

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

Физика Земли

Автор-составитель: Захаров В.С.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые

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 №1674 от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2016.

© 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: получение студентами знания о физических процессах, протекающих в недрах нашей планеты, необходимых для успешной профессиональной деятельности специалистов.

Задачи: понимание теоретических основ современных представлений о физических процессах, протекающих в недрах Земли, ее строении, эволюции и методах изучения, овладение методами изучения истории формирования и эволюции Земли, внутреннего строения Земли и ее внешних полей; построения моделей Земли.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, общепрофессиональные дисциплины по выбору, курс – IV, семестр – 8.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин Высшая математика, Физика, Современное естествознание, Общая геология, Геотектоника, Геофизические методы исследования, Интерпретация геофизических материалов.

Дисциплина необходима для выполнения выпускных квалификационных работ.

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

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

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично),

ПК-2.Б Способность использовать знание теоретических основ фундаментальных геологических дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности (формируется частично),

СПК-1.Б Способность использовать специализированные знания в области региональной геологии, геотектоники и геодинамики, литологии и морской геологии, палеонтологии, геологии полезных ископаемых для решения научных и практических задач (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

знать: строение, состав, основные оболочки Земли; основы сейсмологии, гравитационное и магнитное поля Земли; реологические характеристики Земли; методы изучения внутреннего строения Земли и ее внешних полей; методы построения моделей Земли; историю развития и эволюцию Земли; физические характеристики и физические процессы в недрах Земли; их связь с геотектоникой и геодинамикой.

уметь: применять полученные теоретические знания в геологических исследованиях.

владеть: навыками геофизических исследований, навыками построения моделей Земли.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе 56 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (22 часа – занятия лекционного типа, 11 часов – занятия семинарского типа, 15 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 24 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Предметом физики Земли является описание физических процессов, протекающих в недрах нашей планеты, с целью объяснения современного строения и состояния Земли, ее формирования и эволюции. Физика Земли является теоретической основой для целого круга геолого-геофизических дисциплин. Рассматривается строение, состав, основные оболочки Земли; основы сейсмологии, гравитационное и магнитное поля Земли; реологические характеристики Земли; методы изучения внутреннего строения Земли и ее внешних полей; методы построения моделей Земли; историю развития и эволюцию Земли; физические характеристики и физические процессы в недрах Земли; их связь с геотектоникой и геодинамикой.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				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 лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение		1			1	
Раздел 2. Основы геохронологии		3		2	5	1 расчетно-графическая работа, 4 часа
Раздел 3. Гравитационное поле и фигура Земли		4		2	6	1 расчетно-графическая работа, 4 часа
Раздел 4. Основы сейсмологии		4		2	6	1 расчетно-графическая работа, 4 часа
Раздел 5. Модели Земли		2		1	3	1 расчетно-графическая работа, 4 часа
Раздел 6. Геотермия.		4		2	6	1 расчетно-графическая работа, 4 часа
Раздел 7. Магнитное поле и электропроводность Земли		2		1	3	1 расчетно-графическая работа, 4 часа
Раздел 8. Реология вещества Земли		2		1	3	
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						15**
Итого	72			33		39

Содержание разделов дисциплины:

Введение. Предмет физики Земли, ее место в области наук о Земле. Основные разделы физики Земли. Источники информации о внутреннем строении и физике Земли. Понятие о моделях Земли и методах их построения. История представлений об эволюции и строении Земли. Простейшие модели Земли.

Основы геохронологии. Понятие о геохронологии. Геохронология на основе радиоактивного распада. Общая теория. Рубидий-стронциевый, уран-свинцовый, торий-свинцовый, калий-аргоновый, аргон-аргоновый, самарий-ниодимовый, рений-осмиевый методы определения абсолютного возраста. Трековый метод датировок. Возраст Земли.

Гравитационное поле и фигура Земли. Гравитационное поле Земли, методы его изучения. Потенциал силы тяжести, нормальный потенциал. Фигура Земли, нормальная фигура Земли. Сфероид Клеро. Формула Клеро. Геоид. Момент инерции Земли. Гравитационные аномалии. Понятие изостазии, изостатические схемы. Изменение силы тяжести во времени.

