

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Деформационные процессы в массивах горных пород
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра теоретической и экспериментальной физики геосистем
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 30 час.
семинары: 60 час.
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 105 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: Г.Г. Кочарян, д-р физ.-мат. наук, профессор, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики геосистем 04.06.2020

Аннотация

Курс "Деформационные процессы в массивах горных пород" относится к вариативной части образовательной программы, изучается на 5 курсе.

Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные в процессе освоения дисциплины "Общая физика", "Математический анализ", "Уравнения математической физики", "Механика сплошных сред", "Основы сейсмологии и волновой геодинамики".

Изучение учебной дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки магистров, формирование соответствующих компетенций. По завершению курса студенты овладеют навыками грамотной обработки натурных данных и сопоставления их с теоретическими результатами, практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач геомеханики и геодинамики.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- овладение современным уровнем знаний о процессах деформирования массивов горных пород на разных иерархических уровнях. Изучение вопросов строения земной коры, закономерностей деформирования и разрушения горных пород, механики разломообразования, физики очага землетрясения, техногенными деформационными процессами, знакомство с применяемыми структурно-механическими моделями, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике для интерпретации наблюдательных данных.

Задачи дисциплины

- создание углубленного междисциплинарного представления о деформационных процессах в массивах горных пород;
- овладение методами применения современных геомеханических моделей для описания деформирования пород при освоении месторождений полезных ископаемых.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основы процессов деформирования и разрушения горных пород;
- фундаментальные Модели Земли, гипотезу «Тектоника плит»;
- строение и свойства разломов земной коры, основные закономерности разломообразования;
- модели процессов подготовки и инициирования землетрясений, излучения сейсмических волн, постсейсмической релаксации;
- закономерности деформирования коры при крупных ударных событиях;
- модели склоновых явлений;
- основные закономерности техногенных геодеформационных процессов;
- фундаментальные законы сейсмологии, основные свойства закономерности распространения и затухания сейсмических волн, сейсмическую модель Земли, модели очагов землетрясений;
- порядки численных величин, характерных для сейсмической модели Земли, скорости распространения сейсмических волн;
- современные проблемы сейсмологии.

уметь:

- систематизировать и обобщать как уже имеющуюся в литературе, так и самостоятельно полученную в ходе исследований информацию;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов наблюдений и теории;
- проводить анализ полученных результатов;
- пользоваться своими знаниями для определения основных параметров деформационных процессов;
- производить численные оценки по порядку величины;
- применять модели деформационных процессов для решения конкретных геофизических задач;
- анализировать экспериментальные и наблюдательные данные;
- оценивать достоверность и точность получаемых результатов;
- эффективно использовать автоматизированные системы обработки данных для анализа сейсмограмм.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки геофизических задач;
- навыками грамотной обработки натурных данных и сопоставления их с теоретическими результатами;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач геомеханики и геодинамики.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Деформационные процессы в кристаллическом твердом теле.	4	7		12
2	Разломы земной коры.	4	6		11
3	Трение горных пород.	4	8		10
4	Тектоника плит.	3	9		12

5	Землетрясения.	3	8		11
6	Природные деформ. процессы малой амплитуды.	3	4		7
7	Деформирование земной коры при кратерообразовании.	3	6		14
8	Деформирование и разрушение склонов.	3	6		13
9	Некоторые техногенные деформационные процессы.	3	6		15
Итого часов		30	60		105
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Деформационные процессы в кристаллическом твердом теле.

Теоретическая прочность твердого тела. Дефекты кристаллических тел. Основные механизмы и факторы пластических деформаций горных пород. Реологические модели. Прочность горных пород и критерии разрушения.

2. Разломы земной коры.

Элементы теории разломообразования. Породы в разломных зонах. Деформационные характеристики нарушений сплошности.

3. Трение горных пород.

Трение горных пород при различных давлениях. Адгезионная теория трения и износ поверхностей. Влияние на трение Р-Т условий и флюидов. Прерывистое скольжение.

4. Тектоника плит.

Сведения о строении Земли. Основы модели. Тектонические плиты и их границы. Движущий механизм «тектоники плит».

