

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**

## УТВЕРЖДАЮ

## Заведующий кафедрой Геофизики

Leaguers

В. Н. Глазнев

29.05.2023 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## Б1.В.22 Физика Земли

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Физика Земли» является:

- подготовка бакалавров-геофизиков, владеющих современными знаниями о физических процессах, протекающих в недрах Земли, и механизмах эволюции её внутреннего строения; обладающих умениями и навыками изучения глобальных геофизических полей и глубинных оболочек планеты по данным геофизики.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у обучаемых представлений о природе глобальных геофизических полей Земли и физических процессах, протекающих в её недрах;
- получение обучаемыми знаний о составе и состоянии вещества оболочек Земли, а также знаний о механизмах, характере и динамике эволюции внутреннего строения планеты;
- приобретение обучаемыми навыков практического вычисления глобальных геофизических полей, расчётов термодинамических условий в теле планеты и геодинамической трактовке моделей Земли.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Блок 1. Вариативная часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Требование к входным знаниям: базовые знания, умения и навыки по дисциплинам Математика, Физика, Информатика, Минералогия с основами кристаллографии, Ядерная физика, Численные методы в геофизике, Методы компьютерной математики в геофизике, Дифференциальные уравнения в геофизике, Магниторазведка, Гравиразведка, Методы математической физики в геофизике, Интегральные преобразования в геофизике, Спектральный анализ в геофизике, Электроразведка, Геофизические исследования скважин, Сейсморазведка, Геотектоника, Геоинформационные системы, Линейные обратные задачи в геофизике, Методы линейной алгебры в геофизике, Теория поля, Петрофизика, Сейсморазведка общей глубинной точки, Методы решения обратных задач геофизики, Прямые и обратные задачи геофизики, Магнитотеллурические методы, Методы структурной электроразведки.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Геологогеофизические модели, Производственная преддипломная практика.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен выполнять обработку и интерпретацию полученных полевых геофизических данных	ПК-3.3	Проводит комплексную интерпретацию данных наземных и скважинных геофизических методов	Знать: основы физических процессов в теле планеты Земля. Уметь: использовать знаний о составе и состоянии вещества оболочек Земли при трактовке геодинамики и эволюции планеты. Владеть: методами расчёта глобальных геофизических полей планеты и термодинамических условий в теле Земли.

## 12. Объем дисциплины в зачётных единицах/час (в соответствии с учебным планом) — 2/72.

Форма промежуточной аттестации (зачёт/экзамен): зачёт.

### 13. Трудоёмкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8	№ семестра	...
Аудиторные занятия	36	36		
В том числе:	лекции	12	12	
	практические	12	12	
	лабораторные	12	12	
Самостоятельная работа	36	36		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	-	-		
Итого:	72	72		

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Земля во Вселенной	<b>Земля как космический объект.</b> Излучение и вещество во Вселенной. Большой взрыв. Формирования галактик. Эволюция звёзд в галактиках. Галактика Млечный путь. Солнечная система. Образование Солнечной системы. Формирование планет в Солнечной системе. Этапы формирования Земли. Оболочки современной Земли. Метеориты и строение Земли. Формирование Луны. Термическая модель ранней Земли. Возраст планеты.	Физика Земли
1.2	Модели Земли по данным геофизики	<b>Сейсмология и строение Земли.</b> Сейсмология как инструмент изучения строения Земли. Сейсмологические волны. Волновое уравнение. Решение волнового уравнения. Волновой пакет. Энергия волн. Затухание волн. Добротность среды. Годограф сейсмологической волны. Наблюдательная сейсмология. Уравнение Адамса-Вильямсона. Собственные колебания Земли. <b>Гравитационное поле и фигура Земли.</b> Методы изучения формы Земли. Фигура Земли. Прецессия и нутация оси вращения. Перемещение полюсов. Системы измерений гравитационного поля Земли. Модели гравитационного поля. Карты гравитационных аномалий. Вариации гравитационного поля. <b>Магнитное поле Земли.</b> Системы измерений геомагнитного поля. Природа геомагнитного поля. Модели магнитного поля Земли. Спектральное представление магнитного поля. «Нормальное» магнитное поле Земли. МГД-теория магнитного поля Земли. Численное моделирование магнитного поля Земли. Карты магнитных аномалий. Медленные вариации геомагнитного поля. <b>Тепловое поле Земли.</b> Механизмы переноса тепла. Уравнение баланса тепла. Теплопроводность и теплоёмкость пород. Теплогенерация пород. Измерение теплового потока. Тепловой поток Земли. Расчёт стационарных температур. Температура в континентальной коре. Расчёт нестационарных температур. Температура в океанической коре. Стационарная температура в литосфере. Стационарная температура в мантии. Модели плавления силикатных пород. Температура плавления пород коры. Температура плавления мантийных пород. Температура плавления пород ядра. <b>Реология вещества Земли.</b> Понятие о реологии вещества Земли. Виды реологии. Модели реологии.	Физика Земли

