

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 17:12:37

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Физика горных пород

Закреплена за подразделением Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля

Направление подготовки 21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

Профиль

Квалификация **Горный инженер (специалист)**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180  
в том числе: Формы контроля в семестрах:  
экзамен 5

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 58

часов на контроль 54

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя 19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	58	58	58	58
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Шведов Игорь Михайлович*

Рабочая программа

**Физика горных пород**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - специалитет Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности 21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА, 21.05.05-СФП-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля**

Протокол от г., №

Руководитель подразделения Винников В.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Изучение физико-технических свойств и физических процессов в горных породах, закономерностях формирования и изменения свойств и принципах их использования при решении актуальных задач современного горного производства.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Геология	
2.1.2	Математика	
2.1.3	Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков	
2.1.4	Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности	
2.1.5	Строительная геотехнология	
2.1.6	Учебная практика (геологическая)	
2.1.7	Механика	
2.1.8	Физика	
2.1.9	Основы горного дела	
2.1.10	Химия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Геомеханика	
2.2.2	Гидромеханика	
2.2.3	Горнопромышленная экология	
2.2.4	Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)	
2.2.5	Спецглавы математической физики	
2.2.6	Аэрология горных предприятий	
2.2.7	Нефтегазовая геотехнология	
2.2.8	Технология и безопасность взрывных работ	
2.2.9	Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-16: Способен использовать технические средства для оценки свойств горных пород и состояния массива, а также их влияния на параметры процессов добычи, переработки минерального сырья, строительства и эксплуатации подземных сооружений</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-16-31 Знать закономерности изменения физических свойств горных пород при действии различных физических полей и полей техногенного происхождения.
<b>ОПК-2: Способен применять знание фундаментальных наук, с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 Уметь использовать технические средства для исследования минерального состава и строения горных пород. Получать и рассчитывать количественные показатели физических параметров геоматериалов.
<b>УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и принимать решение в сложных ситуациях в рамках своей деятельности, умение обосновывать принятые решения, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 Получать экспериментальные данные, уметь их систематизировать, осуществлять анализ полученных результатов, количественно определять исследуемый параметр и принимать решение о возможном управлении вариативным процессом.

**ОПК-16: Способен использовать технические средства для оценки свойств горных пород и состояния массива, а также их влияния на параметры процессов добычи, переработки минерального сырья, строительства и эксплуатации подземных сооружений**

**Владеть:**

ОПК-16-В1 Методиками определения физических свойств горных пород.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. 1 Основные понятия в физике горных пород. Физические и физико-технические свойства горных пород.</b>							
1.1	Место физики горных пород в научном мире. Объекты и методы исследования. Особенности строения горных пород, Естественные и техногенные поля в массиве. Понятие физического свойства горной породы, количественного параметра. Горно-технологические свойства горных пород. Состав и строение минералов и горных пород. Понятие структуры и текстуры горных пород и их виды. Виды дефектов в кристаллических телах. /Лек/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л2.4 Э4		КМ1	
1.2	Определение коэффициента крепости горных пород. /Лаб/	5	2	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-В1	Л1.2Л2.4 Э2		КМ2	Р1
1.3	Определение абразивности горных пород. /Лаб/	5	2	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-В1	Л1.2Л2.4 Э2		КМ3	Р2
1.4	Работа с учебной и научной литературой. /Ср/	5	12	ОПК-16-31	Л1.2 Э6		КМ1	
	<b>Раздел 2. 2 Механические свойства горных пород</b>							
2.1	Понятие механических свойств горных пород. Напряжения и деформации в породах. Базовые плотностные и механические свойства пород. Упругие свойства минералов и горных пород. Тензорные методы описания упругих свойств. Параметры упругости пород. Зависимость упругих свойств горных пород от их минерального состава и строения. /Лек/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л2.4 Э4		КМ1	
2.2	Определение плотностных параметров горных пород. /Лаб/	5	4	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-31 ОПК-16-В1	Л2.4Л2.5 Э2		КМ4	Р3