Семестр: 2 (Весенний)

5. Землетрясения.

Количественное описание масштаба землетрясения. Очаг землетрясения. Модели подготовки землетрясения. Анализ структуры разломной зоны по данным слабой сейсмичности.

Взаимодействие землетрясений. Статистика сейсмичности. Необычные движения по разломам.

6. Природные деформ. процессы малой амплитуды.

Приливы. Микросейсмический шум. Накопление малых возмущений на границах между блоками земной коры. Влияние плотностных неоднородностей в мантии на параметры современных движений земной коры. Гидрогеологический отклик подземных коллекторов на сейсмические колебания.

7. Деформирование земной коры при кратерообразовании.

Роль ударных событий в геологической истории. Общие сведения об ударном кратерообразовании. Подobie при ударном кратерообразовании. Модель аномально низкого трения в метеоритных кратерах. Примеры месторождений полезных ископаемых, ассоциированных с ударными кратерами.

8. Деформирование и разрушение склонов.

Типы склоновых явлений. Оценка устойчивости склона. Дальнопробежные лавины.

9. Некоторые техногенные деформационные процессы.

Механическое и сейсмическое действие взрыва в горном массиве. Физическое моделирование взрывов. Численное моделирование механического действия взрыва. Нарушение равновесия массива в результате ведения подземных работ. Динамические проявления горного давления в подземных выработках.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. М.: Мир. 1983.
2. Касахара К. Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – 264с.
3. Кочарян Г.Г. Деформационные процессы в массивах горных пород.- М.:МФТИ, 2011.-365с.
4. Кочарян Г.Г., Турунтаев С.Б. Введение в геофизику месторождений углеводородов. – М.: МФТИ, 2007. – 348с
5. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука, 1993 – 313с.
6. Тёркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика: Геологические приложения физики сплошных сред. Т.1-2; М.: Мир. 1985.

Дополнительная литература

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы). – М.: ИНЭК, 2005. – 254с.
2. Гудман Р. Механика скальных пород. – М. Стройиздат, 1987. – 230с.
3. Жарков В.Н., Внутреннее строение Земли и планет – М.: Наука, 1983. – 415с.
4. Кочарян Г.Г., Спивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород. – М.: ИКЦ Академкнига, 2003. 423с.
5. Мелош Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс. – М.: Мир, 1994. – 336с.
6. Райс Дж. Механика очага землетрясений. – М.: Мир, 1982. – 217с.
7. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. – М.: Недра, 1986. – 301с.
8. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс – М.: Наука, 1991. – С.96.
9. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. – М.: Наука, 2003. – 270с.
10. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л.: Недра, 1977. – 503с.
11. Marone C. Laboratory derived friction laws and their application to seismic faulting // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. – 1998. – V. 26. – P. 643–696.
12. Scholz C.H. The Mechanics of Earthquakes and Faulting. - New York: Cambridge University Press, 1990. - 435p.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Microsoft Office, PowerPoint, Mathcad, Matlab.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса «Деформационные процессы в массивах горных пород» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа самостоятельных работ на семинарах, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи и анализировать сейсмограммы.

Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра теоретической и экспериментальной физики геосистем
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: Г.Г. Кочарян, д-р физ.-мат. наук, профессор, преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Деформационные процессы в массивах горных пород » обучающийся должен:

знать:

- основы процессов деформирования и разрушения горных пород;
- фундаментальные Модели Земли, гипотезу «Тектоника плит»;
- строение и свойства разломов земной коры, основные закономерности разломообразования;
- модели процессов подготовки и инициирования землетрясений, излучения сейсмических волн, постсейсмической релаксации;
- закономерности деформирования коры при крупных ударных событиях;
- модели склоновых явлений;
- основные закономерности техногенных геодеформационных процессов;
- фундаментальные законы сейсмологии, основные свойства закономерности распространения и затухания сейсмических волн, сейсмическую модель Земли, модели очагов землетрясений;
- порядки численных величин, характерных для сейсмической модели Земли, скорости распространения сейсмических волн;
- современные проблемы сейсмологии.