Основы сейсмологии. Сейсмологические методы исследования глубоких недр Земли. Понятие сейсмического луча, законы отражения и преломления. Годограф, типы и особенности годографов. Методы обращения годографа. Метод Герглотца-Вихерта. Проблема обращения годографа при наличии волновода и для глубинного источника. Использование поверхностных волн для изучения строения Земли. Ход лучей в Земле, годографы для Земли. Сейсмологическая модель Земли по данным наблюдений за распространением объемных волн. Основные оболочки Земли. Сейсмичность Земли, ее особенности. Магнитуда и энергия землетрясения. Закон Гутенберга-Рихтера.

Модели Земли. Плотностные модели Земли, общий принцип их построения. Уравнение Адамса-Вильямсона, области его применимости. Методы построения распределения параметров в остальных зонах Земли. Модели Буллена. Подход Бёрча. Определение плотностей по методу отраженных волн. Собственные колебания Земли, их регистрация, свойства, значение для построения моделей Земли. Упругие постоянные, сила тяжести и давление в недрах Земли. Современные модели Земли. Понятие о сейсмической томографии, сейсмотомографические модели. Природа основных границ в Земле.

Геотермия. Предмет геотермии. Распределение температуры в верхних частях Земли: тепловой поток, оценка распределения температуры методом реперных точек. Температура в литосфере с учетом радиоактивных источников тепла. Расчет континентальных и океанических геотерм. Температура в нижней мантии и ядре Земли: адиабатический градиент, кривая плавления. Источники тепловой энергии Земли. Энергетический баланс Земли. Термическая история Земли, модели "горячего" и "холодного" происхождения Земли.

Магнитное поле и электропроводность Земли. Элементы магнитного поля Земли. Напряженность поля и магнитная индукция. Методы измерения магнитного поля. Главное геомагнитное поле, аномальное поле. Дипольное поле, положение современного диполя, недипольное поле. Вариации геомагнитного поля. Электропроводность Земли, методы ее измерения, электропроводность различных оболочек. Теория происхождения магнитного поля Земли. Палеомагнетитология: методы изучения, естественная остаточная намагниченность, виртуальные полюсы, инверсии магнитного поля и палеомагнитная шкала. Палеомагнитные реконструкции.

Реология вещества Земли. Понятие о реологии. Значение реологии для физики Земли и геодинамики. Напряжения и деформации. Прочность, ползучесть, разрушение. Реологические модели. Оценка вязкости астеносферы по послеледниковому поднятию. Распространение упругих волн. Описание затухания сейсмических волн в Земле, оценки эффективной вязкости. Механизмы вязкости твердых тел. Вязкость различных оболочек Земли (основные результаты). Конвекция в мантии Земли и тектоника литосферных плит.

Содержание семинаров.

Основы геохронологии. Определение абсолютного возраста на основании метода изохрон.

Гравитационное поле и фигура Земли. Расчет степени изостатической компенсации на основании различных изостатических схем.

Основы сейсмологии. Построение сейсмических лучей и годографов для типичных случаев изменения скорости сейсмических волн с глубиной. Построение сейсмических лучей в Земле и годографы для Земли.

Модели Земли. Построение простейших плотностных моделей Земли.

Геотермия. Построение континентальных и океанических геотерм.

Магнитное поле и электропроводность Земли. Определение координат виртуального полюса.

Реология вещества Земли. Методы определения вязкости астеносферы.

Рекомендуемые образовательные технологии

Во время аудиторных занятий проводятся лекции с использованием ПК и компьютерного проектора. Все презентации доступны на страничке курса на сайте геологического факультета. Для закрепления знаний студентов по всем разделам курса проводятся семинарские занятия, целью которых является формирование навыков геофизических исследований и построения моделей Земли. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь при выполнении расчетных работ) и индивидуальную работу студента. Результаты выполнения заданий по основным разделам дисциплины служат для текущей и промежуточной аттестации студентов.

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.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра даются расчетно-графические задания .

Примерные темы расчетно-графических заданий:

1. Расчет основных глобальных характеристик Земли (масса, момент инерции и т.п.)
2. Определение абсолютного возраста по изохронам.
3. Решение задач на изостазию и степень компенсации.
4. Построение ход сейсмических лучей и годографов для Земли.
5. Расчет параметров для различных плотностных моделей Земли.
6. Расчет континентальных геотерм Земли на основе решения стационарного уравнения теплопроводности.
7. Определение палеошироты по палеомагнитным замерам.
8. Оценка вязкости верхней мантии по постледниковому поднятию.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной очной аттестации:

1. Понятие о геохронологии. Относительная и абсолютная геохронология.
2. Геохронология на основе радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада.
3. Типы радиоактивного распада.
4. Формула для определения возраста. Определение возраста в случае серии распадов.

