

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности



С.Т. Князев
2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1147798	Геофизика

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Астрономия	Код ОП 03.05.01/33.01
Направление подготовки 1. Астрономия	Код направления и уровня подготовки 03.05.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	д.ф.-м.н., доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
2	Миндубаев Мансур Габдрахимович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Согласовано:

Учебный отдел



1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят дисциплины «Физика Земли и планет» и «Теория фигуры Земли». При изучении модуля студенты закрепляют знания и навыки, получаемые в рамках физических и математических дисциплин. Цель изучения модуля - формирование у студентов базовых знаний о геофизических методах изучения процессов формирования планеты, современного состава, структуры и динамики эволюции Земли и планет.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория фигуры Земли	3
2	Физика Земли и планет	4
ИТОГО по модулю:		7

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Теоретическая физика
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Дополнительные главы астрофизики и звездной астрономии, Дополнительные главы астрометрии и небесной механики

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Теория фигуры Земли	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований

Физика Земли и планет	ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин	З-1 - Знать основные методы астрономических, физических и математических исследований У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы
-----------------------	---	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очных формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фигуры Земли

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	д.ф.-м.н., доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы: Кузнецов Эдуард Дмитриевич, заведующий кафедрой астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Предмет и задачи теории фигуры Земли. Связь с другими науками дисциплинами. Краткий исторический очерк.
P2	Основные виды потенциалов	Сила тяготения. Общие свойства потенциалов. Замечание о производной. Потенциал материальной точки, материальной линии, простого слоя, объемных масс. Потенциал двойного слоя. Потенциал простого однородного сферического слоя. Потенциал шара, состоящего из однородных простых сферических слоев. Существование и непрерывность объемного потенциала. Формулы Римана. Существование вторых производных объемного потенциала. Лапласиан потенциала объемных масс. Основные аналитические свойства потенциала объемных масс, простого и двойного слоев.
P3	Краевые задачи теории потенциала	Формула Грина. Стоксовы постоянные. Фундаментальная формула Грина. Задача Дирихле для сферы. Полиномы Лежандра. Сферические функции. Разложение по сферическим функциям. Ортогональность сферических функций. Решение задачи Дирихле и сферические функции. Третья краевая задача Дирихле и сферические функции. Третья краевая задача и интегральные уравнения.
P4	Сила тяжести и фигура Земли	Сила тяжести и ее потенциал. Силовые линии, уровенные поверхности силы тяжести. Задача Стокса. Задача Молоденского и исходные данные для ее решения.
P5	Нормальное гравитационное поле Земли	Способы выбора нормального потенциала. Разложение потенциала Земли в ряд по сферическим функциям. Сфероид Клеро. Нормальный потенциал. Вертикальный градиент и кривизна силовых линий нормального поля. Координатные системы.

1.3. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Не используются

Печатные издания

- 1 Грушинский, Н. П. Теория фигуры Земли : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Астрономия" и "Астрономогеодезия" / Н. П. Грушинский .— Изд. 2-е, перераб. и доп. — Москва : Наука, 1976 .— 512 с. — 20 экз.
- 2 Инженерная геодезия : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям укрупненного направления "Геодезия и землеустройство" / ; [Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман] ; под ред. Д. Ш. Михелева .— 10-е изд., перераб. и доп. — Москва : Академия, 2010 .— 496 с. — 99 экз.
- 3 Закатов, П. С. Курс высшей геодезии : [учебник для геодезических специальностей вузов] / П. С. Закатов .— Изд. 4-е, перераб. и доп. — Москва : Недра, 1976 .— 511 с. — 84 экз.
- 4 Левитская, Т. И. Спутниковые методы в геодезии : Учеб. пособие / Т. И. Левитская, Т. В. Карманова .— 2-е изд., испр. и доп. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2001 .— 88 с. — 60 экз.
- 5 Левитская, Татьяна Иосифовна. Спутниковые методы в геодезии : Учеб. пособие / Т. И. Левитская, Т. В. Карманова .— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2000 .— 68 с. — 40 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- 3 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фигуры Земли

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864- 2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с

2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864-2018 от 05.12.2018</p> <p>Браузер Google Chrome – свободное ПО;</p> <p>Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО;</p> <p>MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с</p>

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вопросы к зачету/экзамену по дисциплине

