

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.



«18» декабря 2025г.

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения
по дисциплине (модулю):

ВАР Термодинамика минералов

Направление подготовки/ специальность:

05.03.01 Геология

Профиль программы магистратуры:

Геохимия

Форма обучения:

Очная

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «**Термодинамика 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) Термодинамика минералов

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Индикаторы достижения компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций		
				Знать	Уметь	Владеть
1	СПК-4.М.(2)	Способен использовать термодинамические и термохимические расчеты для анализа условий и параметров образования минеральных парагенезисов.	М.СПК-4. И-1. Владеет базовыми знаниями по закономерностям распределения химических компонентов между сосуществующими минералами. М.СПК-4. И-2. Использует теоретические знания основных законов термодинамики и для расчета термодинамических констант минералов постоянного и переменного составов.	основные законы термодинамики, формулы определения и расчета термодинамических констант минералов постоянного и переменного составов (теплоемкость, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса, функции смешения); экспериментальные расчетные методы получения термодинамических констант минералов; общие закономерности распределения компонентов между	рассчитывать минеральные равновесия, анализировать влияние температуры давления, pH, активности серы, кислорода и т.д. на равновесия	методами термодинамического анализа минеральных равновесий

				сосуществующими минералами, принцип фазового соответствия; диаграммы фазового соответствия – минералогические термометры и барометры		
--	--	--	--	---	--	--

Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2. Текущий контроль

Для текущего контроля успеваемости студентов курсу «Термодинамика минералов» осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных/лабораторных/практических работ. Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы/работы по 3-м разделам курса.. По итогам обучения проводится экзамен.

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

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля/ Темы контрольных работ:

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля:

1. Экспериментальные методы определения термодинамических констант минералов.
2. Роль термохимии в изучении минеральных равновесий, изоморфизма и полиморфизма минералов.
3. Теплоемкость минералов. Средняя и истинная теплоёмкости. Связь теплоемкости с ионностью-ковалентностью.
4. Зависимость теплоёмкости от условий процесса и температуры. Интерполяционные уравнения.
5. Теоретические методы вычисления теплоемкости в области низких температур (методы Дебая, Эйнштейна и Тарасова).
6. Средняя теплоемкость, изменения энтальпии (функции $H^\circ_T - H^\circ_{298,15}$) и методы их определения.
7. Третий закон термодинамики и его использование.
8. Энтропия как мера неупорядоченности. Расчет значений абсолютной энтропии.
9. Энтальпия, определение. Закон Гесса. Зависимость от температуры. Закон Кирхгоффа. Энергия кристаллической решетки.

10. Теплоты фазовых превращений. Фазовые переходы 1 и 2 рода.
11. Свободная энергия Гиббса, способы расчета, зависимость от температуры и давления. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
12. Условия термодинамического равновесия. Константа равновесия.
13. Относительные функции (парциальные и интегральные) твердых растворов минералов.
14. Избыточные функции минералов твердых растворов
15. Термодинамические характеристики идеальных и реальных твердых растворов.
16. Общие закономерности распределения компонентов между сосуществующими минералами.
17. Коэффициенты распределения. Диаграммы идеального и неидеального распределения. Межфазовое распределение компонентов.

Для проведения текущего контроля успеваемости студентов используется итоговая шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Расчетные домашние задания:

1. Знакомство с экспериментальными (калориметрическими) методами получения термодинамических констант минералов.
2. Экспериментальное определение теплосодержания (изменение энтальпии $H^\circ_T - H^\circ_{298,15}$) минерала и расчет средней теплоемкости.
3. Экспериментальное определение теплоты образования минерала методом высокотемпературной расплавной калориметрии растворения.
4. Методы расчета абсолютных энтропии минералов (расчет энтропии заданного минерала по данным низкотемпературной теплоемкости).
5. Изучить влияние T и P на термодинамические свойства минералов. Определить направление реакций минералообразования при изменении температуры и давления. Расчет минеральных равновесий.
6. Термодинамический анализ влияния температуры, давления и состава газовой фазы на устойчивость галоидных соединений вольфрама в газовой фазе
7. Термодинамический анализ возможного переноса вольфрама гидротермами в виде галоидных соединений. Построить график зависимости активности вольфрамат-иона от P_H при 200°C .
8. Физико-химические условия отложения минералов из растворов (на примере вольфраматов $\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mn}$). Расчет зависимости произведений растворимости от температуры в интервале $25-300^\circ \text{C}$.
9. Термодинамический анализ условий образования минералов в гидротермальном процессе. Рассчитать поле устойчивости вольфрамита в зависимости от T , P_H и активности сульфидной серы.
10. Оценить поля устойчивости кислородных и сульфидных соединений вольфрама и молибдена в зависимости от температуры, P_H и активности сульфидной серы.
11. Для идеального твердого раствора рассчитать зависимость функций смешения от состава.
12. Провести оценку равновесных значений температуры и давления заданных минералов в горных породах, используя соответствующие диаграммы фазового

3. Оценочные средства по промежуточной и итоговой аттестации

Примерный перечень вопросов при промежуточной очной аттестации:

Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной очной аттестации:

1. Теплоемкость минералов. Зависимость от температуры.
2. Энтропия как мера неупорядоченности. Определение. 3-й закон термодинамики. Методы расчета абсолютной энтропии.
3. Энтальпия. Определение. Закон Гесса его применение. Закон Кирхгоффа. Методы определения энтальпий реакций.
4. Свободная энергия. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Энергия Гиббса как функция температуры и давления.
5. Условие термодинамического равновесия. Константа равновесия. Закон действующих масс.
6. Фазовые переходы в минералах. Переходы I и II рода.
7. Расчет полей устойчивости минералов. Равновесия окислительно-восстановительных реакций в гидротермальных условиях.
8. Термодинамические свойства минералов переменного состава.
9. Идеальные и регулярные твердые растворы.
10. Парциальные и интегральные функции твердых растворов минералов.
11. Избыточные функции минералов твердых растворов.
12. Общий принцип фазового соответствия.
13. Методы расчета функций смешения.
14. Коэффициент распределения. Диаграммы идеального и неидеального распределения.
15. Минералогические геотермометры и барометры.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основных законов термодинамики, определений и методов получения и расчета термодинамических констант минералов, диаграмм фазового соответствия	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, но имеются пробелы	Систематические знания в достаточном объеме
Умения: рассчитывать минеральные равновесия, анализировать влияние температуры давления, pH,	Умения отсутствуют	Демонстрирует умения только по отдельным пунктам	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	Успешное умение использовать физико-химические расчеты применительно к минеральным

активности серы, кислорода и т.д. на равновесия.				равновесиям
Владения: методами термодинамического анализа минеральных равновесий.	Навыки владения методами отсутствуют	Фрагментарное владение, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования методов термодинамического анализа равновесий.	Владение методами термодинамического анализа минеральных равновесий.

Автор (авторы) программы Огородова Л.П.