уметь:

- систематизировать и обобщать как уже имеющуюся в литературе, так и самостоятельно полученную в ходе исследований информацию;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов наблюдений и теории;
- проводить анализ полученных результатов;
- пользоваться своими знаниями для определения основных параметров деформационных процессов;
- производить численные оценки по порядку величины;
- применять модели деформационных процессов для решения конкретных геофизических задач;
- анализировать экспериментальные и наблюдательные данные;
- оценивать достоверность и точность получаемых результатов;
- эффективно использовать автоматизированные системы обработки данных для анализа сейсмограмм.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки геофизических задач;
- навыками грамотной обработки натурных данных и сопоставления их с теоретическими результатами;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач геомеханики и геодинамики.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме контрольных/самостоятельных работ.

Каждое задание в контрольных самостоятельных работах оценивается определенным количеством баллов в конце условия каждого задания.

По итогам набранных баллов выставляется оценка.

Контрольная работа №1 Тема: Деформационные процессы в кристаллическом твердом теле.

1. Оценить теоретическую прочность известняка. (3)
2. Вывести формулу Гриффитса для случая плоского напряженного состояния. (5)
3. Оценить размер зоны текучести в носике трещины для стекла. (коэффициент интенсивности напряжений 0,7МПа м^{0,5}, предел текучести 100МПа). (3)
4. Вывести зависимость деформации от времени для тела Максвелла. (4)
5. Разрушится ли геоматериал с углом внутреннего трения 30°, величиной сцепления 2МПа в поле главных напряжений $\sigma_1=25$ МПа, $\sigma_2=40$ МПа. (5)
6. Записать реологические соотношения для диффузионной и дислокационной ползучести. (5)

Контрольная работа №2. Тема: Разломы Земной коры.

1. Вывести условие образования сброса. (4)
2. Вывести условие образования надвига. (4)
3. Вывести условие образования сдвига. (4)
4. Оценить жесткость разломной зоны, если амплитуда падающей продольной волны с периодом 0.4с выше амплитуды прошедшей в 2.5 раза. (4)
5. Рассчитать жесткость разломной зоны, если жесткость магистрального разрыва составляет 10МПа/мм, а суммарная жесткость трещин зоны влияния 2МПа/мм. (6)
6. Каким температурам соответствует зона упруго-пластического перехода в континентальной коре. (3)

Контрольная работа №3. Тема: Трение горных пород.

1. Записать закон Байерли для трения горных пород в разных диапазонах давлений. (2)
2. Оценить объем фрагментов износа на дистанции D. Задайте параметры необходимые для оценки. (6)

3. Вывести условие возникновения прерывистого скольжения. (6)
4. Вывести выражение для вариации коэффициента трения при изменении скорости скольжения с V_0 до V_1 ($V_1 > V_0$) с использованием модели "rate and state". (6)
5. Вывести выражение для оценки уровня минимальных напряжений необходимых для возникновения неустойчивости разлома. (5)

Контрольная работа №4. Внутреннее строение Земли. Тектоника плит

1. Вывести уравнение Адамса-Вильямсона. (4)
2. Оценить давление в центре Земли. (4)
3. Рассчитать разницу в плотности на границе мантия-ядро. (4)
4. Оценить возможность возникновения конвекции в мантии. (5)
5. Найти собственную частоту радиальных колебаний Земли. (4)
6. Оценить угол погружения плиты в зоне субдукции. (4)

Контрольная работа №5. Тема Землетрясения

1. Оценить сейсмический момент, магнитуду и угловую частоту спектра землетрясения с длиной разлома 30км. (4)
2. Вывести формулу для определения сейсмической энергии по параметрам сейсмических колебаний. (5)
3. Определить сейсмическую энергию, длину разлома и время подготовки землетрясения с магнитудой $M=6$. (4)
4. Записать баланс энергии для землетрясения. (4)
5. Вывести выражение для рекуррентного времени между землетрясениями, исходя из модели Рейда. (4)
6. Оценить изменение температуры в слое породы толщиной 1см на границе разлома в результате фрикционного нагрева для землетрясения с магнитудой $M=6$. (4)