- 1 Предмет и задачи теории фигуры Земли.
- 2 Сила тяготения.
- 3 Общие свойства потенциалов.
- 4 Потенциал материальной точки.
- 5 Потенциал материальной линии.
- 6 Потенциал простого слоя.
- 7 Потенциал объемных масс.
- 8 Потенциал двойного слоя.
- 9 Потенциал простого однородного сферического слоя.
- 10 Потенциал шара, состоящего из однородных простых сферических слоев.
- 11 Существование и непрерывность объемного потенциала.
- 12 Формулы Римана.
- 13 Существование вторых производных объемного потенциала.
- 14 Лапласиан потенциала объемных масс.
- 15 Основные аналитические свойства потенциала объемных масс.
- 16 Основные аналитические свойства потенциала простого слоя.
- 17 Основные аналитические свойства потенциала двойного слоя.
- 18 Формула Грина.
- 19 Стоксовы постоянные.
- 20 Фундаментальная формула Грина.
- 21 Задача Дирихле для сферы.
- 22 Полиномы Лежандра. Сферические функции.
- 23 Разложение по сферическим функциям.
- 24 Ортогональность сферических функций.
- 25 Решение задачи Дирихле и сферические функции.
- 26 Третья краевая задача Дирихле и сферические функции.
- 27 Третья краевая задача и интегральные уравнения.
- 28 Сила тяжести и ее потенциал.
- 29 Силовые линии, уровненные поверхности силы тяжести.
- 30 Задача Стокса.
- 31 Задача Молоденского и исходные данные для ее решения.
- 32 Способы выбора нормального потенциала.
- 33 Разложение потенциала Земли в ряд по сферическим функциям.
- 34 Сфероид Клеро. Нормальный потенциал.
- 35 Вертикальный градиент и кривизна силовых линий нормального поля.
- 36 Координатные системы.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика Земли и планет

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Миндубаев Мансур Габдрахимович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы: Миндубаев Мансур Габдрахимович, доцент кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Предмет геофизики и физики планет. Основные задачи курса. Содержание курса геофизики и физики планет.
P2	Процессы формирования планет земной группы.	Современные экспериментальные данные о процессе формирования планет. Данные о составе протопланетного облака. Динамическая модель аккумуляции планет (Софронова - Везерила). Четыре «барьера» осложняющих процесс аккумуляции. Ограничения на модели однородной и неоднородной аккумуляции.
P3	Основы геохронологии	Основы построения шкалы относительного возраста горных пород. Современная шкала стратиграфических возрастов. Экологический смысл наличия возрастных стратиграфических границ. Принципы построения шкалы «абсолютного» возраста горных пород. Закон радиоактивного распада, основные типы «абсолютных часов». Изохронна. Циклы тектоно-магматической активности. Возраст Земли, Луны, метеоритов; возраст тяжелых элементов.
P4	Гравитационное поле Земли и планет. Восстановление распределения плотности внутри тела по гравитационному потенциалу	Закон Всемирного тяготения. Прямая и обратная задачи для уравнения потенциала. Разложение гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям. Физический смысл первых членов разложения гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям. Гравитационный потенциал жидкой вращающейся планеты. Геоид. Референц-эллипсоиды. Редукции поля силы тяжести. Физические принципы построения гравиметров. Плотностные модели Земли и планет.
P5	Магнитное поле Земли и планет	Элементы земного магнетизма. Магнитные карты Аналитическое описание геомагнитного поля. Разделение магнитного поля на поле внутренних и внешних по отношению земной поверхности источников. Разделение геомагнитного поля на главное поле и его вариации, переменное поле и т.д.. Виды остаточной намагниченности горных пород. Палеомагнетизм.

		Инверсии геомагнитного поля и их физическая природа. Виртуальные траектории перемещения палеомагнитных полюсов. Физическая природа и интерпретация полосовых аномалий океанического дна. Современные модели генерации геомагнитного поля. Физические основы геомагнитного динамо. Магнитные поля Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна, Луны.
P6	Сейсмология	Понятие сплошной среды. Тензор деформации сплошной среды. Тензор напряжений. Закон Гука и другие реологические законы. Распространение сигнала в упругой среде. Уравнение Ламэ. Волновые уравнения. Законы отражения и преломления упругих волн. Годограф. Сейсмический параметр. Интегральное уравнение для скорости объемной сейсмической волны для сферической модели среды. Поверхностные сейсмические волны. Волны Релея. Волны Лява (источник – плоская волна). Уравнение эйконала и кинематическая сейсмика. Собственные колебания Земли. Редукция Релея. Скоростной разрез планеты. Сейсмичность Земли. Шкала магнитуд и шкала балльности землетрясений. Собственные колебания Солнца. Скоростной разрез Луны.
P7	Тепловое поле Земли	Геотермия и методы исследования современного теплового состояния Земли. Основные источники внутреннего тепла Земли. Оценки современных РТ-условий во внутренних областях Земли и планет. Современные методы и результаты интерпретации геотермических данных вдоль геотраверсов. Оценки начальной температуры Земли и планет. Проблема образования и динамики ядра Земли. Палеогеотермические реконструкции данных скважинной геотермии.
P8	Электромагнитные методы исследования	Физические основы магнито-теллурического зондирования Земли. Уравнения Гельмгольца для магнитного и электрического полей. Входной импеданс плоской волны. Модель Тихонова – Каньяра и рекуррентное соотношение для импеданса. Исследования с источником в виде магнитного диполя. Результаты глубинного эксперимента на Урале. Модели распределения электропроводности для современного состояния планет.
P9	Геодинамика	Система уравнений конвекции в приближении Буссинеска. Задача Релея-Бенара. Условия стационарного равновесия вязкой жидкости в гравитационном поле. Устойчивость системы относительно малых возмущений. Условия физического подобия динамических систем.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

