

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЗЕМЛИ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
МГУ  
\_\_\_\_\_ / Н.Н. Сысоев /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:**

ГЕОФИЗИКА И ФИЗИКА ПЛАНЕТ

---

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки:**

03.05.01 Астрономия

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Общая специальность

---

Квалификация «Специалист»

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 20\_\_

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. Д.ф.-м.н., доцент Смирнов Владимир Борисович, кафедра физики Земли физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., доцент Смирнов Владимир Борисович

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Геофизика и физика планет»**

Цель курса – ознакомление с историей, основными разделами, проблемами и достижениями геофизики в области физики Земли и других планет. Освоение дисциплины позволяет ориентироваться в основных научных направлениях геофизики, знать основную научную проблематику геофизики, уметь объяснять физику основных процессов, развивающихся в недрах Земли и планет, владеть основами современных геофизических методов в области физики Земли и планет.

### **Разделы рабочей программы**

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Геофизика и физика планет» реализуется на 3-м курсе в 6-ом семестре и является составной частью модуля «Астрономия» профессионального блока базовой части.

## 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Знание основных разделов общей физики и математики; умение применять физические законы для решения типовых задач; владение навыком работы с учебной и научной литературой.

## 3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	<p><b>З-1 Знать:</b> фундаментальные законы геофизики и физики планет и их взаимосвязь</p> <p><b>З-2 Знать:</b> основные понятия математической обработки эксперимента геофизики и физики планет</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> строить теоретические модели геофизики и физики планет, используя критический анализ данных</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> планировать и проводить экспериментальные исследования в области геофизики и физики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> математическим аппаратом, применяемым в геофизике и физике планет</p> <p><b>В-2 Владеть:</b> методами теоретического исследования явлений и процессов в геофизике и физике планет</p>
ОПК-1.Б	<p><b>З-1 Знать:</b> основные математические методы, используемые при решении задач геофизики и физики планет</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> решать типовые задачи геофизики и физики планет</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> строить математические модели явлений и процессов геофизики и физики планет</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов</p>

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

*Тема 1. Предмет и аппарат геофизики*

Предмет физики Земли. Основные разделы физики Земли и их место в геофизике и физике планет. Аппарат механики сплошной среды в задачах физики Земли.

*Тема 2. Сейсмология как инструмент исследования строения Земли и планет.*

Сейсмические волны. Сейсмические лучи и их свойства. Годографы сейсмических волн. Прямая и обратная кинематическая задача сейсмологии. Собственные колебания Земли (СКЗ). Действующие силы, уравнения движения. Формы и свойства СКЗ. Методы наблюдения СКЗ. Использование СКЗ для изучения строения Земли.

*Тема 3. Строение Земли по сейсмическим данным.*

Земная кора. Мантия Земли и особенности ее строения. Внешнее ядро Земли. Внутреннее ядро Земли.

*Тема 4. Неупругость Земли.*

Вязкость кристаллов. Диффузионная и дислокационная ползучесть. Эмпирическая и теоретическая оценки вязкости астеносферы. Распределение вязкости в Земле.

*Тема 5. Гравитационное поле и фигура Земли.*

Гравитационный потенциал. Сферические функции. Разложение потенциала силы тяжести. Нормальный потенциал. Эквипотенциальная поверхность и геоид. Нормальная фигура Земли. Фигура равновесия вращающейся жидкости. Гидростатичность Земли. Изостазия.

*Тема 6. Плотность и механические модели Земли.*

Проблема построения моделей Земли. Теоретические модели. Уравнение Адамса-Вильямсона и его применимость в Земле и планетах. Эмпирические модели. Современные модели Земли.

*Тема 7. Геотермия.*

Тепловой поток. Распределение температур в коре и верхней мантии Земли. Области твердотельных фазовых переходов. Пределы температур в нижней мантии и ядре Земли. Проблема конвекции в Земле. Источники тепловой энергии Земли и планет. Проблема термической истории Земли.

