

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан геологического факультета,
академик

_____ /Д.Ю.Пушаровский/

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика грунтов

Автор-составитель: Королёв В.А.

Уровень высшего образования:

Магистратура (ИМ)

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Гидрогеология, инженерная геология, геоэкология

Магистерская программа

«Инженерная геология»

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2019.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Цель – изучение грунтов и их массивов методами термодинамики. Задача - научить студентов применять методы термодинамики для решения различных инженерно-геологических задач при исследовании грунтов.

Задачи: научить студентов применять методы термодинамики для решения различных инженерно-геологических задач при исследовании грунтов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплины по выбору, курс – 1, семестр – 2.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая геология»; «Инженерная геология, часть 1. Грунтоведение», «Инженерная геология, часть 2. Инженерная геодинамика»; «Гидрогеология», «Геокриология», «Механика грунтов», «Методология научных исследований в инженерной геологии».

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для дисциплины «Современные проблемы инженерной геологии» а также для научно-исследовательской, научно-учебной практик, может использоваться для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-2.М. Способность самостоятельно формулировать цели работы, устанавливать последовательность решения профессиональных задач.

ОПК-3.М. Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию.

ОПК-5.М. Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-6.М. Способность представлять, защищать, обсуждать и распространять результаты своей профессиональной деятельности.

ПК-4.М. Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии.

ПК-7.М. Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

основы термодинамики грунтов; методы термодинамики для изучения грунтов, их состава, свойств и состояния, а также различных процессов в них.

Уметь:

применять методы термодинамики к оценке и анализу состава, строения и состояния грунтов, их свойств, процессов энерго- и массообмена в них.

Владеть:

применением термодинамического аппарата к решению различных задач грунтоведения и инженерной геологии в целом; специальными прикладными программами по термодинамическим расчетам и методам термодинамического моделирования.

4. Формат обучения – лекционные, практические, семинарские занятия, а также самостоятельная работа. Также в распоряжении студентов видеокурсы всех лекций, записанные автором курса и представленные на образовательном сайте МГУ www.teach-in.ru (раздел «Геология»).

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **3 з.е. (108 часов)**, в том числе **39** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**13 часов** – занятия лекционного типа, **13 часов** – занятия семинарского типа, **13 часов** – практические занятия). **69** академических часов отведено на самостоятельную работу обучающихся, в том числе **10 часов** – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Форма промежуточной аттестации – зачет.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс нацелен на изучение грунтов и их массивов методами термодинамики. Задача курса научить студентов применять методы термодинамики для решения различных инженерно-геологических задач и при изучении грунтов. В ходе овладения курсом студенты выполняют термодинамические расчеты и компьютерное моделирование ряда процессов в грунтах на базе термодинамики.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия семинарского типа	Всего	
Введение		1	1	1	3	Выполнение и сдача задач, 12 часов
Методологические основы термодинамики грунтов		3	3	3	9	Выполнение и сдача задач, 12 часов
Термодинамика состава и структуры грунтов		3	3	3	9	Выполнение и сдача задач, 12 часов
Термодинамика процессов переноса в грунтах		3	3	3	9	Выполнение и сдача задач, 12 часов
Термодинамика физико-механических процессов в грунтах		3	3	3	9	Выполнение и сдача задач, консультации, 11 часов
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						10 часов
Итого	108	39				69

Содержание разделов дисциплины:

Введение Проблема энергетики процессов геологической среды. Грунты и их массивы как термодинамические системы.

История применения методов термодинамики в геологии. Современное состояние применения термодинамики в инженерной геологии: методы термодинамики в грунтоведении, технической мелиорации пород, механике грунтов, инженерной геодинамике, региональной инженерной геологии.

Объект и задача термодинамики грунтов. Методологические основы термодинамики грунтов. Роль и задачи термодинамики грунтов при решении инженерных и эколого-геологических проблем. Связь термодинамики грунтов с инженерно-геологическими дисциплинами, геохронологией, гидрогеологией, почвоведением, физической и коллоидной химией и т.д.