Контрольная работа №6. Тема Природные деформационные процессы малой амплитуды

1. Оценить максимальную высоту твердого прилива на широте Москвы. (4)
2. Рассчитать изменение уровня воды в скважине в результате приливных деформаций для напорного пласта. (4)
3. Рассчитать изменение уровня воды в скважине в результате приливных деформаций для безнапорного пласта. (4)
4. Оценить максимальный и минимальный возможный уровень сейсмического фона в диапазоне частот 1-2Гц. (3)
5. Рассчитать характерные собственные частоты колебаний блока земной коры размером 10x10x10км. (6)
6. Оценить величину остаточных деформаций на трещине в массиве горных пород при воздействии сейсмических колебаний амплитудой 3см/с. (4)

Контрольная работа №7. Тема Деформирование земной коры при кратерообразовании и склоновые явления.

1. Оценить размер земного кратера при падении астероида диаметром 1 км со скоростью 20 км/с. (5)
2. Найти энергию удара, перевести в мегатонны ТНТ ($1 \text{ Мт ТНТ} = 4.2 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$) (3)
3. Оценить нагрев горных пород под кратером, считая, что энергия распределилась в полусфере с радиусом кратера. (6)
4. Оценить, как часто образуются на Земле такие кратеры? (4)
5. Вывести выражение для коэффициента устойчивости склона. (4)
6. Перечислить основные гипотезы, предложенные для объяснения явления дальнотрассовых лавин. (3)

Контрольная работа №8. Тема «Техногенные деформационные процессы».

1. Оценить радиус камуфлетной полости для взрыва мощностью 8кт в скальной породе. (3)

2. Оценить основной период колебаний, излучаемый взрывом мощностью 1000кг в скальной породе. (4)
3. Вывести зависимость максимальной скорости колебаний от веса заряда на большом расстоянии в однородной упругой среде. (5)
4. Выписать определяющий закон подобия для воронок от крупномасштабных взрывов на выброс. (4)
5. Каков порядок величины энергии горного удара, если площадь разрушения кровли составляет 1000м².(4)
6. Рассчитать величину максимального вертикального оседания земной поверхности, если длина и ширина подработанного пласта составляют 60% от его глубины, а величина прогиба кровли составляет 70см.(5)

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	25
отлично (9)	23
отлично (8)	21
хорошо (7)	19
хорошо (6)	17
хорошо (5)	15
удовлетворительно (4)	12
удовлетворительно (3)	10
неудовлетворительно (2)	8
неудовлетворительно (1)	не более 6

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Аттестация по дисциплине “Деформационные процессы в массивах горных пород” проводится в форме дифференцированного зачета (устного) и экзамена (устного).

Примерный перечень вопросов для дифференцированного зачета:

1. Теоретическая прочность твердого тела.
2. Дефекты кристаллических тел.
3. Основные механизмы и факторы пластических деформаций горных пород.
4. Реологические модели.
5. Прочность горных пород и критерии разрушения.
6. Элементы теории разломообразования.
7. Породы в разломных зонах.
8. Деформационные характеристики нарушений сплошности.
9. Трение горных пород.
10. Трение горных пород при различных давлениях.
11. Адгезионная теория трения и износ поверхностей.
12. Влияние на трение Р-Т условий и флюидов.
13. Прерывистое скольжение.
14. Тектоника плит.
15. Сведения о строении Земли.
16. Основы модели.
17. Тектонические плиты и их границы.
18. Движущий механизм «тектоники плит».

Примерный перечень экзаменационных билетов:

Билет № 1

1. Теоретическая прочность твердого тела

2. Динамические проявления горного давления в подземных выработках

Билет 2

1. Механизмы и факторы пластических деформаций горных пород. Компрессионная ползучесть при растворении.
2. Схематизация явления подземного взрыва в однородной среде

Билет 3

1. Механизмы и факторы пластических деформаций горных пород. Диффузионная ползучесть
2. Баланс энергии при землетрясении

Билет 4

1. Механизмы и факторы пластических деформаций горных пород. Дислокационная ползучесть.
2. Источники микросейсмического шума в разных частотных диапазонах.

