


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры геофизики
протокол № 5 от 15 января 2021 г.

Зав. кафедрой  / Валиуллин Р.А.

Согласовано:
Председатель УМК физико-технического
института

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Физика твердой Земли


Обязательная часть

программа бакалавриата

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Профиль
Цифровая петрофизика

Квалификация
бакалавр

Разработчик (составитель) <u>Старший преподаватель</u>	 / Акчурин Р.З.
---	--

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель: Акчури Р.З.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры геофизики протокол от 15 января 2021 г. № 5.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры геофизики, протокол № 13 от 15 июня 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ / Валиуллин Р.А./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры геофизики, протокол № 6/1 от 14 января 2022 г.

Заведующий кафедрой _____ / Валиуллин Р.А./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры геофизики, протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры геофизики, протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ Ф.И.О./

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	ИОПК-1.1. Знает: базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промысловой геофизике	Знать принципы построения математических моделей физических процессов, понятия прямой и обратной задач геофизики. Знать основные источники теплового поля Земли. Знать важные теплофизические параметры и формулы их расчета. Знать способы определения теплопроводности горных пород. Знать основные механизмы теплопереноса в недрах Земли.
		ИОПК-1.2. Умеет: применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промысловой геофизики	Уметь строить и исследовать различные математические модели континентальной геотермы с учетом тепловыделения, уметь моделировать влияние на геотерму нестационарных процессов на поверхности Земли. Уметь рассчитывать геотермический градиент, удельный тепловой поток, коэффициент температуропроводности, характерное время процесса теплопроводности, характерное расстояние процесса теплопроводности.
		ИОПК-1.3. Владеет: методами физико-математических и естественных наук к решению задач промысловой геофизики	Владеть методиками решения краевых задач теплопроводности с различными граничными условиями. Владеть навыками определения параметров геотермического поля на реальном скважинном материале. Владеть навыками восстановления геотермы по зарегистрированному распределению температуры в зумпфах действующих скважин.

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика твердой Земли» относится к *обязательной части* учебного плана по направлению подготовки 03.03.02 Физика, профиль «Цифровая петрофизика».

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Цель изучения дисциплины – подготовить студентов к дальнейшей деятельности по освоению дисциплин, развить навыки построения и исследования простейших математических моделей физических процессов, по анализу и интерпретации геотермических распределений в скважинах.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции **ОПК-1:**

- способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ИОПК-1.1. Знает: базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промышленной геофизике	Знать принципы построения математических моделей физических процессов, понятия прямой и обратной задач геофизики. Знать основные источники теплового поля Земли. Знать важные теплофизические параметры и формулы их расчета. Знать способы определения теплопроводности горных пород. Знать основные механизмы теплопереноса в недрах Земли.	Студент не знает или знает фрагментарно основные источники теплового поля Земли. Студент не знает или знает фрагментарно важные теплофизические параметры и формулы их расчета. Студент не знает или знает фрагментарно основные механизмы теплопереноса в недрах Земли. Студент не знает или знает фрагментарно способы определения теплопроводности горных пород.	Студент знает основные источники теплового поля Земли. Студент знает важные теплофизические параметры и формулы их расчета. Студент знает основные механизмы теплопереноса в недрах Земли. Студент знает способы определения теплопроводности горных пород.
ИОПК-1.2. Умеет: применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промышленной геофизики	Уметь строить и исследовать различные математические модели континентальной геотермы с учетом тепловыделения, уметь моделировать влияние на геотерму нестационарных процессов на поверхности Земли. Уметь рассчитывать	Студент не умеет рассчитывать геотермический градиент, удельный тепловой поток, коэффициент температуропроводности, характерное время процесса теплопроводности,	Студент умеет рассчитывать геотермический градиент, удельный тепловой поток, коэффициент температуропроводности, характерное время процесса

	геотермический градиент, удельный тепловой поток, коэффициент температуропроводности, характерное время процесса теплопроводности, характерное расстояние процесса теплопроводности.	характерное расстояние процесса теплопроводности	теплопроводности, характерное расстояние процесса теплопроводности
ИОПК-1.3. Владеет: методами физико-математических и естественных наук к решению задач промышленной геофизики	Владеть методиками решения краевых задач теплопроводности с различными граничными условиями. Владеть навыками определения параметров геотермического поля на реальном скважинном материале. Владеть навыками восстановления геотермы по зарегистрированному распределению температуры в зумпфах действующих скважин.	Студент не владеет навыками определения параметров геотермического поля на реальном скважинном материале Студент не владеет навыками восстановления геотермы по зарегистрированному распределению температуры в зумпфах действующих скважин.	Студент владеет навыками определения параметров геотермического поля на реальном скважинном материале Студент владеет навыками восстановления геотермы по зарегистрированному распределению температуры в зумпфах действующих скважин.