1. Должанский, Ф. В. Основы геофизической гидродинамики : [монография] / Ф. В. Должанский ; под общ. ред. Е. Б. Гледзера .— Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011 .— 264 с.— Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457426>
2. Трухин, Владимир Ильич. Общая и экологическая геофизика : учебник / В. И. Трухин, К. В. Показеев, В. Е. Куницын .— Москва : Физматлит, 2005 .— 576 с.— Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2348.
3. Нарбут, М.А. Вычислительная геофизика : учебное пособие / М.А. Нарбут ; Санкт-Петербургский государственный университет.— СПб. : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2014.— 200 с.— Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458076>.
4. Физика Земли : учебное пособие / А.Г. Соколов, М. Нестеренко, О.В. Попова и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Оренбургский научный центр Уральского отделения Российской Академии Наук.— Оренбург : ОГУ, 2014.— 103 с.— Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259122>.

Печатные издания

1. Троян, В. Н. Статистические методы обработки и интерпретации геофизических данных : учебник для вузов / В. Н. Троян, Ю. В. Киселев .— СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2000 .— 578 с. — 5 экз.
2. Орленок, В. В. Основы геофизики = Principles of Geophysics : учеб. пособие / В. В. Орленок .— Калининград : Б. и., 2000 .— 446 с. — 6 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- 3 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фигуры Земли

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864-2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864-2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вопросы к зачету/экзамену по дисциплине

- 1 Динамические аспекты модели формирования планетной системы. Уравнение Сафронова.
- 2 Радиометрический метод определения возраста. (K-Ar; U-Pb системы). Изохрона.
- 3 Тектономагматические циклы. Возраст Земли, Луны, метеоритов.
- 4 Волновые уравнения распространения объемных сейсмических волн.
- 5 Гравитационный потенциал Земли и планет. Аналитическое представление гравитационного потенциала.
- 6 Гравитационный потенциал жидкой вращающейся планеты.
- 7 Три первых членов разложения гравитационного потенциала по сферическим функциям.
- 8 Изостазия. Модели изостатической компенсации.
- 9 Геомагнитное поле. Его аналитическое представление.
- 10 Разложение геомагнитного поля на поле внутренних и внешних источников.
- 11 Виды остаточной намагниченности, используемые для палеомагнитных реконструкций.
- 12 Понятие об инверсиях геомагнитного поля: регистрация, возможные механизмы, виртуальные траектории дрейфа палеомагнитного полюса.
- 13 Природа геомагнитного поля и магнитного поля планет.
- 14 Тензор деформаций сплошной среды.
- 15 Тензор напряжений (вывод).
- 16 Закон Гука для сплошной среды (вывод).
- 17 Уравнение Ламе (вывод).
- 18 Шкала магнитуд, шкала балльности землетрясений.
- 19 Годограф. Сейсмический параметр.
- 20 Волновые уравнения распространения объемных сейсмических волн.
- 21 Поверхностные волны Релея (вывод).
- 22 Поверхностные волны Лява (вывод).
- 23 Собственные колебания Земли (вывод для однородной модели).
- 24 Скоростной разрез Земли.
- 25 Измерения плотности теплового потока, результаты.
- 26 Энергетика геотектонических процессов.
- 27 Возникновение конвекции в плоском слое жидкости.
- 28 Параметры физического подобия (на примере системы уравнений конвекции)
- 29 Модель тектоники плит.
- 30 Температурный разрез Земли и планет.
- 31 Уравнения распространения электрического и магнитного поля в проводящей среде. Уравнения Гельмгольца (получить из системы уравнений Максвелла).
- 32 Входной импеданс плоской электромагнитной волны.
- 33 Зондирование плоской электромагнитной волной слоистого проводящего полупространства.
- 34 Базовые представления о конвекции в мантии и динамике литосферных плит.