Билет 5

1. Реологические модели. Модель Максвелла.
2. Объем очага и время подготовки землетрясения.

Билет 6

1. Реологические модели. Модель Кельвина-Фойхта.
2. Конструктивные и деструктивные границы тектонических плит.

Билет 7

1. Реологические модели. Обобщенная вязкоупругая модель
2. Типы склоновых явлений.

Билет 8.

1. Критерии прочности горных пород.
2. Спектр волн, излучаемых при землетрясении.

Билет 9.

1. Стадии деформирования и разрушения геоматериала. Эффект дилатансии.
2. Сейсмическая энергия.

Билет 10.

1. Прочность горных пород. Влияние порового давления.
2. Взаимодействие землетрясений. Миграция очагов.

Билет 11

1. Типы разломов земной коры и условия их образования.
2. Дальнопробежные лавины.

Билет 12

1. Породы в разломных зонах.
2. Описание масштаба землетрясения. Магнитуда и балльность.

Билет 13

1. Обобщенная модель разломной зоны.
2. Излучение сейсмического сигнала при взрыве.

Билет 14

1. Жесткость разломных зон.

2. Модели подготовки землетрясения. ДД модель.

Билет 15

1. Трение горных пород. Закон Байерли.
2. Скачок напряжений при землетрясении.

Билет 16

1. Трение горных пород. Влияние Р-Т условий.
2. Накопление малых возмущений на межблоковых границах.

Билет 17

1. Трение горных пород. Прерывистое скольжение.
2. Приливы в твердой Земле.

Билет 18

1. Трение горных пород. Зависимость фрикционного сопротивления от скорости и перемещения.
2. Характерные параметры разлома землетрясения.

Билет 19

1. Тектоника плит. Цикл Вильсона.
2. Модели подготовки землетрясения. Теория упругой отдачи.

Билет 20

1. Форшоки и афтершоки. Закон Омори.
2. Подобие при ударном кратерообразовании.

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если студент показал систематизированные знания учебной программы, уверенное и обоснованное их применение к решению поставленных задач, понимание физических основ расчетных методик, а также их области применимости, умение написать математические уравнения, описывающие предложенную конструкцию или физический процесс, с корректно поставленными граничными условиями.

Оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если студент показал систематизированные знания учебной программы, уверенное и обоснованное их применение к решению поставленных задач, понимание физических основ расчетных методик, а также их области применимости, умение подобрать математические уравнения, приближенно описывающие конструкцию или физический процесс.

Оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если студент показал систематизированные знания учебной программы, уверенное и обоснованное их применение к решению поставленных задач, понимание физических основ расчетных методик, а также их области применимости.

оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если студент показал знания учебной программы, их применение к решению поставленных задач, понимание физических основ расчетных методик, а также их области применимости, выводит основные математические соотношения, приведенные в курсе дисциплины, но при ответе на вопросы или решении задач допускает неточности.

оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если студент показал знания учебной программы, их применение к решению поставленных задач, а также их области применимости, но при ответе на вопросы или решении задач допускает неточности.

оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если студент показал знания учебной программы, их применение к решению поставленных задач, а также их области применимости, но при ответе на вопросы или решении задач допускает неточности, не выводит основные математические соотношения, приведенные в курсе дисциплины.

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, если студентом показаны навыки применения расчетных методик для решения задач, способность дать основные определения, приведенные в курсе дисциплины, но отсутствует понимание физических основ данных методик, их области применимости.

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, если студентом показаны навыки применения расчетных методик для оценки по порядку величины физических параметров, способность дать основные определения, приведенные в курсе дисциплины, но отсутствует понимание физических основ данных методик, их области применимости.

оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, если показана неспособность оценить по порядку какие-либо физические параметры, отсутствует понимание физических основ рассматриваемых процессов, незнание основных определений.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Порядок проведения контрольных работ:

Во время проведения контрольных работ обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, калькуляторами.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не может превышать 1,5 астрономических часа.

При подготовке к ответу на билет обучающийся может пользоваться программой дисциплины, а также бумажной литературой и конспектом лекций.

При ответе на билет обучающийся может пользоваться только записями, сделанными во время подготовки.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во ходе экзамена, при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.