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10). Шкалы оценивания:

- зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ИОПК-1.1. Знает: базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промышленной геофизике	Знать принципы построения математических моделей физических процессов, понятия прямой и обратной задач геофизики. Знать основные источники теплового поля Земли. Знать важные теплофизические параметры и формулы их расчета. Знать способы определения теплопроводности горных пород. Знать основные механизмы теплопереноса в недрах Земли.	Тест
ИОПК-1.2. Умеет: применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промышленной геофизики	Уметь строить и исследовать различные математические модели континентальной геотермы с учетом тепловыделения, уметь моделировать влияние на геотерму нестационарных процессов на поверхности Земли. Уметь рассчитывать геотермический	Тест Контрольная работа

	градиент, удельный тепловой поток, коэффициент температуропроводности, характерное время процесса теплопроводности, характерное расстояние процесса теплопроводности.	
ИОПК-1.3. Владеет: методами физико-математических и естественных наук к решению задач промышленной геофизики	Владеть методиками решения краевых задач теплопроводности с различными граничными условиями. Владеть навыками определения параметров геотермического поля на реальном скважинном материале. Владеть навыками восстановления геотермы по зарегистрированному распределению температуры в зумпфах действующих скважин.	Выполнение и защита практических работ Контрольная работа

Рейтинг-план дисциплины «Физика твердой Земли»

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Профиль: Цифровая петрофизика

Курс 4, семестр 1

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1. Геотермическое поле				
Текущий контроль				
<i>Самостоятельное выполнение практической работы</i>	20	1	0	20
Рубежный контроль				
<i>Письменная контрольная работа</i>	15	1	0	15
Модуль 2. Стационарное тепловое поле				
Текущий контроль				
<i>Тест</i>	15	1	0	15
Рубежный контроль				
<i>Письменная контрольная работа</i>	15	1	0	15
Модуль 3. Нестационарное тепловое поле. Температурные волны.				
Текущий контроль				
<i>Тест</i>	15	1	0	15
Рубежный контроль				
<i>Письменная контрольная работа</i>	20	1	0	20
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
<i>Посещение лекционных занятий</i>			0	-6
<i>Посещение практических занятий</i>			0	-10
Поощрительные баллы				
<i>Публикация статей</i>	10	1	0	10
Итоговый контроль				
<i>Зачет</i>				

Оценочные средства

Тест

Описание теста:

Содержит задания для текущего контроля усвоения материала. Тест рассчитан на 30 минут, состоит из 10 заданий. Каждое задание представляет собой вопрос теоретического или практического характера с четырьмя вариантами ответов. Тестовые вопросы представлены в двух вариантах.

1. Геотермический градиент можно рассчитать по прямолинейному участку скважинной термограммы с геотермическим распределением температуры. Для этого:

- А) надо поделить приращение температуры к приращению глубины скважины
- Б) надо умножить приращение температуры к приращению глубины скважины
- В) надо поделить удельный тепловой поток на величину теплопроводности горных пород на данной глубине

2. Величина геотермического градиента с увеличением теплопроводности горных пород на данной глубине:

- А) растёт
- Б) уменьшается
- В) не меняется

3. Тепловой поток, это:

А) Количество тепла, прошедшее за единицу времени через некую площадь перпендикулярно к поверхности

Б) Количество тепла, прошедшее за единицу времени через единичную площадь перпендикулярно к поверхности

В) Произведение количества тепла на промежуток времени, за которое рассчитывается поток тепла

4. Удельный тепловой поток, это:

- А) поток тепла за единицу времени
- Б) поток тепла через единицу площади взятой перпендикулярно потоку
- В) поток тепла через единицу объема

5. Коэффициент теплопроводности в СИ измеряется в:

- А) Вт/м/К
- Б) Дж/кг/К
- В) Вт/м²К

6. Если в исследуемом интервале глубин ствола скважины нет выделения или поглощения тепла в породах и распределение температуры геотермическое, то удельный тепловой поток к поверхности Земли:

- А) увеличивается с увеличением глубины
- Б) уменьшается с увеличением глубины
- В) не изменяется с глубиной

7. Геотермический градиент показывает

- А) скорость изменения естественной температуры пород с глубиной
- Б) скорость изменения теплового потока из недр с глубиной
- В) изменение температуры с изменением глубины вдоль ствола скважины

8. Величина удельного теплового потока равна:

- А) произведению теплопроводности пород на геотермический градиент
- Б) отношению геотермического градиента к теплопроводности пород на данной глубине
- В) отношению теплопроводности пород к геотермическому градиенту на данной глубине

9. Удельный тепловой поток в системе СИ измеряется:

- А) Вт/м³

Б) Вт/м²

В) Вт/кг

10. Геотермический градиент в системе СИ измеряется в:

А) К/м²

Б) К/м

В) К*м

Критерии оценивания теста

Правильный ответ на вопрос теста оценивается в 1 - 2 балла в зависимости от сложности вопроса. Количество баллов указывается непосредственно в тесте.

