

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ И ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ**

УТВЕРЖДАЮ

_____ / _____ /

«___» _____ 20 ___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

ГЕОФИЗИКА И ФИЗИКА ПЛАНЕТ

Уровень высшего образования:
Специалитет

Специальность:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Общая специальность

Форма обучения:
Очная

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», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1381.

Год (годы) приема на обучение_____

Автор-составитель:

1. Д.ф.-м.н. Бусарев Владимир Васильевич, кафедра астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ
2. Д.ф.-м.н., доцент, Смирнов Владимир Борисович, кафедра физики Земли физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор, член-корр. РАН Постнов Константин Александрович, заведующий кафедрой астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Геофизика и физика планет»

Дисциплина «Геофизика и физика планет» является частью модуля «Астрономия» профессионального блока базовой части. На лекциях студенты знакомятся с основными физическими явлениями и закономерностями, характерными для геофизики и физики планет, с гипотезами и/или моделями происхождения и эволюции планет. Последовательно рассматриваются основные физические характеристики отдельных планет и их спутников в зависимости от гелиоцентрического расстояния. Проводится сравнение космогонии Солнечной системы и особенностей некоторых обнаруженных экзопланетных систем. Значительное внимание уделяется дистанционным наземным и космическим методам изучения атмосфер, поверхностей и недр планет, а также данным, полученным об этих небесных телах при выполнении наиболее успешных космических миссий. Для лучшего усвоения текущего учебного материала в конце каждой лекции проводятся краткие обсуждения наиболее важных и интересных затронутых проблем.

Вторая часть дисциплины «Геофизика и физика планет» посвящена ознакомлению 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.

Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 и 6 семестрах и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет: 4 зачетных единицы, в том числе: 70 часов контактной работы и 74 часов самостоятельной.

Аттестация по дисциплине (модулю) – зачет в 5 семестре и экзамен в 6 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

(относится к базовой или вариативной части, является обязательной для освоения или дисциплиной по выбору, является факультативом)

Пример.

Дисциплина «Механика» входит в модуль «Общая физика» блока «Профессиональный» базовой части и является обязательной для освоения обучающимися.

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.

(указать, если требуются, в следующей последовательности: входная компетенция или входные результаты обучения или перечень освоенных ранее дисциплин (модулей), практик)

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
		<p>Знать: фундаментальные законы движения планет и их связь с законом всемирного тяготения; основные физические параметры планет; основные математические методы, используемые при решении астрономических и физических задач и методы обработки астрономических наблюдательных данных; фундаментальные законы геофизики.</p> <p>Уметь: строить теоретические модели геофизики и астрофизики, используя критический анализ астрономических наблюдательных данных; планировать и проводить экспериментальные модельные исследования в области геофизики и астрофизики планет, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента; решать типовые астрономические задачи; строить математические модели явлений и процессов геофизики и астрофизики планет;</p>

	Владеть/Иметь опыт: математическим аппаратом, применяемым при обработке наблюдательных данных; методами моделирования явлений и процессов в геофизике и астрофизике планет; навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов.
--	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 з.е., в том числе: 70 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 74 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя:

занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся), и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);...

В конце данного пункта следует отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всег (ак.ч.)	В том числе						Форма текущего контроля успеваемости, наименование				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы ¹				Всего	Самостоятельная работа обучающегося, академические часы					
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа									
			Семинары	Лабораторные занятия*	Практические занятия*							
Тема 1. Предмет геофизики и физики планет. Определение понятия «планета». Планеты, карликовые планеты и их спутники. Законы движения планет (законы Кеплера) и их связь с законом всемирного тяготения. Основные сведения о строении Солнечной системы. Общепринятая космогоническая модель формирования Солнечной системы.	6	3					3	Опрос				

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

Тема 2. Основные астрофизические параметры планет. Геометрическое и сферическое альбедо. Фотометрическая функция. Спектр отражения безатмосферной планеты и его связь с химико-минералогическим составом твердого вещества. Фотометрия и поляриметрия планет.	6	3					3	Опрос
Тема 3. Планета Меркурий. Основные параметры Меркурия и их физический смысл. Свойства поверхности. Магнитное поле. Модель внутреннего строения. Модели происхождения и динамической эволюции. Космические исследования.	4	2					2	Опрос
Тема 4. Планета Венера. Основные параметры Венеры. Свойства поверхности. Химический состав, физические свойства и строение атмосферы. Вероятные причины отсутствия магнитного поля. Космические исследования.	6	3					3	Опрос
Тема 5. Земля и Луна. Основные параметры Земли и Луны. Свойства поверхности, атмосферы и	8	4					4	Опрос