		ства Земли. Тензор напряжений. Главные напряжения. Шаровые и девиаторные напряжения. Напряжения на произвольной площадке. Диаграмма Мора. Диаграмма нагружения. Хрупкое разрушение. Неупругое деформирование. Идеальная вязкость. Реологические модели. Пластическое деформирование. Пластическое течение. Ползучесть. Оценки температур. Скорости деформаций. Модели ползучести для Земли. Оценки параметров реологии литосферы. Реологический профиль литосферы. Полное усилие в литосферной плите.	
1.3	Строение и эволюция оболочек Земли	<p><b>Континентальная земная кора.</b> Кора Земли как физическая среда. Состав земной коры. Возраст земной коры. Эволюция земной коры. Сейсмические данные ГСЗ. Данные МОГТ. Плотностные и магнитные модели. Изостазия. Термические модели. Комплексные модели коры. Воды в коре. Модели электропроводности в коре. Ксенолиты и состав континентальной коры.</p> <p><b>Океаническая земная кора.</b> Земная кора океанов. Сейсмические данные ГСЗ. Данные МОГТ. Магнитные модели. Гравиметрия и плотностные модели. Нестационарные термические модели. Типы кислого магматизма коры. Эволюция земной коры.</p> <p><b>Мантия Земли.</b> Строение и состав мантии. Сейсмические данные. Модель PREM. Распространение волн. SS волны. Sd и Pd волны. SS прекурсоры. Обменные волны. Анизотропия волн. Сейсмотомография. Результаты сейсмотомографии. Плотностные модели. Термические модели. Адиабатический градиент. Потенциальная температура. Электропроводность мантии. Механизмы электропроводности мантии.</p> <p><b>Динамика мантии.</b> Однородная мантия PREM. Динамические модели мантии. Динамика вязкой среды. Число Релея. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Уравнения динамики вязкой среды. Уравнение Навье-Стокса. Эффективная вязкость. Уравнение теплопроводности. Численное моделирование. Конвекция в мантии. Конвекция во всей мантии. Конвекция с фазовыми переходами. Зоны COX и субдукции. Механизм очагов в зоне субдукции. Конвекция при наличии литосферных плит. Мантийные плюмы. Динамика мантии планет.</p> <p><b>Ядро Земли.</b> Однородная модель ядра. Новые сейсмологические данные. Временные вариации времён пробега волн через ядро. Поверхность ядра. Пространственные вариации времён пробега волн. Анизотропия времён пробега волн в ядре. Оценка скачка плотности на границе внешнее-внутреннее ядро. Плотностная модель. Нейтринная томография ядра. Химический состав. Легкие элементы в ядре. Проблема калия. Инертные газы в ядре. Термическая модель ядра. Температура плавления. Закон Линдемана. Закон Краута-Кеннеди. Адиабатический градиент в ядре. Геотерма ядра. Слой F. Конвекция во внешнем ядре. Её соотношение с конвекцией в мантии. Эволюция ядра Земли. Длительность формирования. Модели формирования.</p>	Физика Земли

## 2. Практические занятия

2.1	Сейсмология и строение Земли	Сейсмологические волны. Затухание волн. Добротность среды.	Физика Земли
2.2	Гравитационное поле и фигура Земли	Модели гравитационного поля. Карты гравитационных аномалий. Вариации гравитационного поля.	Физика Земли
2.3	Магнитное поле Земли	Модели магнитного поля Земли. МГД-теория магнитного поля Земли. Медленные вариации геомагнитного поля.	Физика Земли
2.4	Тепловое поле Земли	Стационарная температура в мантии. Температура плавления пород коры, мантийных пород и пород ядра.	Физика Земли
2.5	Реология вещества	Оценки параметров реологии литосферы. Реологический	Физика Земли