Типовые задачи, предлагаемые на практические занятия

Описание практической работы

Практическая работа представляет из себя задачу, относящуюся к области моделирования теплового поля в недрах Земли.

1. Найти температуру в центре Земли, моделируя ее сферой радиуса R с однородным объемным тепловыделением ρH .

Дано: $q_s = q_r = R = 70$ мВт/м²; $\lambda = 4$ Вт/мК; $T_s = T_r = R = 300$ К; $R = 6400$ км.

Критерий оценивания:

0 – 2 балла: практическая работа не выполнена;

3 – 5 баллов: практическая работа формально выполнена, студент не может объяснить почему так она выполнена;

6 – 8 баллов: задача решена, но неправильно, студент не может найти ошибку.

9 – 12 баллов: задача решена, нет расчета, нет графика, нет анализа.

13 – 16 баллов: студент может объяснить свое решение, есть график, есть числовой результат, но он неверен.

17 – 20 баллов: задача решена, числовой результат верен, график построен правильно, анализ решения верен.

Типовые задачи, предлагаемые на контрольные работы

Описание контрольной работы

Контрольная работа представляет из себя задачу, относящуюся к области моделирования теплового поля в недрах Земли.

1. На поверхности плоской Земли температура скачком увеличилась на 10 градусов и постоянно поддерживается при этой новой температуре. Через какое время температура на глубине 1 метр увеличится на 1 градус? Через какое время на этой глубине изменение температуры составит 0.1 К? Температуропроводность пород 1.8 мм²/с.

Критерий оценивания:

0 – 2 балла: Задача не решена, нет постановки задачи, нет ответа на теоретический вопрос;

3 – 5 баллов: есть постановка задачи, задача не решена, нет ответа на вопросы теоретической части;

6 – 8 баллов: задача решена, но неправильно, нет ответа на вопросы по теории;

9 – 12 баллов: задача решена, нет расчета, нет графика, есть ответы на вопросы теоретической части;

13 – 16 баллов: есть решение задачи, есть график, есть числовой результат, но он неверен, ответы на вопросы теории верные;

17 – 20 баллов: задача решена, числовой результат верен, график построен правильно, анализ решения верен, ответы на теоретические вопросы верные.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Термогидродинамические исследования пластов и скважин нефтяных месторождений [Электронный ресурс]: учеб.-методическое пособие / Р.А. Валиуллин [и др.]; Башкирский государственный университет. — Уфа: РИО БашГУ, 2015. — https://elib.bashedu.ru/dl/read/Valiullin%20i%20dr_Termodinamicheskie%20issledovaniya%20plastov_up_2015.pdf/info

Дополнительная литература:

2. Кириченко Ю.В. Наука о Земле. Часть 2. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Кириченко Ю.В. - М.: Издательство МГГУ, 2009 - 225 с. — [URL:http://www.biblioclub.ru/book/100117/](http://www.biblioclub.ru/book/100117/)

3. Кириченко Ю.В. Наука о Земле. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Кириченко Ю.В. - М.: Издательство МГГУ, 2005 - 236с. — [URL:http://www.biblioclub.ru/book/100116/](http://www.biblioclub.ru/book/100116/)

4. Захаров В.С. Физика Земли: учебник / В.С. Захаров, В.Б. Смирнов. — Москва: ИНФРА-М, 2017. - 327 с. — <http://ecatalog.bashlib.ru/cgi-bin/zgate.exe?present+4548+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus>

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

А) Ресурсы Интернет

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система. Университетская библиотека онлайн. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства. Лань. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. – <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

5. <http://www.geofiziki.ru>

6. <http://geo.web.ru>

7. <http://www.geokniga.org>

Б) Программное обеспечение

1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор от 17.06.2013 г. № 104 Лицензия OLP NL Academic Edition. Бессрочная.

2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор от 12.11.2014 г. № 114. Лицензия OLP NL Academic Edition. Бессрочная.