<p>магнитного поля Земли. Химическая эволюция земной атмосферы. Модели внутреннего строения, происхождения и эволюции Земли и Луны. Вероятные условия для возникновения жизни на Земле. Особенности поверхности Луны. Космические исследования Луны и будущие проекты по ее освоению.</p>							
<p>Тема 6. Марс и его спутники. Основные параметры Марса и его спутников. Характерные свойства поверхности и атмосферы Марса. Сезонные изменения в атмосфере и на поверхности. Вероятная эволюция марсианской атмосферы. Модель внутреннего строения и возможные причины отсутствия магнитного поля. Вероятное происхождение Марса и его спутников. Космические исследования.</p>	6	3				3	Опрос
<p>Тема 7. Астероиды Главного пояса и сближающиеся с Землей. Кометы. Основные параметры и свойства малых тел. Спектральная классификация астероидов. Метеориты как вероятные</p>	4	2				2	Контрольная работа

<p>фрагменты астероидов. Возможное происхождение астероидов разных таксономических типов. Космогоническое значение изучения астероидов и комет. Астероиды, сближающиеся с Землей. Астероидно-кометная опасность. Роль астероидов и комет в создании условий для возникновения жизни на Земле.</p>			
<p>Тема 8. Юпитер и его спутники. Основные параметры Юпитера и его спутников. Химический состав, строение и динамика атмосферы Юпитера. Модели внутреннего строения Юпитера; вероятные механизмы возникновения разных составляющих его магнитного поля. Модели формирования Юпитера и его спутников. Галилеевы спутники Юпитера; стационарные и нестационарные спутники. Троянцы.</p>	8	4	4
<p>Тема 9. Сатурн и его спутники. Основные параметры Сатурна и его спутников. Химический состав, строение и динамика</p>	8	4	4

<p>атмосферы Сатурна; необычные образования в атмосфере. Модели внутреннего строения Сатурна; вероятные механизмы возникновения сложной структуры его магнитного поля. Стационарные и нестационарные спутники. Самый крупный спутник Сатурна Титан; его атмосфера и поверхность. Кольцевая система и ее связь с ближайшими спутниками Сатурна.</p>		
<p>Тема 10. Уран, Нептун и их спутники. Уран и Нептун, их основные параметры. Химический состав, структура и динамика атмосфер Урана и Нептуна. Сходства и различия моделей внутреннего строения Урана и Нептуна; механизмы возникновения магнитных полей. Спутниковая система Урана. Спутниковая система Нептуна. Кольцевые системы Урана и Нептуна.</p>	6	3
<p>Тема 11. Плутон и транснептуновые тела. Плутон и его спутники. Другие транснептуновые карликовые планеты (Хаумея, Макемаке, Эрида,</p>	4	2

Седна): особенности их параметров, состава вещества и предполагаемого внутреннего строения.								
Тема 12. Экзопланеты и экзопланетные системы. Основные методы обнаружения экзопланет. Число известных экзопланет и некоторые их свойства. Оценка общего количества экзопланет в Галактике. Сходства и различия Солнечной и экзопланетных систем.	6	3					3	Опрос
Промежуточная аттестация - <u>зачет</u> (указывается форма проведения)	2						2	зачет
Тема 13. Предмет и аппарат геофизики	6	2					4	
Тема 14. Сейсмология как инструмент исследования строения Земли и планет	10	6					4	
Тема 15. Строение Земли по сейсмическим данным	4	2					2	
Тема 16. Неупругость Земли	8	4					4	
Тема 17. Гравитационное поле и фигура Земли	8	4					4	
Тема 18. Плотность и механические модели Земли	6	4					2	
Тема 19. Геотермия	10	6					4	

Тема 20. Магнитное поле Земли	8	4					4	
Тема 21. Физическая природа границ и аномальных зон в Земле²	6	2					4	Контрольная работа
Промежуточная аттестация - экзамен <i>(указывается форма проведения)</i>	4						4²	
Итого	144						74	

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

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

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Типовые контрольные вопросы для проведения текущего контроля успеваемости:

1. Структура Солнечной системы.
2. Основные физические параметры Меркурия.
3. Форма рельефа, которая есть только на Меркурии.
4. Где находится самый крупный вулкан на Меркурии и почему?
5. Может ли быть вода на Меркурии и где?
6. Мог ли быть Меркурий спутником Венеры?
7. Основные физические параметры Венеры.
8. Какой возраст поверхности Венеры?
9. Основные формы рельефа на Венере.
10. Что такое суперротация верхнего облачного покрова Венеры?
11. Гравитационно-динамический механизм подкачки тепловой энергии в атмосферу Венеры.
12. Основные параметры Земли как планеты.
13. Что такое тектоника плит и какова ее значимость?
14. Какой была первичная атмосфера Земли и как она менялась?
15. Куда направлена сила Кориолиса в южном полушарии Земли?
16. Основные формы рельефа на Луне.
17. Основные физические параметры Марса.
18. Была ли вода на поверхности Марса?
19. Древняя атмосфера Марса и основные причины ее диссипации.
20. Спутники Марса: их характеристики и вероятное происхождение.

Примеры контрольной работы:

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?

Типовые контрольные вопросы для проведения зачета:

- 1) Перечислить классы тел Солнечной системы и дать их основную характеристику.
- 2) Основные характеристики Меркурия.
- 3) Основные характеристики Венеры.
- 4) Основные характеристики Земли как планеты.
- 5) Основные характеристики Марса.
- 6) Основные характеристики Юпитера.