*Тема 8. Магнитное поле Земли.*

Магнитосфера Земли. Главное магнитное поле. Аномальное магнитное поле. Палеомагнетизм и магнитохронологическая шкала.

*Тема 9. Физическая природа границ и аномальных зон в Земле.*

Граница Мохоровичича. Астеносфера. «20-градусная граница». Граница ядро-мантия. Граница между внешним и внутренним ядром.

## **7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Геофизика и физика планет	2	72	34	34	0	38

**8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Изучение курса «Механика» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Предмет и аппарат геофизики	6	2	-	-	4	Устный и письменный опросы
2	Сейсмология как инструмент исследования строения Земли и планет	10	6	-	-	4	
3	Строение Земли по сейсмическим данным	4	2	-	-	2	
4	Неупругость Земли	8	4	-	-	4	
5	Гравитационное поле и фигура Земли	8	4	-	-	4	
6	Плотность и механические модели Земли	6	4	-	-	2	
7	Геотермия	10	6	-	-	4	
8	Магнитное поле Земли	8	4	-	-	4	

9	<b>Физическая природа границ и аномальных зон в Земле</b>	6	2	-	-	4	
	Промежуточная аттестация	6				6	Устный экзамен
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>34</b>	-	-	<b>38</b>	

## 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Геофизика и физика планет» осуществляется на лекциях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Геофизика и физика планет» проводится в форме устного экзамена.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

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

### Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
Устный тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Письменный опрос	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы вопросов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
Устный экзамен	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности, получить экспертную оценку знаний, умений и навыков	Перечень вопросов к экзамену

## 11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
ЗНАТЬ: фундаментальные законы геофизики и физики планет и их взаимосвязь УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов геофизики и физики планет и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов геофизики и физики планет и их взаимосвязей	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов геофизики и физики планет и их взаимосвязей	Успешные и систематические знания фундаментальных законов геофизики и физики планет и их взаимосвязей
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки эксперимента геофизики и физики планет УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки эксперимента геофизики и физики планет	В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента геофизики и физики планет	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математической обработки эксперимента геофизики и физики планет	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента геофизики и физики планет
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении задач геофизики и физики планет ОПК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении задач геофизики и физики планет	В целом успешное, но не систематическое применение основных математических методов, при решении задач геофизики и физики планет	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знание основных математических методов, при решении задач геофизики и физики планет	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении задач геофизики и физики планет
УМЕТЬ: строить теоретические модели геофизики и	Отсутствие умения строить теоретические модели геофизики и	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешно, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели

физики планет, используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	физики планет, используя критически анализ данных	строить теоретические модели геофизики и физики планет, используя критически анализ данных	пробелы умение строить теоретические модели геофизики и физики планет, используя критически анализ данных	геофизики и физики планет, используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области геофизики и физики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области геофизики и физики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области геофизики и физики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области геофизики и физики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области геофизики и физики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента
УМЕТЬ: решать типовые задачи геофизики и физики планет ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи	В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые задачи	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи
УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов геофизики и физики планет ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели физических явлений и процессов	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели физических явлений и	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели физических	Успешное и систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов

		процессов	явлений и процессов	
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым в геофизике и физике планет УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в геофизике и физике планет	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, применяемым в геофизике и физике планет	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владения математическим аппаратом, применяемым в геофизике и физике планет	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, применяемым в геофизике и физике планет
ВЛАДЕТЬ: методами теоретического исследования явлений и процессов в геофизике и физике планет УК-1.Б В-2	Отсутствие/фрагментарное владение методами теоретического исследования явлений и процессов в геофизике и физике планет	В целом успешное, но не систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в геофизике и физике планет	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владения методами теоретического исследования явлений и процессов в геофизике и физике планет	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в геофизике и физике планет
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владения навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	Успешное и систематическое владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов

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

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

Образцы вопросов:  
Вариант №1.