2.3	Физика пластичности минералов и горных пород. Реологические свойства горных пород. Уравнение ползучести. Релаксация напряжений. Явление ползучести в мерзлых грунтах. /Лек/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л2.4 Э4		КМ1	
2.4	Физические теории прочности минералов и горных пород. Феноменологические теории прочности. Энергетическая интерпретация уравнения Гриффитса. Построение паспорта прочности горных пород. Теория Кулона-Мора. /Лек/	5	6	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л2.4 Э4		КМ1	
2.5	Повторение пройденного материала. Подготовка к лабораторным и практическим работам. /Ср/	5	12	УК-2-У1 ОПК-16-31 ОПК-16-В1	Л1.2Л2.4Л3. 3 Э6		КМ1	
2.6	Определение прочностных параметров горных пород. /Лаб/	5	3	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-31 ОПК-16-В1	Л1.2Л2.4Л3. 2 Э2		КМ5	Р4
2.7	Метод статистической обработки экспериментальных данных. Расчет математического ожидания и доверительного интервала. Обработка экспериментальных данных, полученных из лабораторной работы по определению пределов прочности образцов горных пород. /Пр/	5	6	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.1 Э2		КМ9	Р8
2.8	Акустические свойства горных пород. Источники упругих колебаний. Параметры упругих волн. Влияние текстурных особенностей горных пород на скорость упругих волн. /Лек/	5	2	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л2.4Л3. 1 Э4		КМ1	
2.9	Повторение пройденного материала. Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	5	12	УК-2-У1 ОПК-16-31 ОПК-16-В1	Л1.2Л2.4 Э6		КМ1	
2.10	Решение задач на механические свойства горных пород. /Пр/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л3.1 Л1.2Л2.4Л3. 4 Э6		КМ10	Р9
	<b>Раздел 3. 3 Тепловые свойства горных пород</b>							

3.1	Тепловые свойства горных пород. Распространение и накопление тепла в породном массиве. Параметры удельная теплоемкость и теплопроводность. Условие стационарного и нестационарного потока. Параметры теплопередачи. Тепловое расширение горных пород. Параметры теплового расширения. Термические напряжения в горных породах. /Лек/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2 Э6		КМ1	
3.2	Определение коэффициента линейного теплового расширения горных пород. /Лаб/	5	2	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-31 ОПК-16-В1	Л1.2 Э2		КМ1	Р5
3.3	Решение задач на тепловые свойства горных пород. /Пр/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л3.4 Э6	Типовые задачи находятся в библиотеке кафедры	КМ11	Р10
3.4	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Повторение пройденного материала. /Ср/	5	4	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2 Э4 Э6		КМ1	
	<b>Раздел 4. 4 Электромагнитные свойства горных пород</b>							
4.1	Виды поляризации в горных породах. Особые случаи поляризации минералов и горных пород. Поляризационные методы в электроразведке. Электрические свойства горных пород. Электрохимическая активность. Диэлектрические потери. /Лек/	5	6	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л3.2 Э1 Э6		КМ1	
4.2	Определение влажности горных пород по её диэлектрической проницаемости. /Лаб/	5	2	УК-2-У1 ОПК-2-У1 ОПК-16-31 ОПК-16-В1	Л1.2 Э2		КМ7	Р6
4.3	Решение задач на электромагнитные свойства горных пород. /Пр/	5	3	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л3.4 Э6	Типовые задачи находятся в библиотеке кафедры	КМ12	Р11
4.4	Повторение пройденного материала. Самоподготовка к практическим и лабораторным занятиям. /Ср/	5	6	УК-2-У1 ОПК-16-31	Л1.2Л3.3 Э1 Э6		КМ1	