	Земли	профиль литосферы. Полное усилие в литосферной пли-те.	
2.6	Мантия Земли	Конвекция в мантии. Конвекция при наличии литосферных плит. Мантийные плюмы. Динамика мантии планет.	Физика Земли
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Сейсмология и строение Земли	Расчёт сейсмологического годографа для моделей верхней мантии.	Физика Земли
3.2	Магнитное поле Земли	Расчёт магнитных аномалий океанической коры.	Физика Земли
3.3	Континентальная земная кора	Расчёт стационарной и нестационарной температуры в континентальной литосфере.	Физика Земли
3.4	Океаническая земная кора	Расчёт нестационарные термические модели движущейся океанической литосферной плиты.	Физика Земли
3.5	Динамика мантии	Расчёт модели динамической изостазии для континентальной коры.	Физика Земли
3.6	Реология вещества Земли	Расчёт реологического профиля литосферы и оценка суммарных сдвиговых напряжений.	Физика Земли

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практиче-ские	Лаборатор-ные	Самостоятель-ная работа	Кон-троль	
1.1	Земля во Вселенной	1	1	-	4	-	6
1.2	Модели Земли по данным геофизики	6	6	10	16	-	38
1.3	Строение и эволюция оболочек Земли	5	5	2	16	-	28
	Итого:	12	12	12	36	-	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др.)

Обучающимся следует использовать опубликованные методические пособия по курсу «Физика Земли» из списка литературы и презентационные материалы электронного курса лекций «Физика Земли» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2717>, содержащего презентации лекций, необходимую литературу и ссылки на электронные ресурсы, практические задания по темам и вопросы для самоконтроля.

Вид работы	Методические указания
Подготовка к лекциям, работа с презентационным материалом и составление конспекта	Лекция является важнейшей составляющей учебного процесса. В ходе лекции обучающийся имеет возможность непосредственного, интерактивного контакта с преподавателем. Лектор знакомит обучающегося с новым материалом, разъясняет учебные элементы, трудные для самостоятельного понимания, систематизирует учебный материал и ориентирует в учебном процессе. В ходе лекционных занятий рекомендуется: а) вести конспектирование учебного материала, обращая при этом внимание на категории и формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт исследований; б) желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых, в последующем, делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, почерпнутых из рекомендованной литературы; в) задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений и разрешения противоречивых позиций; г) дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.
Лабораторные занятия	Лабораторные занятия допускают различные формы проведения и могут быть направленными на освоение современного оборудования, программных средств обработки данных, проведение экспериментальных исследований и пр. При подготовке к <u>лабораторному занятию</u> необходимо изучить теоретический материал, который будет использоваться в ходе выполнения лабораторной работы. Нужно внимательно прочитать методические указания (описание) к лабораторной

