. Понятия минерала и минерального вида. Химические соединения и типы химических связей, кристаллическая структура и свойства кристаллов, физические свойства минералов. Систематика минералов – кристаллохимическая и генетическая. Общая, генетическая и описательная минералогия. Минералогия и кристаллография. Геометрическая кристаллография, кристаллохимия и кристаллофизика. Аморфные и кристаллические минералы. Кристаллы как гомогенные анизотропные тела. Векторные и скалярные свойства минералов. Рост кристаллов. Направление и скорость роста граней. Скелетные кристаллы. Зонарное строение кристаллов. Равноценные грани кристаллов (на примере кристаллов галенита, флюорита, кварца). Спайность кристаллов. Простые формы кристаллов и их комбинации. Внешнее и внутреннее кристаллическое строение минералов. Закон постоянства углов Стенона. Измерение углов кристаллов и измерительные приборы (прикладной и отражательный гониометр). Значение углов для классификации и диагностики минералов. Кристаллографические оси. Параметры грани. Основные формы. Семь систем кристаллов.

3. Введение в кристаллографию. Определение симметрии. Аналитическая запись преобразований симметрии в пространственной решетке кристалла. Точечные и предельные

группы симметрии кристаллов. Симметрия структуры кристаллов. Трансляционные группы. Пространственные группы. Системы и сингонии, простые формы кристаллов и их комбинации. Кристаллографические обозначения (индексы плоскостей и направлений, номенклатуры групп). Обобщенная симметрия кристаллов. Понятия о точечных и пространственных группах антисимметрии и цветной симметрии.

4. Атомная структура кристаллов. Геометрические закономерности атомного строения кристаллов. Правильные системы точек. Связь симметрии структурных единиц с симметрией кристалла. Атомные и ионные радиусы. Координационные структуры. Принципы плотнейшей упаковки. Кристаллические структуры простых веществ. Классификация структур. Изоморфизм и твердые растворы. Интерметаллические соединения. Электронные соединения. Упорядочение. Классификация структур по типам химической связи. Ионные структуры. Структура полупроводниковых соединений. Структура комплексных и элементоорганических соединений. Принципы органической кристаллохимии. Строение органических молекул и их упаковка в кристалле. Кристаллы полимеров. Биологические структуры. Жидкие кристаллы. Понятие о модулированных фазах в кристаллах. Физические механизмы модуляции. Соразмерная и несоразмерная модуляция. Сателлитные рефлексы. Понятие о группах сверхпространственной (n -мерной) симметрии несоразмерных фаз в кристаллах. Понятие о квазикристаллах. Особенности структуры и симметрии и их отражение в дифракционных картинах.

5. Геохронология. Возникновение элементов. Ядерные реакции, протекающие в звездах и приводящие к синтезу химических элементов. Rb-Sr – метод определения абсолютного возраста пород и минералов. Механизм β^- -распада. Фундаментальное уравнение. K-Ar и Ar-Ar – методы определения абсолютного возраста. K и Ar в периодической системе и в таблице нуклидов. Распространенность в земной коре, калий-содержащие минералы. Радиоактивный распад ^{40}K . Отношение $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ и возраст. Ar-Ar – метод. Неоднородное распределение аргона. Превращение ^{39}K в ^{39}Ar . Возраст эксгумации. U - Pb – методы определения абсолютного возраста. U, Th и Pb в периодической системе и в таблице нуклидов. Механизм α -распада. Разветвленный распад. Серия распада ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th . Секулярное равновесие. Период полураспада серии нуклидов ^{238}U . Диаграммы конкордии и дискордии. Sm-Nd – метод датирования. Sm-Nd в периодической системе и в таблице нуклидов.

6. Физические методы анализа вещества. Методы, основанные на измерении поглощенного, рассеиваемого и испускаемого (вторичного) излучения. Термический анализ (термография). Основные типы аналитических методик: методики элементного анализа (масс-спектроскопический и ретгенофлюоресцентный анализ), методики структурного анализа; радио-, оптическая, люминесцентная, мессбауэровская, инфракрасная, рентгеноэлектронная спектроскопия; сканирующая и просвечивающая электронная, ионная, лазерная, атомная силовая и туннельная микроскопия.