1. Какие типы упругих волн Вы знаете? Каковы их скорости и поляризация?
2. Как узнать сейсмический скоростной разрез по наблюдениям на поверхности планеты?
3. Какие силы определяют собственные колебания Земли?
4. Назовите основные оболочки внутреннего строения Земли.
5. Что такое нормальный потенциал силы тяжести?

Вариант №2.

1. От чего зависит форма сейсмических лучей?
2. Что такое годограф? Как он выглядит?
3. Какие бывают формы собственных колебаний Земли?
4. Что такое земная кора? Чем океаническая кора отличается от континентальной?
5. Что такое фигура Земли, какова нормальная фигура Земли?

**13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

Перечень вопросов к экзамену.

1. Сейсмические волны, сейсмические лучи, годограф.
2. Сейсмические волны – инструмент для исследования внутреннего строения планеты.
3. Собственные колебания - инструмент для исследования внутреннего строения планеты.
4. Строение Земли по сейсмическим данным – основные оболочки и особенности сейсмического разреза.
5. Неупругость Земли. Диффузионная ползучесть.
6. Оценка вязкости астеносферы. Распределение вязкости в Земле.
7. Гравитационный потенциал и потенциал силы тяжести. Сферические гармоники.
8. Разложение потенциала силы тяжести Земли по сферическим гармоникам. Нормальный потенциал, нормальное ускорение силы тяжести.
9. Геоид и нормальная фигура Земли.
10. Фигура равновесия вращающейся жидкости. Соответствие Земли состоянию гидростатического равновесия.
11. Изостазия.
12. Уравнение Адамса-Вильямсона. Модели Земли: распределение плотности, ускорения силы тяжести, давления, упругих модулей.
13. Тепловой поток на поверхности Земли. Распределение температур в коре и верхней мантии.
14. Адиабатическая температура и температура плавления в мантии Земли.
15. Температура в ядре Земли.
16. Источники тепловой энергии Земли.
17. Проблема термической истории Земли.
18. Природа основных границ в Земле.
19. Магнитосфера Земли. Элементы магнитного поля Земли. Магнитные полюса. Единицы и методы измерения. Представление МП Земли (карты).
20. Составляющие магнитного поля Земли. Главное магнитное поле. Наклоненный эксцентрический диполь. Недипольное поле.
21. Аномальное магнитное поле. Суточные и вековые вариации магнитного поля. Литосферные аномалии. Палеомагнетизм. Магнитостратиграфическая шкала.

#### **14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

##### Основная литература.

1. Захаров В.С., Смирнов В.Б. Физика Земли. М. 2016. 327 с.
2. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. - М.: Наука и образование, 2013. 413 с. (Предыдущие издания: 1978, 1983).
3. Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика Земли. -М.: Недра, 1965. -379с. или М., Наука, 2006 или М., Физ. ф-т МГУ, 2006.
4. Общая геофизика (под ред. В. А. Магницкого). М.: МГУ, 1995. 317 с. / Часть 1 – Физика твердой Земли.
5. Стейси Ф. Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с. (перевод 1-го издания)
6. Яновский Б.М. Земной магнетизм. ЛГУ, 1978
7. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М., Мир, 1986

##### Дополнительная литература.

1. Жарков В.Н. Физика Земных недр. "Наука и образование". 2012. 384.
2. Stacey F.D, Devis P.M. Physics of the Earth. Cambridg Univ. Press. 2008. (Четвертое издание)
3. Treatise on geophysics / G. Schubert – ed. Elsevier, 2009. 5602 p.
4. Encyclopedia of Solid Earth Geophysics / H.Gupta – ed. Springer, 2011. 1539 p.

##### Интернет-ресурсы.

1. <http://atlas.geo.cornell.edu/>
2. <https://saviot.cnrs.fr/terre/index.en.html>
3. <http://icgem.gfz-potsdam.de/vis3d/longtime>.
4. [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2003/scpub-3.htm#begin](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/scpub-3.htm#begin)
5. [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2003/scpub-3.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/scpub-3.pdf)

#### **Материально-техническое обеспечение**

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.