4.5	Магнитные свойства горных пород. Природа ферромагнетизма. Особые свойства ферромагнетиков. Магнитные фазовые переходы. Температурные превращения основных железосодержащих минералов. /Лек/	5	2	ОПК-16-31	Л1.2Л2.1 Л2.3 Э1 Э6		КМ1	
4.6	Определение содержания магнетита в железной руде по ее относительной магнитной проницаемости. /Лаб/	5	2	УК-2-У1 ОПК -2-У1 ОПК-16- В1	Л1.2 Э2		КМ8	Р7
4.7	Повторение пройденного материала. Самоподготовка. Работа с учебной и научной литературой. /Ср/	5	12	УК-2-У1 ОПК -16-31	Л1.2Л2.3 Л3.4 Э1 Э6		КМ1	
<b>Раздел 5. 5 Радиационные свойства горных пород</b>								
5.1	Радиоактивность горных пород. Виды излучений. Закон радиоактивного распада. Радиоактивные руды и минералы. Основные технологические процессы переработки урановых руд. /Лек/	5	2	ОПК-16-31	Л1.2Л2.2 Э1 Э6		КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-16-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цели и задачи горной науки – физики горных пород. Основные понятия и определения. Объекты и методы исследований.</li> <li>2. Основные процессы горного производства. Понятие о физико-технических и горно-технологических параметрах горных пород и их взаимосвязи. Базовые физико-технические параметры пород.</li> <li>3. Общие закономерности изменения свойств горных пород от параметров состава и строения. Модели строения горных пород. Понятие анизотропии свойств.</li> <li>4. Основные особенности строения горных пород. Сравнение физических свойств породного массива и лабораторных образцов.</li> <li>5. Факторы, влияющие на численные значения физико-технических параметров горных пород. Физические поля в породных массивах.</li> <li>6. Особенности исследования физических свойств горных пород, их вариации и взаимосвязи. Сущность метода корреляционных зависимостей.</li> <li>7. Характеристика горной породы как гетерогенной среды. Строение кристаллических тел. Основные понятия для описания внутреннего строения кристаллов.</li> <li>8. Понятие структуры и текстуры горных пород. Характеристика и примеры.</li> <li>9. Типы горных пород в зависимости от внутренних структурных связей и происхождения. Пористость горных пород, параметры пористости.</li> <li>10. Дефекты строения горной породы. Понятие дефектов кристаллических структур.</li> <li>11. Плотностные свойства горных пород и их параметры.</li> </ol>

		<p>Характеристики силовых свойств. Понятие о механических свойствах горных пород.</p> <p>12. Напряжения и деформации в горных породах. Понятие и сущность тензора напряжения и деформации.</p> <p>13. Виды деформаций в горных породах. Типичные графики деформации горных пород.</p> <p>14. Упругие свойства горных пород. Элементы тензора упругости и деформации. Закон Гука для изотропного массива.</p> <p>15. Параметры упругости горных пород для скальных и рыхлых горных пород. Зависимость упругих свойств горных пород от их минерального состава и строения.</p> <p>16. Влияние пористости на упругие свойства горных пород. Влияние внешних физических и вещественных полей на упругие свойства пород. Понятие динамического модуля Юнга.</p> <p>17. Неупругое поведение горных пород. Модели пластических сред. Механизмы пластической деформации.</p> <p>18. Классификация точечных и линейных дефектов кристаллической структуры. Движение дислокаций в кристалле.</p> <p>19. Прочностные свойства горных пород. Понятие процесса разрушения как многостадийного процесса. Роль дислокаций в процессе разрушения.</p> <p>20. Теория хрупкого разрушения Гриффитса. Роль энергии упругой деформации в развитии трещины.</p> <p>21. Обобщенная теория квазихрупкого разрушения Орована-Ирвина. Роль пластических деформаций в процессе разрушения.</p> <p>22. Кинетическая теория разрушения твердых тел Журкова. Основные положения.</p> <p>23. Теория прочности Кулона –Мора. Критерий прочности горных пород. Принцип построения кругов напряжений.</p> <p>24. Понятие паспорта прочности горных пород. Принцип построения и интерпретация.</p> <p>25. Понятие реологических свойств горных пород. Стадии ползучести. Анализ уравнения ползучести. Понятие релаксации напряжений.</p> <p>26. Механизмы пластических деформаций в породах. Модели вязкоупругих тел. Диффузионная ползучесть Набарро-Херринга.</p> <p>27. Роль реологических процессов в горном деле. Реологические процессы в мерзлых грунтах.</p> <p>28. Понятие акустических свойства горных пород. Уравнение плоской волны. Типы упругих колебаний и их основные параметры распространения в породном массиве.</p> <p>29. Анализ скоростей распространения упругих волн в изотропных средах. Зависимость типа волны от упругих свойств среды.</p> <p>30. Влияние пористости, текстурных особенностей пород на скорости распространения упругих волн. Распространение упругих волн в поглощающих средах. Параметры поглощения.</p> <p>31. Взаимосвязи скоростей упругих волн и прочностными свойствами. Источники упругих колебаний. Методы изучения акустических свойств горных пород.</p> <p>32. Параметры поглощения тепла горными породами. Особенности гетерогенных термодинамических систем.</p> <p>33. Механизмы теплопроводности горных пород.</p> <p>34. Тепловые потоки в породном массиве. Условия стационарного и нестационарного потоков.</p> <p>35. Температуропроводность, теплопередача, теплоотдача горных пород. Анизотропия свойств. Теплопроводность пористых пород.</p> <p>36. Тепловое расширение горных пород. Зависимость от минерального состава, пористости. Анизотропия свойств.</p> <p>37. Механизмы термических напряжений в горных породах. Влияние теплового поля на физические свойства горных пород.</p> <p>38. Виды и механизмы поляризации горных пород. Явление электрострикции.</p> <p>39. Особые случаи поляризации минералов и горных пород. Поляризационные методы в электроразведке.</p>
--	--	---