	работе и продумать план выполнения работы. Непосредственному выполнению лабораторной работы может предшествовать краткий опрос обучающихся преподавателем для оценки их готовности к занятию. При выполнении лабораторной работы, достаточно часто, выполняются следующие операции: а) измерение различных физических параметров; г) анализ, обработка данных и обобщение результатов; д) защита результатов. При защите результатов работы, преподаватель определяет степень понимания обучающимся смысла выполненной лабораторной работы и полученных им результатов.
Консультации	Консультации предполагают повторный разбор учебного материала, который либо слабо усвоен обучающимися, либо не усвоен совсем. Основная цель консультаций – восполнение пробелов в знаниях студентов. К такому виду консультаций относятся текущие индивидуальные и групповые консультации по учебному предмету и пред-экзаменационные консультации. На консультациях преподаватель может разъяснять способы и приемы самостоятельной работы с конкретным материалом или при выполнении конкретного задания. К такому виду консультаций будут относиться консультации по курсовым и дипломным работам, консультации в период проведения учебных и производственных практик. Такие консультации могут проводиться и с помощью электронной почты. Для того, чтобы консультация прошла результативно, вопросы нужно готовить заранее.
Подготовка к текущей аттестации	Текущая аттестация – это контроль процесса освоения обучающимися содержания образовательных программ, формирования соответствующих компетенций, первичных профессиональных умений и навыков; оценка результатов самостоятельной деятельности обучающихся. Форма проведения текущей аттестации может быть устной или письменной, а также с использованием современных информационных технологий. Возможны следующие формы текущей аттестации: а) контрольная работа; б) круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты; в) проект; г) реферат; д) доклад, сообщение; ж) собеседование; з) творческое задание; и) тест; к) эссе и др. Текущая аттестация осуществляется с применением фонда оценочных средств (КИМы, комплекты разноуровневых заданий, задачи и т.п.). При подготовке к текущей аттестации необходимо, изучить конспект лекций, соответствующие разделы учебников и учебных пособий, проработать рекомендованную дополнительную литературу. Возможность использования обучающимися при проведении аттестации учебной литературы, справочных пособий и других вспомогательных материалов определяется преподавателем. По решению кафедры, результаты текущей аттестации могут учитываться при промежуточной аттестации обучающихся.
Выполнение тестов	Тестирование является одним из наиболее эффективных методов контроля знаний обучающихся. Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие либо конкретный, краткий, четкий ответ на вопрос, либо несколько вариантов ответа, если в вопросе содержится множественная характеристика явления или факта. Подготовка обучающегося к тестированию предусматривает необходимость: а) проработать информационный материал по дисциплине; б) изучить терминологические аспекты дисциплины, иметь в виду возможное наличие различающихся определений одного и того же понятия в разных учебных источниках; в) если в дидактическом материале содержатся статистические данные, то их необходимо систематизировать, используя схемы и таблицы. Определившись с вариантом ответа на тестовое задание, необходимо выполнить проверку его правильности, мысленно повторив весь ход своего учебного поиска.
Выполнение кейс-задания (ситуационная задача)	Кейс (ситуационная задача) — это стоящееся на реальных фактах описание проблемной ситуации, которая требует решения. Решить кейс – это значит исследовать предложенную ситуацию (кейс), собрать и проанализировать информацию, предложить возможные варианты решений и выбрать из них наиболее предпочтительный. Алгоритм решения кейс-задания: а) анализ кейса; б) выдвижение гипотезы; в) выбор оптимального варианта; г) прогнозирование; д) анализ предполагаемых результатов; е) оформление результатов решения кейса и его защита или презентация.
Самостоятельная работа обучающего	Самостоятельная работа обучающегося является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она может выполняться в библиотеке, учебных кабинетах, компьютерных классах, а также – в домашних условиях. Материал учебной дисциплины, предусмотренный рабочим учебным планом для усвоения обучающимся в процессе самостоятельной работы, выносится на промежуточную аттестацию наряду с учебным материалом, который рассматривался при проведении учебных занятий. Самостоятельная работа обучающихся во внеаудиторное время может состоять из: а) повторения лекционного материала; б) подготовки к семинарам (практическим занятиям); в) изучения учебной и научной литературы; г) изучения нормативных материалов (в т.ч. в элек-

	<p>тронных базах данных); д) решения задач, выданных на практических занятиях; ж) подготовки к контрольным работам, тестированию и т.д.; з) подготовки к семинарам устных докладов (сообщений); и) подготовки рефератов, эссе и иных индивидуальных письменных работ по заданию преподавателя; к) выполнения курсовых работ, предусмотренных учебным планом; л) выполнения выпускных квалификационных работ и др.; м) выделение наиболее сложных и проблемных вопросов по изучаемой теме, получение разъяснений и рекомендаций по данным вопросам с преподавателями факультета в рамках их консультаций; н) проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах рабочей программы дисциплины задач, тестов, написания рефератов и эссе по отдельным вопросам изучаемой темы.</p>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации: экзамен/зачет/ зачет с оценкой</p>	<p>Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов обучения, выявление степени усвоения обучающимися системы знаний, умений и навыков, полученных в результате изучения данной дисциплины.</p> <p>Подготовка к экзамену/зачету/зачету с оценкой включает в себя три этапа: а) самостоятельная работа в течение семестра; б) непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету/зачету с оценкой/экзамену по темам курса; в) подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах. В период подготовки, обучающийся повторно обращается к пройденному учебному материалу. Подготовка осуществляется на основании методических рекомендаций по дисциплине и списка вопросов изучаемой дисциплины, конспектов лекций, учебников и учебных пособий, научных статей, информации Интернет-среды. Для получения более полной и разносторонней информации рекомендуется использовать несколько учебников. Обучающийся вправе сам придерживаться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе, отличной от мнения преподавателя), но при условии ее достаточной научной аргументации. Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материалдается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к экзамену, обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Экзамен/зачет/зачет с оценкой проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный в рамках дисциплины материал.</p>

