

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025г .

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения
по дисциплине (модулю):

В-ПД Физика минералов

Направление подготовки/ специальность:

05.03.01 Геология

Профиль программы бакалавриата:

Геохимия

Форма обучения:

Очная

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «**Физика минералов**» разработан на основе ОС по специальности/направлению подготовки 05.03.01 Геология, утвержденного приказом по МГУ от 21.12.2021 № 1404 (в действующей редакции)

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) Физика минералов

№ п/п	Код компет енции	Содержание компетенции (или ее части)	Индикаторы достижения компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций		
				Знать	Уметь	Владеть
1	ОПК- 3.Б	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-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.	основы теории колебаний, основные типы дефектов структуры минералов, основы теорий электронного строения минералов, теоретические основы физических методов исследования минералов;	использовать данные колебательной спектроскопии для идентификации минералов, интерпретировать окраску минералов, выбирать адекватный комплекс физических методов исследования для решения научных и прикладных задач минералогии.	информацией о причинах изменчивости физических свойств реальных кристаллов, их влиянии на практическое использование минералов.
2	СПК- 1.Б	Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла.	Б.СПК-1. И-1. Владеет методами поиска и анализа данных физических методов изучения минералов, в том числе – с применением современных информационных	классификацию основных типов структурных дефектов минералов.	использовать данные спектроскопических методов для идентификации минералов и структурных дефектов.	информацией о реальном строении минералов, о возможностях и ограничениях физических методов исследования минералов.

			коммуникационных технологий.			
--	--	--	------------------------------	--	--	--

Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2. Текущий контроль

Для текущего контроля успеваемости студентов курсу «Физика минералов» используются устные опросы, проводимые на каждом семинарском занятии, собеседование при приеме результатов самостоятельной работы. По итогам обучения проводится экзамен.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине применяется для всех типов контроля.

Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для текущего контроля в ходе семестра проводятся контрольные опросы для проверки теоретических знаний по каждой теме:

- Тема 1. Образование кристаллов.
- Тема 2. Дефекты кристаллической структуры.
- Тема 3. Колебания атомов.
- Тема 4. Тепловые свойства твердых тел.
- Тема 5. Точечные дефекты.
- Тема 6. Диффузия в кристаллах.
- Тема 7. Линейные дефекты.
- Тема 8. Поверхностные и объемные дефекты.
- Тема 9. Методы изучения дефектов кристаллов.
- Тема 10. Электронное строение атома.
- Тема 11. Теория кристаллического поля.
- Тема 12. Спектры поглощения минералов.
- Тема 13. Теория молекулярных орбиталей.
- Тема 14. Зонная теория.
- Тема 15. Электронный спиновый резонанс.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа заключается в подготовке к контрольному опросу по пройденной теме с использованием основной и дополнительной литературы. Подготовка ответов на контрольные вопросы.

Примерный перечень вопросов для проведения контрольного опроса.

1. При образовании кристаллов энергия поглощается или выделяется?
2. Какой тип структуры характерен для «вандерваальсовых» кристаллов?
3. Чему равна частота колебаний атома в гармоническом приближении?
4. Чем отличаются колебания атомов в одноатомной цепочке от колебаний гармонического осциллятора?
5. К чему приводит введение в линейную цепочку второго сорта атомов?

6. Чем отличается тепловая энергия твердого тела от внутренней?
7. Чему равна теплоемкость, исходя из классической теории теплоемкости?
8. Из чего состоит дефект Френкеля?
9. Из чего состоит дефект Шоттки?
10. Почему кристалл с дефектами является энергетически выгодным?
11. По каким позициям в структуре кристалла двигаются атомы при диффузии?
12. Как зависит от времени расстояние, на которое диффундирует атом?
13. Какие дефекты относятся к линейным (одномерным)?
14. Как взаимно ориентированы вектор Бюргерса и линия дислокации в краевой дислокации?
15. Что такое двумерный дефект?
16. Какие линейные дефекты есть на границе двух зерен?
17. На каком явлении основаны рентгеновские методы изучения дефектов?
18. Можно ли с помощью рентгеновских методов обнаружить точечные дефекты?
19. В чем заключается недостаток классической модели Резерфорда?
20. Что нового внес в модель строения атома Бор?
21. Какое значение волновой функции имеет физический смысл?
22. Для каких значений главного квантового числа n могут быть p -орбитали?
23. Учитывается ли электронное строение лигандов в теории кристаллического поля?
24. Изменяется ли энергия d -электронов на орбиталях при помещении иона в кристаллическое поле?
25. Сколько молекулярных орбиталей образуют две атомные орбитали?
26. При каком перекрытии атомных орбиталей образуются σ орбитали?
27. Каким процессом в твердом теле пренебрегают в случае адиабатического приближения?
28. В чем заключается смысл одноэлектронного приближения?