7. Введение в рентгенографию. Геометрическая теория дифракции на трехмерной решетке. Уравнение Лауэ. Уравнение Вульфа—Брегга. Обратная решетка. Основные рентгендифракционные схемы в представлении обратной решетки. Интенсивность рентгеновских рефлексов. Атомная амплитуда. Структурная амплитуда. Интерференционная функция. Интегральная интенсивность. Связь симметрии кристалла и его дифракционной картины. Законы погасания. Дифракция на совершенных кристаллах. Основы динамической теории: эффекты экстинкции, аномального прохождения, маятниковое решение. Рентгеновская интерферометрия. Дифракция электронов. Основные задачи структурной электронографии. Специфические задачи нейтронографии в исследовании атомной и магнитной структуры кристаллов. Мессбауэрография. Дифракция протонов и эффект теней. Электронная микроскопия кристаллов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях: Аудиторное обучение, Компьютерные технологии

На семинарах: Самостоятельная работа студентов (повышение теоретического уровня, проведение экспериментальных исследований).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы к самостоятельной работе

1. История формирования науки о физических методах исследования минералов и горных пород.

2. Минералогия – наука о минералах. Понятия минерала и минерального вида.

3. Химические соединения и типы химических связей, кристаллическая структура и свойства кристаллов, физические свойства минералов.

4. Систематика минералов – кристаллохимическая и генетическая. Общая, генетическая и описательная минералогия. Минералогия и кристаллография. Геометрическая кристаллография, кристаллохимия и кристаллофизика.

5. Аморфные и кристаллические минералы. Кристаллы как гомогенные анизотропные тела. Векторные и скалярные свойства минералов.

6. Рост кристаллов. Направление и скорость роста граней.

7. Скелетные кристаллы. Зонарное строение кристаллов.

8. Равноценные грани кристаллов (на примере кристаллов галенита, флюорита, кварца). Спайность кристаллов. Простые формы кристаллов и их комбинации.

7. Внешнее и внутреннее кристаллическое строение минералов. Закон постоянства углов Стенона. Измерение углов кристаллов и измерительные приборы (прикладной и отражательный гониометр).

8. Значение углов для классификации и диагностики минералов. Кристаллографические оси. Параметры грани. Основные формы. Семь систем кристаллов.

9. Определение понятий «горная порода» и «минерал». Некоторые известные минералы. Строение атома и типы химических связей между атомами. Ковалентная связь (на примере структуры алмаза). Ионная связь (на примере структуры галита NaCl).

10. Металлическая связь (на примере пирита). Ван дер Ваальсовы связи (на примере графита). Водородные связи (вода). Внутренняя структура минералов. Ионные радиусы элементов и структура.

11. Связь внутренней структуры и формы кристаллов. Полиморфизм минералов. Структура силикатов (цепочечные, ленточные, листовые, островные силикаты). Кварц. Полевой шпат. Другие минеральные группы (карбонаты, оксиды, сульфиды, сульфаты, фосфаты).

12. Изоморфизм. Физические свойства минералов. Спайность, излом, твердость, цвет, цвет черты, габитус кристаллов, магнитность, растворимость, плотность. Минералы под микроскопом. Поляризационный микроскоп. Электронный микроскоп.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Дисциплина относится к блоку предмет по выбору. Сроки проведения занятий и промежуточной аттестации определяются учебным планом и утвержденным расписанием.

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися.

Оценка проводится по количеству набранных баллов и ставится зачет или незачет

Темы рефератов

1. Спектроскопические методы исследования вещества

2. Структурные методы исследования вещества
3. Химические методы исследования вещества
4. Рентгеновские лучи. Генерация рентгеновских лучей и возможности их использования для целей кристаллографии.
5. Радиационные явления в природе и абсолютная геохронология.
6. Rb-Sr – метод определения абсолютного возраста пород и минералов.
7. Точечные группы. Симметрия. Мотив симметрии. Операции симметрии.