1. Методологические основы термодинамики грунтов

Основные понятия и определения. Термодинамическая система и геологическая среда. Виды инженерно-геологических термодинамических систем; изолированная, неизолированная, закрытая, открытая, однородная, гетерогенная. Фазы и компоненты систем.

Количественное содержание компонентов, примеры различных шкал компонентов. Обобщенные координаты и обобщенные потенциалы инженерно-геологических систем. Закон сохранения обобщенных координат.

Взаимодействие между объектами инженерно-геологических систем. Поля плотностей обобщенных потенциалов; однородное поле, неоднородное, стационарное, нестационарное. Движущие силы процессов. Понятие обобщенной работы. Виды работ в инженерно-геологических системах.

Законы термодинамики и их применение в инженерной геологии. Первый закон, термодинамики. Внутренняя энергия инженерно-геологической системы. Второй закон термодинамики. Понятие энтропии, направленность процессов в инженерно-геологической системе. Третий закон термодинамики.

Метод термодинамических потенциалов и его применение в инженерной геологии. Свободная энергия Гельмгольца, энтальпия, энергия Гиббса. Соотношения взаимности Максвелла. Условия равновесия инженерно-геологической системы.

Основы применения теории неравновесной термодинамики в инженерной геологии. Баланс обобщенных координат, их источники и стоки. Производство энтропии. Линейное соотношение потоков и сил. Соотношения взаимности Онзагера. Особенности применения термодинамики при изучении инженерно-геологических систем разных иерархических уровней.

2. Термодинамика состава и структуры грунтов

Термодинамика фазового и компонентного состава грунтов. Термодинамика твердых, жидких, газовых фаз. Треугольная диаграмма фазового состава грунта. Применение правила фаз Гиббса к грунтам; особенности фазовых составов основных типов грунтов. Термодинамические закономерности поверхностей раздела в грунтах.

Термодинамика воды в грунтах. Термодинамический потенциал воды в грунте. Методы его определения. Закономерности формирования потенциала влаги в грунтах. Термодинамика гидратации-дегидратации. Взаимосвязь фазового состава, структуры грунтов и содержания в них энергетических форм воды.

Термодинамика растворимости компонентов грунта, газов, твердых компонентов. Константа равновесия растворимости. Произведение растворимости. Математическое моделирование растворения в грунтах с помощью ЭВМ.

Термодинамика ионного обмена в грунтах. Константа обмена. Уравнения ионного обмена. Определение направленности реакций ионного обмена в грунте. Моделирование на основе термодинамики состава и массообмена компонентов грунта с помощью ЭВМ.

Структура грунта, как отражение термодинамических условий его образования. Термодинамика структурных связей. Влияние термодинамических факторов, на процессы структурообразования.

3. Термодинамика процессов переноса в грунтах

Теплоперенос в немерзлых грунтах. Калорические и теплофизические свойства грунтов. Температурные и тепловые поля немерзлых грунтов. Закономерности теплопереноса. Закон теплопроводности, краевые условия. Критерии подобия в теплопереносе. Моделирование теплообмена и методы расчёта основных параметров тепловых процессов в грунтах с помощью ЭВМ.

Термодинамика массопереноса в грунтах. Изотермический и неизотермический влагоперенос в ненасыщенных дисперсных грунтах. Коэффициенты влагопереноса, влагопроводности, паропроводности, диффузивности, термовлагопереноса и др. и методы их определения в грунтах. Термодинамика диффузии и осмоса в грунтах. Молекулярная термо- и бародиффузия солей. Эффективный коэффициент диффузии. Математическое моделирование диффузионного равновесия в грунтах.

Термодинамика электропроводности и электрокинетических процессов в грунтах. Взаимосвязь электрокинетических явлений и их характеристика на основе неравновесной термодинамики. Электрокинетические коэффициенты и методы их определения.

4. Термодинамика физико-механических процессов в грунтах

Термодинамика упругого и неупругого деформирования. Работа и мощность деформирования. Методы оценки энергетических параметров деформирования. Термодинамика одномерной сжимаемости грунтов. Термодинамика просадочности лессов.

