

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

Математические методы в геокриологии

Авторы-составители: Пушкарев П.Ю., Кошурников А.В.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Гидрогеология, инженерная геология и геокриология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

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 года № 1674.

Год приема на обучение – 2019.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса «Математические методы в геокриологии» является освоение студентами основ математических методов описания физических полей, используемых при решении задач геокриологии.

Задачи: получение представлений об алгебре скалярных и векторных физических полей, их дифференцировании и интегрировании; анализ уравнений постоянных полей и структуры полей основных типов источников; изучение особенностей переменного физического поля на примере электромагнитного и тепловых полей; решение задач о плосковолновом поле в слоистой и в двухмерной среде с помощью аналитических и численных методов; освоение основ теории решения обратных задач.

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

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия

Знания в части общенаучной подготовки – на уровне требований Образовательного стандарта МГУ, направление «Геология», уровень бакалавриат.

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

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

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

ОПК-5.М. Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (формируется частично);

ПК-3.М. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично);

СПК-1.М. Способность использовать современные научные представления о закономерностях формирования и развития мерзлых толщ и криогенных геологических процессов; способность применять современные методики комплексного изучения криосферы Земли и других планет для решения научных и прикладных задач геокриологии (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: основные закономерности физических полей (потенциальных, электромагнитного, теплового), существующих в сплошной среде, свойства которой характеризуются усреднёнными параметрами;

Уметь: математически описывать физические поля простых возбудителей, а также выполнять математическое моделирование физических полей сложных возбудителей;

Владеть: базовыми навыками математического анализа, методами численного моделирования физических полей, основами теории обратных задач.

4. Формат обучения – лекционные занятия.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е. – 72 часа., в том числе лекции – 28 часов, самостоятельная работа студентов – 44 часа. Форма промежуточной аттестации – зачёт.

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 знакомит с основами математического описания физических полей, методами их вычисления и анализа, основными закономерностями пространственной и временной структуры. Рассматривается алгебра физических величин, дифференцирование и интегрирование физических полей. Исследуются уравнения постоянных полей, структура полей основных типов источников. Анализируются основные закономерности переменного поля. Методы аналитического и численного решения демонстрируются применительно к задачам о распространении плоскотоволнового электромагнитного поля и теплового поля в слоистой и в двухмерно-неоднородной среде. Курс читается для получения теоретических знаний, используемых в курсах геофизические методы исследования криолитозоны, геофизические методы исследования многолетнемерзлых пород, вероятностно-статистические методы в геокриологии, методы математической статистики в геокриологии, математическое моделирование теплового взаимодействия инженерных сооружений с мерзлыми породами.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Всего	Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы					
		Занятия лекционного типа	Занятия практического типа	Занятия семинарского типа			
1. Алгебра физических величин		3			3		
2. Дифференцирование физических полей		2			2		
3. Интегрирование физических полей		2			2		
4. Уравнения постоянного поля		3			3	Подготовка к контрольной работе, 10 часов	
5. Потенциалы постоянного поля, постоянные поля различных источников		3			3		
6. Постоянные электрическое и магнитное поля		3			3		
7. Переменное электромагнитное поле		3			3	Подготовка к контрольной работе, 10 часов	
8. Плоское поле в одномерной среде, аналитическое решение		3			3		
9. Плоское поле в двухмерной среде, метод конечных разностей		3			3		
10. Обратные задачи, теория регуляризации		3			3	Подготовка к контрольной работе, 10 часов	
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						14	
Итого	72				28	44	

Содержание разделов дисциплины:

1. Алгебра физических величин. Алгебра векторных величин. Линейная комбинация векторов. Скалярное произведение векторов. Векторное произведение векторов. Смешанное произведение векторов. Двойное векторное произведение. Матрицы, сложение и умножение. Переход от одного базиса к другому. Преобразование компонент вектора при смене базиса. Понятие тензора.

2. Дифференцирование физических полей. Градиент. Производная скалярного поля по направлению. Оператор Гамильтона. Дифференцирование векторного поля. Дивергенция и ротор. Первые производные скалярных и векторных полей. Вторые производные полей, лапласиан.

3. Интегрирование физических величин. Объёмные, поверхностные и криволинейные интегралы. Теорема Гаусса-Остроградского и её векторные формулировки. Теорема Стокса и её векторные формулировки.

4. Уравнения постоянного поля. Теоремы единственности определения скалярного и векторного поля. Скалярные возбудители поля. Векторные возбудители поля. Скалярное и векторное уравнения Пуассона. Функции Хэвисайда и Дирака. Функция Грина для уравнения Пуассона, решение уравнения Пуассона.

5. Потенциалы постоянного поля, постоянные поля различных источников. Скалярный потенциал безвихревого поля. Поле точечного источника. Поле дипольного источника. Поле линейного источника. Поле простого и двойного поверхностного источника. Поле простого и поляризованного объёмного источника. Векторный потенциал вихревого поля. Модели вихревого поля.

6. Постоянные электрическое и магнитное поле. Электрическое поле в опытах Кулона. Возбудители электростатического поля. Движение электрических зарядов. Закон сохранения заряда. Магнитное поле в опытах Кулона. Закон Био-Савара-Лапласа о магнитном поле тока. Закон Ампера о взаимодействии токов. Возбудители постоянного магнитного поля.

7. Переменное электромагнитное поле. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Система уравнений Максвелла в вакууме. ЭМ поле в проводящей среде. Уравнения ЭМ поля в присутствии сторонних возбудителей. Гармонические колебания ЭМ поля. Уравнения Максвелла для гармонического поля.