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Стогний, Валерий Васильевич. Физика Земли : учебное пособие для студ. вузов / В.В. Стогний, Г.А. Стогний ; Якут. гос. ун-т им. М.К.Аммосова .— Якутск : Изд-во Якутского университета, 2000 .— 190 с. : ил. — Библиогр.: с.182-187 .— ISBN 5-7513-0244-3. - 2 экз.
2	Захаров, Владимир Сергеевич. Строение и физика Земли. Вводный курс : [учебное пособие] / В.С. Захаров, В.Б. Смирнов.— Долгопрудный : Издательский Дом "Интеллект", 2018 .— 218 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 213-218.. — 20 экз.
3	Соколов, А. Г. Полевая геофизика : учебное пособие / А.Г.Соколов, О.В. Попова, Т.М. Кечина ; Министерство образования и науки Российской Федерации .— Оренбург : ОГУ, 2015 .— 160 с. : схем., ил. — Библиогр. в кн .— <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— page=book&id=330594.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Смирнов, Владимир Викторович. Физика Земли / В.В. Смирнов .— Челябинск : Сити Принт, 2011 .— 1 экз.
5	Магницкий, Владимир Александрович. Внутреннее строение и физика земли / В.А. Магницкий .— М. : Недра, 1965 .— 378,[1] с. : ил., табл.
6	Жарков, Владимир Наумович. Внутреннее строение Земли и планет / В.Н. Жарков .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1983 .— 414,[1] с : ил., табл.
7	Тяпкин К.Ф. Физика Земли / К.Ф.Тяпкин. — Киев : Вища шк., 1998. — 312 с.
8	Стейси, Френк Д. Физика Земли / Ф. Стейси ; пер. с англ. А.А. Гвоздева и Д.М. Печерского ; под ред. В.Н. Жаркова .— М. : Мир, 1972 .— 342 с. : ил.
9	Хаббард, Уильям Б. Внутреннее строение планет / У.Б. Хаббард ; пер. с англ. С.В. Воронцова; под ред. В.Н. Жаркова .— М. : Мир, 1987 .— 326,[1] с. : ил.

10	Рингвуд, А.Е. Происхождение Земли и Луны / А.Е. Рингвуд ; пер. с англ. И.В. Матвеевой; под ред. А.А. Ярошевского .— М. : Недра, 1982 .— 292,[1] с. : ил.
11	Яновский, Борис Михайлович. Земной магнетизм : учебное пособие для студ. физ. спец. вузов / Б.М. Яновский ; Ленинградский гос. ун-т им. А.А. Жданова .— Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1978 .— 591 с., [1] л. ил. : ил.
12	Ботт, Мартин. Внутреннее строение Земли / М. Ботт ; Пер. с англ. Ю.С. Доброхотова; Под ред. Е.Ф. Саваренского .— М. : Мир, 1974 .— 373 с. : ил., 1 л. ил.
13	Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология: Теория и методы. В 2-х томах / К.Аки, П.Ричардс. - М. : Мир, 1983 – 880 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
12	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
13	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
14	Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
15	Электронно-библиотечная система «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
16	Электронно-библиотечная система «Юрайт» <a href="https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru">https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru</a>
17	Электронный учебный курс «Физика Земли» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2717">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2717</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Электронный учебный курс «Физика Земли» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2717">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2717</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

№ пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acadmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acadmc
3	СПС "Консультант Плюс" для образования
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах
5	Университетская лицензия на программный комплекс для ЭВМ -MathWorks Total Academic Headcount – 25
6	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition

Электронный курс лекций «Физика Земли» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2717>.