			<p>40. Диэлектрическая проницаемость горных пород и минералов. Зависимость от минерального состава и строения.</p> <p>41. Электрохимическая поляризация и проводимость горных пород.</p> <p>42. Термины и определения в области магнетизма горных пород. Основные понятия о природе магнетизма ферромагнетиков. Магнитные эффекты в ферромагнитных минералах.</p> <p>43. Особые свойства ферромагнетиков. Кривая намагничивания, магнитный гистерезис.</p> <p>44. Магнитные фазовые переходы. Температурные превращения основных железосодержащих минералов. Термомагнитные кривые железистых кварцитов.</p>
КМ2	Защита лабораторной работы 1	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<p>1. Опишите методику определения коэффициента крепости горных пород методом толчения.</p> <p>2. Укажите вид функциональной связи между коэффициентом крепости по Протодьяконову М.М. и пределами прочности породы при сжатии и растяжении.</p> <p>3. Укажите пределы изменения коэффициента крепости пород по шкале профессора Протодьяконова М.М.</p> <p>4. В каких технологических расчетах используются значения коэффициента крепости?</p> <p>5. Определите связь между коэффициентом крепости горных пород и площадью вновь образованной поверхности?</p>
КМ3	Защита лабораторной работы 2	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<p>1) Что называется абразивностью горных пород? Как этот горнотехнологический параметр влияет на технико-экономические показатели горной техники?</p> <p>2) Какова связь между строением породы и абразивностью? Как влияет форма минеральных зёрен в породе на абразивность?</p> <p>3) На сколько классов делятся породы по шкале абразивности, разработанной в ИГД им. А.А. Скочинского?</p> <p>4) Перечислите элементы агрегатов горной техники, подвергающиеся интенсивному абразивному износу?</p> <p>5) Как будет изменяться величина абразивности при увеличении усилия прижима?</p> <p>6) Как изменится износ инструмента при вращательном бурении с увеличением числа оборотов?</p> <p>7) Как влияет удаление продуктов износа (например, промывка) на величину абразивности (увеличивает, уменьшает)?</p>
КМ4	Защита лабораторной работы 3	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<p>1. Как связаны плотность и пористость горных пород?</p> <p>2. Какие горные породы обладают объемной массой менее 2000 кг/м<sup>3</sup>?</p> <p>3. Существуют ли горные породы, которые легче воды? Приведите примеры.</p> <p>4. Как можно определить объемную массу горной породы, растворяющейся в воде (например, каменной соли)?</p> <p>5. Если вода, в которой производят гидростатическое взвешивание, будет сильно минерализована, а в расчетах будет использовано значение плотности дистиллированной воды, какова будет погрешность измерения объемной массы?</p> <p>6. Если порода при пикнометрировании будет недостаточно тонко из-мельчена, то какая будет погрешность в определении плотности - в сторону завышения или занижения плотности породы?</p>