7.3. Вопросы к зачету

1. Минералогия – наука о минералах. Понятия минерала и минерального вида.
2. Химические соединения и типы химических связей. Систематика минералов – кристаллохимическая и генетическая.
3. Геометрическая кристаллография, кристаллохимия и кристаллофизика. Аморфные и кристаллические минералы. Гомогенность. Аморфные (изотропные) тела. Кристаллические (анизотропные) тела.
4. Рост кристаллов, скорость роста граней. Скелетные кристаллы. Зонарное строение кристаллов. Простые формы кристаллов и их комбинации. Углы кристаллов и закон постоянства углов Стенона. Параметры грани. Семь систем кристаллов.
5. Структура силикатов. Цепочечные, ленточные, листовые и островные силикаты.
6. Карбонаты, оксиды, сульфиды, сульфаты, фосфаты.
7. Физические свойства минералов. Изоморфизм. Спайность, излом, твердость, цвет, цвет черты, габитус кристаллов, магнитность, растворимость, плотность. Минералы под микроскопом. Поляризационный микроскоп.
8. Точечные группы. Симметрия. Мотив симметрии. Операции симметрии. Элементы симметрии. Симметрия на плоскости. 32 кристаллографических класса точечных групп, их названия и обозначения. Семь кристаллических систем (сингоний).
9. Морфология кристаллов. Индексы Миллера. Грани кристаллов и углы между ними. Грани кристаллов и кристаллографические оси. Открытые и закрытые простые формы. Описание кристалла: класс симметрии, отношение осей, индексы простых форм. Зоны кристалла.
10. Стереографическая проекция кристаллов. Сетка Вульфа.
11. Пространственная решетка. Элементы симметрии. Симметричные преобразования. Элементарная ячейка. Системы кристаллов – кубическая, тетрагональная, тригональная, гексагональная, ромбическая, моноклинная, триклинная. Решетки Браве. Пространственные группы.
12. Рентгеновские лучи. Генерация рентгеновских лучей и возможности их использования для целей кристаллографии. Уравнение Брэггов. Методы рентгенографии.
13. Изучение внутреннего строения Земли с помощью сейсмических волн. Отражение и преломление волн. Отражение и преломление сейсмических волн в земной коре. Открытие мантии Земли.
14. Земная кора и литосфера. Изостазия и изостатическое равновесие. Земная кора. Внутреннее тепло Земли. Конвекция. Мантийная конвекция.
15. Магнитное поле Земли. Конвекция во внешнем ядре. Намагниченность осадочных пород. Инверсии магнитного поля.
16. Тектоника плит. Гипотеза Вегенера, основные положения. Топография океанического дна. Возраст океанического дна. Магнитные аномалии. Литосферные плиты. Конвекция в мантии. Время в геологии. История возникновения Вселенной. Большой взрыв. Возникновение элементов. Ядерные реакции, протекающие в звездах и приводящие к синтезу химических элементов.

18. Rb-Sr – метод определения абсолютного возраста пород и минералов. Rb и Sr в периодической системе и в таблице нуклидов. Механизм β^- -распада. Радиоактивный распад и образование новых изотопов. Rb- Sr изохронная диаграмма. Фундаментальное уравнение.
19. K-Ar и Ar-Ar – методы определения абсолютного возраста. K и Ar в периодической системе и в таблице нуклидов. Распространенность в земной коре. Калий-содержащие минералы. Радиоактивный распад ^{40}K . Механизмы распада. Отношение $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ и возраст. Датирование с помощью лазера.
20. U - Pb – методы определения абсолютного возраста. U, Th и Pb в периодической системе и в таблице нуклидов. Механизм α -распада. Разветвленный распад. Серия распада ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th . Секулярное равновесие. Диаграммы конкордии и дискордии.
21. Sm-Nd – метод датирования. Sm-Nd в периодической системе и в таблице нуклидов. Механизм распада. Изохронная диаграмма. Аналитические методики, основанные на измерении поглощенного, рассеиваемого и испускаемого (вторичного) излучения. Термический анализ (термография). Методики элементного анализа (масс-спектроскопический и рентгенофлуоресцентный анализ).
24. Методики структурного анализа с использованием рентгеновского, синхротронного, нейтронного излучения.
25. Радио-, оптическая, люминесцентная, мессбауэровская, инфракрасная, рентгеноэлектронная спектроскопия.
26. Сканирующая и просвечивающая электронная, ионная, лазерная, атомная силовая, туннельная микроскопия.