Программа реализуется с применением дистанционных технологий.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ пп	№ аудитории	Адрес	Название аудитории	Тип аудитории	Материально-техническое обеспечение
1	101п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория гравимагнитных методов	лаборатория	Компьютер Intel Atom, LCD-проектор BENQ MP 515
2	104п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория информационных технологий	лаборатория	Персональный компьютер Core i3-4130 3,4 GH 4GB RAM DDR3-1600 500GB HDD2+2 USB 2.0/2USB 3.0 Intel graphics 4400 VGA/HDMI Mouse+Key Board (15 шт.), TV LG 42"

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Комп- тен- ция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Земля как космический объект. Строение Земли по сейсмологическим данным. Гравитационное поле и фигура Земли. Тепловое поле Земли. Магнитное поле Земли. Реология вещества Земли. Ядро Земли.	ПК-3.3	Проводит комплексную интерпретацию данных наземных и скважинных геофизических методов	Рефераты № 1-17 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
2	Континентальная земная кора. Океаническая земная кора. Мантия Земли. Динамика мантии.	ПК-3.3	Проводит комплексную интерпретацию данных наземных и скважинных геофизических методов	Рефераты № 18- 28 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
3	Строение Земли по сейсмологическим данным. Гравитационное поле и фигура Земли. Тепловое поле Земли. Магнитное поле Земли. Реология вещества Земли. Ядро Земли.	ПК-3.3	Проводит комплексную интерпретацию данных наземных и скважинных геофизических методов	Рефераты № 5-17 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
4	Континентальная земная кора. Океаническая земная кора. Мантия Земли. Динамика мантии.	ПК-3.3	Проводит комплексную интерпретацию данных наземных и скважинных геофизических методов	Рефераты № 18-26 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
5	Континентальная земная кора. Океаническая земная кора. Мантия Земли. Динамика мантии.	ПК-3.3	Проводит комплексную интерпретацию данных наземных и скважинных геофизических методов	Лабораторные работы № 1-7 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
Промежуточная аттестация, форма контроля – зачёт. Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ				КИМ

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Практические задания:

1. Сейсмологические волны. Затухание волн. Добротность среды.
2. Модели гравитационного поля. Карты гравитационных аномалий. Вариации гравитационного поля.
3. Модели магнитного поля Земли. МГД-теория магнитного поля Земли. Медленные вариации геомагнитного поля.
4. Стационарная температура в мантии. Температура плавления пород коры, мантийных пород и пород ядра.
5. Оценки параметров реологии литосферы. Реологический профиль литосферы. Полное усилие в литосферной плите.

6. Конвекция в мантии. Конвекция при наличии литосферных плит. Мантийные плюмы. Динамика мантии планет.

**Темы рефератов:**

1. Аккреция планетной системы. Сценарий формирования Земли и Луны.
2. Приливы в Земле.
3. Годографы сейсмологических волн, их типы и особенности хода лучей в Земле.
4. Поверхностные волны при изучении строения Земли.
5. Добротность оболочек Земли.
6. Фигура Земли. Аномалии геоида. Гравитационные аномалии.
7. Уравнение теплопроводности и проблемы его решения для Земли.
8. Механизмы теплопроводность в оболочках Земли.
9. Температура в литосфере с учетом радиоактивных источников тепла.
10. Плавление пород литосферы.
11. Адиабатический градиент и температура в мантии.
12. Термическая история Земли.
13. Теория геомагнитное динамо.
14. Инверсии магнитного поля и палеомагнитная шкала.
15. Упругая и неупругая деформация, крип.
16. Реологические модели: прочность, вязкость и ползучесть.
17. Нагрузка слоистой модели среды. Оценка напряжений в литосфере.
18. Строение континентальной коры по сейсмическим данным.
19. Сейсмические модели океанической коры.
20. Изостазия для континентальной и океанической коры.
21. Строение мантии по сейсмологическим данным и данным ГСЗ.
22. Электропроводность мантии по данным МТЗ.
23. Состав верхней мантии. Фазовые переходы в верхней мантии.
24. Конвекция в мантии. Двухмерные и трехмерные модели конвекции.
25. Мантийные плюмы и их механизмы.
26. Сейсмическая томография мантии и множественные плюмы.
27. Тепловая конвекция, теплота кристаллизации и гравитационная конвекция в ядре.
28. Эволюция хондритовой модели системы ядро-мантия.