Термодинамика реологических процессов в грунтах. Кинетические и термодинамические закономерности ползучести и релаксации. Влажно-температурно-временная аналогия. Термокинетические закономерности ползучести грунтов.

Термодинамика прочности и разрушения. Энергетические проблемы и теории прочности. Температурно-временная зависимость прочности. Критерии разрушения. Термодинамические критерии прочности и методы их определения в грунтах. Термокинетическая теория прочности грунтов. Прогноз прочности грунтов для различных термодинамических условий.

Содержание семинаров и практических занятий

На семинарах обсуждаются темы самостоятельных индивидуальных заданий и итоги их выполнения. На практических занятиях в дисплейном классе студенты выполняют расчетные задачи по термодинамике грунтов.

Практические занятия:

Задача 1. Расчет и компьютерное моделирование равновесий растворимости в грунтах.

Задача 2. Расчет и компьютерное моделирование ионного обмена в грунтах.

Задача 3. Расчет на компьютере коэффициентов диффузии ионов в грунтах.

Задача 4. Расчет и компьютерное моделирование диффузионного равновесия солей в ненасыщенных грунтах.

Задача 5. Компьютерное моделирование влагопереноса в ненасыщенных грунтах.

Задача 6. Расчет на компьютере параметров термовлагопереноса в грунтах.

Задача 7. Расчеты на компьютере термокинетических параметров прочности грунтов и прогноз длительной прочности.

Рекомендуемые образовательные технологии:

Освоение данного курса целесообразно проводить с использованием мультимедийных презентаций (для лекций), а также в форме выполнения еженедельных индивидуальных заданий. Самостоятельная подготовка студентов к выполнению заданий и итоговому зачету проводится с использованием рекомендуемой литературы и возможностей Интернета.

Рекомендуемые темы рефератов: конспект монографии по читаемому курсу

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных задач.

Перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

1. В чем состоит проблема оценки энергии геологических процессов?
2. Что такое термодинамическая система?
3. Какова история применения термодинамики в геологии? В инженерной геологии?
4. Что является объектом и предметом исследования термодинамики грунтов?
5. Охарактеризуйте виды термодинамических систем в инженерной геологии.
6. Как характеризуются фазы и компоненты систем?
7. Что такое обобщенные координаты?
8. Что такое обобщенные термодинамические потенциалы?
9. Как осуществляется термодинамическое взаимодействие между объектами термодинамических инженерно-геологических систем?
10. Каковы движущие силы процессов в грунтах?
11. Приведите понятие обобщенной работы в инженерно-геологической системе.
12. Каковы виды работ в инженерно-геологических системах?
13. Назовите первый закон термодинамики и охарактеризуйте его применение в инженерной геологии.
14. Назовите второй закон термодинамики и охарактеризуйте его применение в инженерной геологии.
15. В чем состоит метод термодинамических потенциалов?
16. Каково значение соотношений взаимности Максвелла?
17. Сформулируйте условия равновесия термодинамической инженерно-геологической системы.
18. В чем состоит идея применения теории неравновесной термодинамики в инженерной геологии?
19. В чем состоит баланс обобщенных координат, их источников и стоков?
20. Сформулируйте закон линейного соотношения потоков и сил.
21. Охарактеризуйте соотношения взаимности Онзагера.
22. Каковы особенности применения термодинамики при изучении инженерно-геологических систем разных иерархических уровней?
23. Каковы свойства треугольной диаграммы Гиббса применительно к анализу фазового состава грунта?
24. Каковы основные закономерности термодинамики воды в грунтах?
25. Что такое термодинамический потенциал воды в грунте?
26. Укажите основные закономерности термодинамики растворимости компонентов грунта, газов, твердых компонентов.
27. В чем состоит термодинамика ионного обмена в грунтах?
28. Каково влияние термодинамических факторов, на процессы структурообразования грунтов?
29. Охарактеризуйте закономерности теплопереноса в грунтах.
30. Каковы закономерности термодинамики диффузии и осмоса в грунтах?
31. Сформулируйте основные закономерности термодинамики упругого и неупругого деформирования.
32. В чем состоит термодинамика реологических процессов в грунтах?
33. В чем состоит термодинамика прочности и разрушения грунтов?
34. Каковы основные положения термокинетической теории прочности грунтов?