7.4. ТАБЛИЦА СООТВЕТСТВИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ИХ ОСВОЕНИЯ И ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.	Способен самостоятельно планировать и решать задачи собственного профессионального и личного развития. Способен самостоятельно оценивать текущую ситуацию, степень подготовленности к тому или иному виду работ, исследований, оценивать адекватно свои способности и возможности	Устный опрос
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной	Способен самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность, планировать и проводить эксперимент, обобщать	Устный опрос

	области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	результаты с использованием современных аналитических методов и информационно-коммуникационных технологий	
ПК-7	понимать общие закономерности строения и эволюции литосферы, уметь формулировать проблемы и задачи в литологии для решения конкретных геологических задач;	Знание руководящего документа по составлению научной отчетности с результатами научных исследований	Устный опрос
ПК-8	уметь правильно выбирать методику литологических и минералого-геохимических исследований для решения поставленной задачи;	Умеет применить на практике знания по сбору, обработке и анализу различных видов научно-исследовательской информации.	Реферат
ПК-9	способность использования полученных навыков в работе с геологическим материалом и быть готовым к решению задач территориального планирования, проектирования и прогнозирования.	Умеет применить на практике знания по сбору, обработке и анализу различных видов материалов и решению задач по территориальному планированию, проектированию и прогнозированию.	Устный опрос

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Текущий контроль осуществляется посредством устных опросов проводимых на каждом теоретическом занятии и самостоятельных работ. Получить допуск к зачету студенты могут только после успешной сдачи заданий семестра. Для получения зачета студенты должны провести определение коллекции минералов, коллекции поделочных камней, предложенных преподавателем.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

Рентгенография минералов калийных и калийно-магниевого солей / [Н. И. Наумкина, В. В. Власов, А. К. Вишняков] ; Федер. агентство по недропользованию, Федер. гос. унитар. предприятие "Центр. науч.-исслед. ин-т геологии неруд. полез. ископаемых" .— Казань :

[Казанский университет], 2011 .— 113 с. : цв. ил. ; 21 .— Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 85-92. (2 экз.)

Процессы кристаллизации и затвердевания: Учебное пособие / Е.Л. Бибииков, А.А. Ильин. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 352 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=403173>

Гзогян Т.Н., Булгакова А.П., Гзогян С.Р., Ряполов А.Н, Окисленные железистые кварциты КМА. Изменение состава и строения под воздействием физических полей/ Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга, 2012. – 32 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49735

9.2. Дополнительная литература

Сонин А.С. Курс макроскопической кристаллофизики: учеб.пособ.: Для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 256с. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/59408/page109/>

Пугачев В.М. Кристаллохимия: учебное пособие/ Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2013.- 104 с. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/44382/page33/>

Бетехтин, Анатолий Георгиевич. Курс минералогии : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 130300 "Прикладная геология" / А. Г. Бетехтин ; под науч. ред. Б. И. Пирогова и Б. Б. Шкурского .— Москва : Кн. дом Ун-т, 2008 .— 735 с. (299 экз.)

9.3. Интернет-ресурсы:

<http://www.gia.edu/>

<http://www.gemology.ru/gemcenter/russia/index.htm>

<http://www.gigia.ru/>

<http://www.igc-gem.ru/>

<http://www.gemology.ru/cut/russian/links.htm>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Коллекция минералов
2. Коллекции поделочных камней
3. НИЛ фазового анализа геоматериалов, НИЛ Физики минералов и их аналогов
4. Компьютеры

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом рекомендаций по направлению подготовки.

Автор(ы): Николаев А.Г. 

Рецензент(ы): Лопатин О.Н. 

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института протокол №1 «15» сентября 2015 г.