8. Плоское поле в одномерной среде, аналитическое решение. Телеграфные уравнения. Уравнения Гельмгольца. Плоское ЭМ поле в однородной среде. Плоское ЭМ поле в одномерной среде. Уравнение Фурье. Постановка задачи Стефана.

9. Плоское поле в двумерной среде, метод конечных разностей. Методы решения прямых задач электроразведки. Плоское ЭМ поле в двумерной среде, Е-поляризация и Н-поляризация ЭМ поля. Метод конечных разностей, постановка краевой задачи. Конечно-разностная аппроксимация краевой задачи. Решение системы линейных уравнений, контроль точности моделирования. Моделирование поля температур в двумерной среде.

10. Обратные задачи, теория регуляризации. Постановка прямых и обратных задач, три вопроса Адомара. Примеры формулировки прямых и обратных задач геофизики. Условно-корректная постановка обратных задач. Регуляризирующие операторы. Стабилизирующие

функционалы. Функционал Тихонова. Стабилизаторы, использующие априорную модель. Сглаживающие стабилизаторы. Стабилизатор с минимальным носителем градиента. Выбор оптимального параметра регуляризации.

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.

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

Примерный перечень контрольных вопросов при проведении контрольных работ и промежуточной аттестации (зачет):

1. Сложение векторов и умножение на скаляр. Ортонормированный базис.
2. Скалярное произведение векторов. Векторное произведение векторов.
3. Смешанное произведение векторов. Двойное векторное произведение.
4. Матрицы. Сложение и умножение матриц.
5. Переход от одного базиса к другому. Преобразование компонент вектора.
6. Градиент. Производная скалярного поля по направлению.
7. Оператор Гамильтона (оператор набла).
8. Дифференцирование векторного поля. Дивергенция и ротор.
9. Первые производные скалярных и векторных полей.
10. Вторые производные скалярных и векторных полей.
11. Объёмные, поверхностные и криволинейные интегралы.
12. Теорема Гаусса-Остроградского и её векторные формулировки.
13. Теорема Стокса и её векторные формулировки.
14. Теоремы единственности определения скалярного и векторного поля.
15. Скалярные возбудители поля.
16. Векторные возбудители поля.
17. Скалярные и векторные уравнения Пуассона.
18. Функции Хэвисайда и Дирака.
19. Функция Грина для уравнения Пуассона, решение уравнений Пуассона.
20. Скалярный потенциал безвихревого поля.
21. Векторный потенциал вихревого поля.
22. Поле точечного источника.
23. Поле дипольного источника.
24. Поле линейного источника.
25. Поле простого и двойного поверхностного источника.
26. Поле простого и поляризованного объёмного источника.
27. Электрическое поле в опытах Кулона.
28. Возбудители электростатического поля.
29. Движение электрических зарядов. Закон сохранения заряда.
30. Закон Био-Савара-Лапласа.
31. Возбудители постоянного магнитного поля.
32. Закон электромагнитной индукции Фарадея.
33. Ток смещения.
34. Система уравнений Максвелла в вакууме.
35. ЭМ поле в проводящей среде. Закон Ома.
36. Система уравнений Максвелла в однородной среде.
37. Гармонические колебания ЭМ поля.
38. Уравнения Максвелла для гармонического поля.
39. Разделение уравнений Максвелла. Телеграфные уравнения.
40. Уравнения Гельмгольца.

41. Плоское ЭМ поле в однородной среде.
42. Плоское ЭМ поле в одномерной среде (задача Тихонова-Каньяра).
43. Уравнение Фурье.
44. Постановка задачи Стефана.
45. Методы решения прямых задач.
46. Плоское ЭМ поле в двумерной среде.
47. Е-поляризация и Н-поляризация ЭМ поля.
48. Метод конечных разностей. Постановка краевой задачи.
49. Конечно-разностная аппроксимация краевой задачи.
50. Метод конечных разностей. Решение СЛАУ. Контроль точности моделирования.
51. Конечно-разностное моделирование поля температур в 2D среде.
52. Постановка прямых и обратных задач, три вопроса Адомара.
53. Примеры формулировки прямых и обратных задач геофизики.
54. Условно-корректная постановка обратных задач.
55. Регуляризирующие операторы. Стабилизирующие функционалы.
56. Функционал Тихонова. Стабилизаторы, использующие априорную модель.
57. Стабилизаторы сглаживающие и с минимальным носителем градиента.
58. Выбор оптимального параметра регуляризации.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: основных закономерностей физических полей (потенциальных, электромагнитного, теплового), существующих в сплошной среде, свойства которой характеризуются усреднёнными параметрами	Знания отсутствуют	Систематические или общие, но не структурированные знания
Умения: математически описывать физические поля простых возбудителей, а также выполнять математическое моделирование физических полей сложных возбудителей	Умения отсутствуют	Успешное умение или в целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности принципиального характера
Владения: базовыми навыками математического анализа, методами численного моделирования физических полей, основами теории обратных задач	Навыки владения отсутствуют	Владение базовыми навыками

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- Альпин Л.М., Даев Д.С., Каринский А.Д. Теория полей, применяемых в разведочной геофизике. М.: Недра, 1985.

- Тихонов А.Н., Дмитриев В.И., Гласко В.Б. Математические методы в разведке полезных ископаемых. М.: Знание, 1983. 64 с.

- дополнительная литература:

- Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, Т. 5, 1966, Т. 6, 1966.

- Жданов М.С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. М.: Научный мир, 2012. 680 с.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Пушкарев П.Ю.

11. Авторы программы – Пушкарев П.Ю., Кошурников А.В.