3. Оценочные средства по промежуточной и итоговой аттестации

Вопросы к экзамену:

1. Образование кристаллов. Термодинамические характеристики. Межатомные связи.
2. Кристаллы с Ван-дер-Ваальсовым взаимодействием, энергия взаимодействия, примеры кристаллов. Кристаллы с ковалентным взаимодействием.
3. Ионные кристаллы, энергия взаимодействия, постоянная Маделунга.
4. Тепловые колебания, гармоническое приближение.
5. Тепловые колебания идеальной одноатомной цепочки.
6. Тепловые колебания идеальной двухатомной цепочки.
7. Типы колебаний, применение колебательной спектроскопии.
8. Тепловая энергия кристаллов, классическая модель теплоемкости.
9. Теплоемкость при низкой температуре, физический смысл температуры Дебая.
10. Флуктуации энергии колебаний атомов в кристаллах.
11. Тепловое расширение и теплопроводность твердых тел, связь с ангармоничностью колебаний.
12. Равновесная концентрация точечных дефектов Шоттки.
13. Равновесная концентрация точечных дефектов Френкеля.
14. Собственные точечные дефекты, искажения кристаллической структуры, нарушение электронейтральности, способы компенсации зарядов.
15. Примесные дефекты, искажения кристаллической структуры, нарушение электронейтральности, способы компенсации зарядов.
16. Диффузия, способы движения атомов в кристаллах, вероятность диффузии по междоузельным позициям.

17. Диффузия, способы движения атомов в кристаллах, вероятность диффузии по вакансионным позициям.
18. Перемещение атомов на большие расстояния, коэффициент диффузии, зависимость от температуры.
19. Законы диффузии, первый закон Фика.
20. Законы диффузии, второй закон Фика.
21. Типичные случаи диффузии: стационарная диффузия, диффузия из постоянного источника.
22. Типичные случаи диффузии: диффузия из непостоянного источника.
23. Краевые дислокации, искажения структуры, вектор Бюргерса, примеры векторов Бюргерса.
24. Винтовые дислокации, искажения структуры, вектор Бюргерса.
25. Упругие свойства дислокаций
26. Энергия дислокаций.
27. Движение дислокаций.
28. Восхождение (переползание) дислокаций, образование порогов. Зарождение дислокаций, источник Франка-Рида.
29. Пересечение дислокаций, образование ступенек, перегибов.
30. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами, облака Коттрела.
31. Двумерные дефекты, границы между субзернами и зернами.
32. Рентгеновские методы изучения дислокаций.
33. Рентгеновская томография.
34. Декорирование дислокаций, метод травления.
35. Высокорастворяющая электронная и ионная микроскопии.
36. Сканирующая зондовая микроскопия.
37. Теория строения атома, модель Бора.
38. Квантово-механическое описание электронного строения атома. Орбитали, квантовые числа.
39. Многоэлектронные атомы, электронные конфигурации, орбитальный, спиновый и полный моменты.
40. Правила Хунда, термы многоэлектронных атомов.
41. Орбитальные и атомные радиусы. Ионные радиусы. Закономерности изменения атомных и ионных радиусов химических элементов.
42. Теория кристаллического поля, расщепление уровней d -орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом полях.
43. Слабое, среднее и сильное взаимодействие центрального катиона с кристаллическим полем.
44. Ионы группы железа. Расщепление термов $3d$ -элементов в октаэдрическом поле.
45. Параметры кристаллического поля, высокоспиновые и низкоспиновые состояния.
46. Взаимодействие орбиталей центрального иона с лигандами в случае низкой локальной симметрии, характеры неприводимых представлений.
47. Вероятность переходов между уровнями, правила отбора.
48. Теория молекулярных орбиталей, образование волновой функции
49. Взаимодействие атомных орбиталей: образование связывающих, антисвязывающих, несвязывающих молекулярных орбиталей.
50. Образование молекулярных орбиталей в линейных молекулах типа A_2 .
51. Образование молекулярных орбиталей в линейных молекулах типа AB_2 .
52. Образование молекулярных орбиталей в угловых молекулах AB_2 .
53. Метод валентных связей, виды sp -гибридизации.
54. Зонная теория, адиабатическое и одноэлектронное приближение.
55. Зонная теория, метод атомных орбит.
56. Зонная теория, метод коллективизированных орбит.

57. Металлы, диэлектрики, полупроводники, собственные и примесные полупроводники, электронные уровни в запрещенной зоне, электронные переходы.
58. Спиновые системы, система с одним неспаренным электроном.
59. Парамагнитный ион в кристаллическом поле, тонкое взаимодействие.
60. Сверхтонкая и суперсверхтонкая структура спектра ЭПР.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: (устный опрос) основ теории колебаний, основные типы дефектов структуры минералов, основы теорий электронного строения минералов, теоретические основы физических методов исследования минералов.	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, но имеются пробелы	Систематические знания в достаточном объеме
Умения: (устный опрос) использовать данные колебательной спектроскопии для идентификации минералов, интерпретировать окраску минералов, выбирать адекватный комплекс физических методов исследования для решения научных и прикладных задач минералогии.	Умения отсутствуют	Демонстрирует умения только по отдельным пунктам	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера: умение интерпретировать спектроскопическую информацию, определять ее достоверность, подбирать необходимый метод исследования.	Успешное умение интерпретировать спектроскопическую информацию, определять ее достоверность, подбирать необходимый метод исследования.
Владения: (устный опрос) информацией о реальном строении минералов, о	Навыки владения методами физики минералов	Фрагментарное владение отдельными методами физики	В целом сформированные навыки использования данных физики	Владение методами физики минералов для

возможностях и ограничениях физических методов исследования минералов, методами обработки спектроскопической информации.	отсутствуют.	минералов.	минералов для интерпретации физических свойств реальных минералов, но имеются пробелы	диагностики минералов, решения генетических задач, уточнения технологических свойств минералов.
--	--------------	------------	---	---

Автор (авторы) программы Кошуг Д.Г.