5. Рубидий-стронциевый метод определения абсолютного возраста. Изохрона.
6. Уран-свинцовый метод определения абсолютного возраста. Изохрона и конкордия.
7. Торий-свинцовый метод определения абсолютного возраста. Изохрона.
8. Трековый метод датировок.
9. Гравитация и сила тяжести. Связь силы тяжести, вращения и фигуры Земли.
10. Методы измерения силы тяжести.
11. Лунные и солнечные приливы.
12. Прецессия и нутации земной оси.
13. Чандлеровское колебание полюса.
14. Изменение скорости вращения Земли во времени.
15. Потенциал силы тяжести. Потенциал тяжести сфероидальной Земли.
16. Разложение потенциала силы тяжести, полученного по эмпирическим данным (ИСЗ).
17. Нормальный и аномальный потенциал силы тяжести.
18. Понятие о фигуре Земли. Геоид. Референц-эллипсоид.
19. Понятие о фигуре Земли. Нормальная фигура Земли (сфероид).
20. Сфероид Клеро. Сила тяжести на сфероиде Клеро. Нормальное поле тяжести
21. Степень соответствия фигуры Земли фигуре равновесия вращающейся жидкости.
22. Гравитационные аномалии в свободном воздухе.
23. Гравитационные аномалии Буге.
24. Понятие изостазии, изостатические схемы.
25. Изостатические аномалии. Соотношение гравитационных аномалий и степени компенсации.
26. Изменение силы тяжести во времени, его причины.
27. Сейсмические волны, их роль в изучении строения Земли. Регистрация сейсмических волн.
28. Типы сейсмических волн. Формулы для скорости сейсмических волн.
29. Определение координат землетрясения. Особенности пространственного распределения очагов.
30. Характеристики силы землетрясений (баллы, магнитуда, энергетический класс, момент).
31. Магнитуда и энергия землетрясения. Закон Гутенберга-Рихтера.
32. Понятие сейсмического луча. Уравнение сейсмического луча.
33. Законы преломления и отражения сейсмических лучей. Закон Снеллиуса.
34. Сейсмический луч в сферической Земле. Кривизна луча.
35. Понятие годографа. Уравнение годографа.
36. Формула Бендорфа.
37. Основные типы и особенности годографов рефрагированной волны.
38. Годограф для отраженной волны. Обменные волны.
39. Обращение годографа. Метод Герглотца-Вихерта.
40. Проблемы обращения годографа в случае волновода и для глубинного источника. Использование поверхностных волн.
41. Ход сейсмических лучей в Земле (глобально), годографы для всей Земли.
42. Основные оболочки Земли (кора, верхняя и нижняя мантия, внутреннее и внешнее ядро), их свойства по сейсмическим данным.
43. Плотностные модели Земли, общий принцип их построения.
44. Уравнение Адамса-Вильямсона, области его применимости.
45. Модели Буллена для Земли.
46. Закон Бёрча, его применение для построения плотностных моделей Земли.
47. Определение плотностей слоев Земли по методу отраженных волн.
48. Собственные колебания Земли (типы, моды).