- 7) Основные характеристики Сатурна.
- 8) Основные характеристики Урана.
- 9) Основные характеристики Нептуна.
- 10) Спутники Юпитера. Чем особенно интересны Галилеевы спутники Юпитера?
- 11) Спутники Сатурна. Что нам известно о Титане по результатам космических исследований?
- 12) Кольца Сатурна.
- 13) Особенности поверхности и внутреннего строения Меркурия.
- 14) Особенности поверхности и внутреннего строения Венеры.
- 15) Особенности поверхности и внутреннего строения Земли.
- 16) Особенности поверхности и внутреннего строения Марса.
- 17) Спутники Марса.
- 18) Плутон и его спутники.
- 19) Система Земля-Луна и ее возможное происхождение.
- 20) Магнитное поле и радиационные пояса Земли.
- 21) Атмосфера Венеры.
- 22) Атмосфера Земли и ее вероятное происхождение.
- 23) Атмосфера Марса и возможные причины ее диссипации.
- 24) Особенности атмосферы и облачного покрова Юпитера.
- 24) Особенности атмосферы и облачного покрова Сатурна.
- 26) Галилеевы спутники Юпитера.
- 27) Проект «Кассини» (НАСА) и его основные результаты.
- 28) Спутник Сатурна Энцелад.
- 29) Основные характеристики Урана.
- 30) Основные характеристики Нептуна.
- 31) Плутон и тела пояса Эджворт-Койпера.
- 32) Карликовые планеты Солнечной системы.
- 33) Малые тела Солнечной системы.
- 34) Астероиды, их свойства и вероятное происхождение.
- 35) Особенности магнитных полей планет-гигантов.
- 36) Астероиды, сближающиеся с Землей. Проблема астероидно-кометной опасности.
- 37) Дистанционные методы исследования планет.
- 38) Основные свойства и вероятное происхождение атмосферы Земли.
- 39) Основная космогоническая гипотеза формирования Солнечной системы.
- 40) «Зона обитания» в планетной системе и в Галактике.
- 41) Параметры планеты, благоприятные (неблагоприятные) для возникновения на ней земной формы жизни.
- 42) Временная шкала основных событий в Солнечной системе.
- 43) Необходимо ли магнитное поле на планете для возникновения земной формы жизни?
- 44) Обнаружения экзопланет и их преобладающие типы.
- 45) Параметры звезды, благоприятные (неблагоприятные) для возникновения земной формы жизни на планете, находящейся в «зоне обитания».

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 эксцентртический диполь. Недипольное поле.
21. Аномальное магнитное поле. Суточные и вековые вариации магнитного поля. Литосферные аномалии. Палеомагнетизм. Магнитостратиграфическая шкала.

В настоящем разделе приводятся:

- примеры типовых заданий и иных материалов с учетом указанных в таблице п.5 наименований форм текущего контроля успеваемости, например, образцы вопросов (заданий) устного опроса и домашних заданий, контрольных работ, коллоквиумов, темы докладов, рефератов итп.;*
- типовые вопросы, задания итп. для проведения промежуточной аттестации (зачета и (или) экзамена).*

6.2. Шкала и критерии оценивания

(шкала и критерии оценивания могут быть типовыми для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП ВО)

7. Ресурсное обеспечение

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

1. Сафонов В. С. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет / М.: Наука, 1969.
2. Маров М. Я. Планеты Солнечной системы / М: Наука, 1981.
3. Ксанфомалити Л. В. Парад планет. М: Наука, ФИЗМАТЛИТ, 1997.

4. Витязев А. В., Печерникова Г. В., Сафонов В. С. Планеты земной группы: происхождение и ранняя эволюция. – М.: Наука, 1990.
5. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет / М.: Наука и образование, 2013.
6. Солнечная система (Под ред. В. Г. Сурдина) / М.: Физматлит, 2008.
7. Бусарев В. В. Спектрофотометрия астероидов и ее приложения / LAP LAMBERT Acad. Publish. GmbH & Co. KG, Саарбрюккен, 2011.
8. Мелош Г. Образование ударных кратеров / М.: Мир, 1994.

Основная литература по геофизике.

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 по геофизике.

1. Жарков В.Н. Физика Земных недр. "Наука и образование". 2012. 384.
2. Stacey F.D, Devis P.M. Physics of the Earth. Cambridge 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.

- Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения _____ *(приводится при необходимости)*
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем _____ *(приводится при необходимости)*
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
 - <http://atlas.geo.cornell.edu/>
 - <https://saviot.cnrs.fr/terre/index.en.html>
 - <http://icgem.gfz-potsdam.de/vis3d/longtime>.
 - 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.pdf
- Описание материально-технической базы _____ *(приводится при необходимости)*

8. Язык преподавания: русский (отдельно укажите, если дисциплина может быть реализована на иностранном языке).