**Описание технологии проведения**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): выполнение лабораторных работ; тестирования. Критерии оценивания приведены ниже.

**Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)**

Контрольно-измерительные материалы текущей аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности в области физики земли.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

## **20.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

**Перечень вопросов к зачету:**

1. Наша галактика и её характеристики. Сценарий формирования солнечной системы.
2. Формирование планет в Солнечной системе. Метеориты и строение Земли.
3. Этапы формирования Земли. Формирование Луны.
4. Термическая модель ранней Земли. Возраст планеты.
5. Сейсмологические волны.
6. Энергия волн. Затухание волн. Добротность среды.

7. Годограф сейсмологической волны.
8. Уравнение Адамса-Вильямсона.
9. Фигура Земли.
10. Модели гравитационного поля.
11. Вариации гравитационного поля.
12. Спектральное представление магнитного поля.
13. МГД-теория магнитного поля Земли.
14. Численное моделирование магнитного поля Земли.
15. Медленные вариации геомагнитного поля.
16. Механизмы переноса тепла. Уравнение баланса тепла.
17. Измерение теплового потока. Тепловой поток Земли.
18. Температура в континентальной коре. Температура в океанической коре.
19. Стационарная температура в мантии.
20. Температура плавления пород коры, мантийных пород и пород ядра.
21. Реологические модели. Модели ползучести для Земли.
22. Оценки параметров реологии литосферы.
23. Реологический профиль литосферы. Полное усилие в литосферной плите.
24. Строение и состав континентальной земной коры по геофизическим данным.
25. Строение и состав океанической земной коры по геофизическим данным.
26. Строение и состав мантии по геофизическим данным.
27. Сейсмомагнитометрия мантии.
28. Адиабатический градиент. Потенциальная температура.
29. Динамические модели мантии.
30. Уравнение Навье-Стокса.
31. Конвекция в мантии. Мантийные плюмы.
32. Строение и состав ядра Земли по геофизическим данным.
33. Нейтринная томография и оценка скачка плотности на границе внешнее-внутреннее ядро.
34. Термическая модель ядра и адиабатический градиент в ядре Земли.
35. Конвекция во внешнем ядре.
36. Модели формирования и эволюции ядра Земли.

#### Описание технологии проведения

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности в области физики земли.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

#### Критерии оценивания результатов обучения при текущей и промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических задач в области физики земли.	Повышенный уровень	Отлично (Зачтено)
Обучающийся владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических задач в области физики земли, но при этом допускает отдельные ошибки при ответах на вопросы.	Базовый уровень	Хорошо (Зачтено)

Обучающийся владеет, частично, понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, фрагментарно способен применять теоретические знания для решения практических задач в области физики земли.	Пороговый уровень	Удовлетворительно (Зачтено)
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в базовых положениях и теоретических основах дисциплины, допускает грубые ошибки в иллюстрировании результатов и применении изученных методов при решении задач физики земли.	–	Неудовлетворительно (Не зачтено)

**Фонд оценочных средств сформированности компетенций  
ПК-3 Способен выполнять обработку и интерпретацию  
полученных полевых геофизических данных**

1) Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности, множественный выбор)

**ЗАДАНИЕ 1. Данные каких геофизических методов используются при построении комплексных плотностных моделей континентальной земной коры?**

1. Гравиметрия.
2. Магнитометрия.
3. Сейсморазведка.
4. Геотермия.
5. Радиометрия.
6. Электроразведка.

Варианты выбора ответов (проценты):

1. **Гравиметрия** – 25 %.
2. **Магнитометрия** – 25 %.
3. **Сейсморазведка** – 25 %.
4. **Геотермия** – 25 %.
5. Радиометрия – -50 %.
6. Электроразведка – -50 %.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности, распределение объектов):

**ЗАДАНИЕ 1. Распределите в порядке убывания по значимости (сверху-вниз) геофизические методы, используемые при построении комплексных магнитных моделей континентальной земной коры.**

Последовательность ответов (сверху-вниз):

1. Магнитометрия.
2. Геотермия.
3. Гравиметрия.
4. Сейсмометрия.
5. Магнитотеллурические методы.