49. Регистрация собственных колебаний Земли. Применение собственных колебаний для построения моделей Земли.
50. Современные радиальные модели Земли, их сходства и различия.
51. Сейсмическая томография (понятие, принципы, основные результаты).
52. Природа основных оболочек и границ в Земле (граница коры и мантии, переходная зона в мантии, слой D'', граница ядра и мантии).
53. Механизмы теплопередачи. Закон Фурье.
54. Тепловой поток на поверхности Земли, методы его измерения, основные результаты.
55. Оценка распределения температуры в коре и верхней мантии методом реперных точек.
56. Уравнение теплопроводности с учетом данных о радиоактивных источниках тепла.
57. Континентальные геотермы, метод их построения.
58. Океанические геотермы, метод их построения.
59. Температура в нижней мантии и ядре Земли: адиабатический градиент, кривая плавления.
60. Глобальная геотерма для Земли (модель, ограничения, неопределенности).
61. Гипотезы происхождения Земли.
62. Термическая история Земли.
63. Источники тепловой энергии Земли.
64. Роль реологии в физике Земли и геодинамике. Обобщенная кривая деформаций.
65. Тип реологического поведения материала. Зависимость поведения от условий нагружения.
66. Линейные реологические тела (Гука, Ньютона).
67. Реологическая модель тела Кельвина.
68. Реологическая модель тела Максвелла.
69. Механизмы упругости и вязкости твердых тел.
70. Оценка вязкости астеносферы по послеледниковому поднятию.
71. Реология литосферы. Кривая прочности литосферы.
72. Реология мантии и ядра Земли.
73. Эксперименты по Бенара конвекции в слое вязкой жидкости. Схема конвекции.
74. Влияние фазовых переходов в мантии на конвекцию.
75. Модели общемантийной и двухслойной конвекции.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знание строения, состава, основных оболочек Земли; основ сейсмологии, гравитационного и магнитного поля Земли; реологических характеристик Земли; методов изучения внутреннего строения Земли и ее внешних полей; методов построения моделей Земли; истории развития и эволюцию Земли;	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

физические характеристики и физические процессы в недрах Земли; их связь с геотектоникой и геодинамикой.				
Умения: применять полученные теоретические знания в геологических исследованиях.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности неприципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в применении.	Успешное умение использовать теоретические знания в геологических исследованиях.
Владения: навыками геофизических исследований и построения моделей Земли.	Навыки геофизических исследований, и построения моделей Земли отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки геофизических исследований и построения моделей Земли	Владение навыками геофизических исследований и построения моделей Земли.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Жарков В.Н. Физика земных недр. М.: Наука и образование, 2012. 384 с.
2. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука и образование, 2013. 413 с.
3. Захаров В.С., Смирнов В.Б. Строение и физика Земли. Вводный курс. Долгопрудный: Интеллект, 2018. 224 с.
4. Захаров В.С., Смирнов В.Б. Физика земли: учебник. М.: ИНФРА-М, 2016. 328 с.

- дополнительная литература:

1. Болт Б. В глубинах Земли. О чем рассказывают землетрясения. М.: Мир, 1984. 374 с.
2. Ботт М. Внутреннее строение Земли. М.: Мир, 1974. 374 с.
3. Браун Д., Массет А. Недоступная Земля. М.: Мир, 1984. 262 с.
4. Буллен К.Е. Плотность Земли. М.: Мир, 1978. 444 с.
5. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416 стр.
6. Захаров В.С., Смирнов В.Б. Лекции по физике Земли. Учебное пособие. М.: ИПЦ „Маска“. 2010. 264 с.
7. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. М.: Недра, 1965. 380 с.
8. Общая геофизика. /Ред. В.А.Магницкий. М.: МГУ, 1995. 317 с.
9. Стейси Ф. Физика Земли. М.: Мир, 1972. 344 с.
10. Anderson D.L. New Theory of the Earth. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 384 p.
11. Fowler C.M.R. The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 685 p.

12. Lowrie W. Fundamentals of Geophysics. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 348 p.
13. Stacey F.D., Davis P.M. Physics of the Earth. Cambridge: Cambridge University Press. 2008. 512 p.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения: пакет программ Microsoft Office PowerPoint

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Геофизический центр РАН. <http://www.gcras.ru/>
2. Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. <http://www.kscnet.ru/ivs/>.
3. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН. <http://www.izmiran.rssi.ru/>.
4. Институт Физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН. <http://ifz.ru>.
5. American Geophysical Union. www.agu.org.
6. Computational Infrastructure for Geodynamics (CIG) <https://geodynamics.org/>.
7. U.S. Geological Survey www.usgs.gov.
8. Japan Meteorological Agency. <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>.
9. Пантелеев В.Л.. Физика Земли и планет. Курс лекций. // Сайт «Всё о геологии» <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1161600>.
10. WebGeology. Демонстрации. <http://www.ig.uit.no/webgeology/>
11. Global Earth Physics: a handbook of Physical Constants. / Thomas J. Ahrens, editor. Washington, AGU. 1995. <https://searchworks.stanford.edu/view/2991240>.

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

Д) Материально-технического обеспечение: мультимедийный проектор, компьютер, экран.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Захаров В.С.

11. Автор программы – Захаров В.С.