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Проблема оценки энергетики геологических процессов.
2. Понятие о термодинамической системе
3. История применения термодинамики в геологии и в инженерной геологии.
4. Объект и предмет исследования термодинамики грунтов.
5. Виды термодинамических систем в инженерной геологии.
6. Фазы и компоненты систем.
7. Понятие о обобщенных координатах.
8. Понятие о обобщенных термодинамических потенциалах.
9. Термодинамическое взаимодействие между объектами термодинамических инженерно-геологических систем.
10. Движущие силы процессов в грунтах.
11. Понятие обобщенной работы в инженерно-геологической системе.
12. Виды работ в инженерно-геологических системах.
13. Первый закон термодинамики и его применение в инженерной геологии.
14. Второй закон термодинамики и его применение в инженерной геологии.
15. Понятие о методе термодинамических потенциалов.
16. Значение соотношений взаимности Максвелла.
17. Условия равновесия термодинамической инженерно-геологической системы
18. Идея применения теории неравновесной термодинамики в инженерной геологии.
19. Понятие о балансе обобщенных координат, их источников и стоков.
20. Закон линейного соотношения потоков и сил.
21. Соотношения взаимности Онзагера.
22. Особенности применения термодинамики при изучении инженерно-геологических систем разных иерархических уровней.
23. Свойства треугольной диаграммы Гиббса применительно к анализу фазового состава грунта.
24. Основные закономерности термодинамики воды в грунтах.
25. Термодинамический потенциал воды в грунте.
26. Основные закономерности термодинамики растворимости компонентов грунта, газов, твердых компонентов.
27. Термодинамика ионного обмена в грунтах.
28. Влияние термодинамических факторов, на процессы структурообразования грунтов.
29. Закономерности теплопереноса в грунтах.
30. Закономерности термодинамики диффузии и осмоса в грунтах.
31. Основные закономерности термодинамики упругого и неупругого деформирования.
32. Термодинамика реологических процессов в грунтах.
33. Термодинамика прочности и разрушения грунтов.
34. Основные положения термокинетической теории прочности грунтов.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: основ термодинамики грунтов и методов термодинамики	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания или общие, но не структурированные знания, или систематические знания
Умения: применять методы	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает

термодинамики для анализа состава, строения и свойств грунтов, использовать термодинамические модели		неточности непринципиального характера, или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы, или успешное умение
Владения: методами термодинамики для анализа состава, строения и свойств грунтов.	Навыки владения методами отсутствуют	Фрагментарное владение методами, наличие отдельных навыков, или в целом сформированные навыки, или владение методами, использование их для анализа.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

основная литература:

Королёв В. А. Термодинамика грунтов / Учебник.–М.: ООО "Сам полиграфист" , 2016.– 258 с.

дополнительная литература:

Базаров И.П. Термодинамика. М.: Высш. шк. 1983. – 344 с.

Булатов Н.К., Лундин А.Б. Термодинамика необратимых физико-химических процессов. – М.: Химия, 1984. – 336 с.

Булах А.Г. Методы термодинамики в минералогии .– Л.: Недра, 1974.–184 с.

Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термодинамические процессы в горных породах. М.: Недра, 1983. – 312 с.

Б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Возможность выхода в Интернет для сбора соответствующей информации, программных средств для её обработки, поиска литературных источников и т.п.

Специальные авторские программы для компьютера по термодинамическим расчетам состава, состояния, свойств и процессов в грунтах (7 программ по числу задач, изложены в вышеприведенном учебнике). Для работы этих программ необходимы пользовательские программы Basic или TurboBasic.

В) **Материально-техническое обеспечение:** учебные аудитории для лекций и семинаров; мультимедийный проектор с компьютером; для проведения расчетов необходим компьютерный класс - компьютеры для каждого студента и набор авторских программ.

9. **Язык преподавания** – русский.

10. **Преподаватель** – Королев В.А.

11. **Автор программы** – Королев В.А.