3. Система централизованного тестирования Moodle. Лицензия <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование учебных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения (позволяющего проводить компьютерное тестирование, онлайн-курсы). Реквизиты подтверждающего документа
<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 216</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 216</p> <p>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория № 216</p> <p>4. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 216</p> <p>5. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации: читальный зал №2, аудитория № 528а</p>	<p>Аудитория № 216 Оборудование: 1. Проектор Epson EB-W06. – 1 шт. 2. Моноблок Dell Core (TM) i3-4150T 3.00GHz. – 1 шт. 3. Учебная специализированная мебель, доска, экран.</p> <p>Читальный зал № 2 Оборудование: 1. Учебный и научный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД. 2. ПК (моноблок). – 8 шт. 3. Количество посадочных мест – 80 шт.</p> <p>Аудитория № 528а Оборудование: 1. Графическая станция DEPO Race G535. – 10 шт. 2. Монитор ViewSonic VA2248-LED. – 10 шт. 3. Проектор Acer P1350W. – 1 шт. 4. Экран Screen Media Economy. – 1 шт. 5. Интерактивная доска Proptimax OP78-10-4 3М. – 1 шт. 6. Флипчарт доска белая/60*90. – 1 шт. 7. Коммутатор D-Link DGS-1100-16. – 1 шт. 8. Учебная специализированная мебель.</p>	<p>Лицензионное программное обеспечение:</p> <p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор от 17.06.2013 г. № 104 Лицензия OLP NL Academic Edition. Бессрочная. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор от 12.11.2014 г. № 114. Лицензия OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p>Лицензионное программное обеспечение, позволяющее проводить компьютерное тестирование:</p> <p>1. Система централизованного тестирования Moodle. Лицензия http://www.gnu.org/licenses/gpl.html</p>

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Физика твердой Земли на 7 семестр
Форма обучения очная

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	72.2
лекций	36
практических/ семинарских	36
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	35.8
Учебных часов на подготовку к зачету	

Форма контроля:
Зачет 7 семестр

№ № п/ п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль 1: Геотермическое поле							
1.	Источники теплового поля Земли. Радиационная температура поверхности Земли. Средняя температура поверхности Земли. Геотермический градиент. Удельный тепловой поток из недр земли. Механизмы теплопереноса в недрах Земли.	4	4		2	[8], з.5,6,7,12	Проверка практических работ
2.	Закон Фурье теплопроводности. Теплопроводность горных пород. Способы определения теплопроводности образцов горных пород.	4	4		2	[8], з.5,6,7,12	Контрольная работа 1 Тест 1
Модуль2: Стационарное тепловое поле							
3.	Вывод стационарного уравнения теплопроводности в среде с объемным тепловыделением. Анализ частных случаев. Граничные условия. Запись уравнения в различных системах координат.	4	4		4	[8], з.15,17,19,20,23	Проверка практических работ
4.	Постановка и решение задач о распределении температуры в телах в случае линейного, радиального и сферического теплового потока. Модель континентальной геотермы для плоской Земли. Различные функции распределения тепловых источников с глубиной.	4	4		5	[8], з.15,17,19,20,23	Проверка практических работ
5.	Геотерма вблизи поверхности Земли. Геотерма в мантии. Оценка мантийного теплового потока по распределению температуры вблизи поверхности Земли. Характерная глубина убывания радиоактивных источников тепла с глубиной.	4	4		4	[8], з.15,17,19,20,23	Контрольная работа 2 Тест 2
Модуль3: Нестационарное тепловое поле. Температурные волны.							
6.	Нестационарный теплоперенос путем теплопроводности. Вывод нестационарного уравнения теплопроводности.	4	4		4	[8], з.30-33,46	Проверка практических работ

	Уравнение теплопроводности в разных системах координат.						
7.	Характерное время и размер процесса теплопроводности. Задача Кельвина об оценке возраста Земли. Задача о нагреве полупространства для переменной температуры поверхности. Постановка и решение задачи. Теорема Дьюамеля, принцип линейной суперпозиции.	4	4		5	[8], з.30-33,46	Проверка практических работ
8.	Влияние на геотерму колебаний температуры на поверхности Земли. Применение принципа суперпозиции тепловых полей при оценке последствий последнего ледникового периода на распределении температуры в недрах Земли.	4	4		5	[8], з.30-33,46	Проверка практических работ
9.	Температура поверхности по гармоническому закону. Скин-слой суточных и сезонных колебаний температуры на пов. Земли. Глубина нейтрального слоя.	4	4		4.8	[8], з.30-33,46	Контрольная работа 3 Тест 3
	ИТОГО	36	36		35.8		