КМ5	Защита лабораторной работы 4	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Опишите методику определения предела прочности горных пород при сжатие и на растяжение?</li> <li>2. Какой параметр определяется на паспорте прочности при нормальных напряжениях, равных нулю?</li> <li>3. Какова должна быть толщина пластины для определения пределов прочности горных пород методом раскалывания?</li> <li>4. Что такое паспорт прочности горной породы?</li> <li>5. В каких расчетах используются прочностные свойства горных пород?</li> <li>6. Для чего необходима параллельность поверхностей пластины при определении предела прочности горных пород при сжатии и растяжении?</li> <li>7. С какой минимальной точностью должна выдерживаться параллельность поверхностей пластин при определении предела прочности при растяжении методом раскалывания?</li> <li>8. Во сколько раз (примерно) отличается предел прочности при растяжении от предела прочности при сжатии?</li> <li>9. Какие параметры можно определить из построенного Вами паспорта прочности горной породы?</li> <li>10. Какой параметр можно косвенно определить по скорости упругих волн?</li> </ol>
КМ6	Защита лабораторной работы 5	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объясните физический смысл коэффициентов линейного и объемного теплового расширения. Указать пределы изменения.</li> <li>2. Назовите тела, обладающие очень большими или очень маленькими значениями коэффициентов линейного (объемного) теплового расширения</li> <li>3. Как влияют фазовые переходы в минералах горных пород на величину <math>\alpha</math>? Уменьшают, увеличивают? Приведите примеры.</li> <li>4. Дать физическое толкование полученной температурной зависимости <math>\alpha = f(T_{cp})</math>.</li> <li>5. Будут ли и какие изменения абсолютных значений и вида температурной зависимости <math>\alpha=f(T_{cp})</math>, если измерения производить на меньшем температурном интервале (вместо 50°С 10°С) и наоборот - на большом температурном интервале (например, 100°С)?</li> <li>6. Как рассчитать коэффициент объемного теплового расширения при известном значении <math>\alpha</math>?</li> </ol>
КМ7	Защита лабораторной работы 6	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какой параметр лежит в основе диэлькометрического метода измерения влажности горных пород?</li> <li>2. В каких пределах изменяется относительная диэлектрическая проницаемость большинства горных пород?</li> <li>3. Как соотносятся величины относительных диэлектрических проницаемостей горных пород и воды?</li> <li>4. Существует ли оптимальная частота измерений для метода диэлькометрии?</li> <li>5. Что называется массовой влажностью?</li> <li>6. Что называется объемной влажностью?</li> <li>7. Какие методы измерения влажности горных пород Вам известны?</li> <li>8. Какой параметр лежит в основе кондуктометрического метода измерения влажности горных пород?</li> <li>9. В каких единицах в системе СИ измеряется абсолютная диэлектрическая проницаемость?</li> <li>10. В каких единицах в системе СИ измеряется относительная диэлектрическая проницаемость?</li> <li>11. Что нужно сделать с образцом горной породы, чтобы исключить влияние строения породы на результаты диэлькометрии?</li> <li>12. Что такое массовая влажность?</li> </ol>

КМ8	Защита лабораторной работы 7	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	<p>1. Объяснить физический смысл магнитной проницаемости и магнитной восприимчивости. Указать пределы изменения.</p> <p>2. Объяснить принцип измерения магнитной проницаемости, лежащий в основе лабораторной работы.</p> <p>3. Дать объяснения полученной зависимости <math>\mu_D = f(\text{Fe}_3\text{O}_4 \%)</math>.</p> <p>4. Объяснить, изменится ли и как вид тарировочного графика, если вместо магнетита в качестве ферромагнитной компоненты в породе использовать другой ферромагнитный минерал (например, пирротин).</p>
КМ9	Защита расчета индивидуального задания.	ОПК-2-У1	<p>Алгоритм статистической обработки экспериментальных результатов.</p> <p>Цель: - выявление среднего параметра (<math>\bar{X}</math>) и определение доверительного интервала (<math>\Delta x</math>).</p> <p>1. Определяем среднее арифметическое значение величины:  <math display="block">\bar{X} = (\sum_{i=1}^n x_i) / n</math></p> <p>2. Определяем выборочную дисперсию из случайной выборки <math>S_2</math> (отклонение от среднего арифметического):  <math display="block">S_n^2 = (\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2) / (n-1)</math></p> <p>3. Определяем среднюю квадратичную ошибку единичного результата (эмпирический стандарт)- мера рассеяния от среднего значения:  <math display="block">S_n = \sqrt{S_n^2}</math></p> <p>4. Определяем коэффициент вариации:  <math display="block">K_v = S_n / \bar{X} \cdot 100\%</math></p> <p>5. Ошибка среднего арифметического при достоверности <math>\alpha = 0,95</math>:  <math display="block">S_{(\bar{X})} = \pm (2S_n) / \sqrt{(n-1)}</math></p> <p>6. Доверительный интервал при достоверности <math>\alpha = 0,95</math>, <math>t_c = 2,3</math> (коэффициент Стьюдента):  <math display="block">\Delta X = t_c \cdot S_{(\bar{X})}</math></p> <p>7. Окончательная запись значения параметра: <math>X = \bar{X} \pm \Delta X</math>  Такая запись показывает, что среднее значение параметра <math>X</math> равно <math>\bar{X}</math> а его отклонение от среднего арифметического в 95% случаев не превышает пределов <math>\pm \Delta X</math>.</p> <p>8. Погрешность вычисления <math>\epsilon = \Delta X / \bar{X} \cdot 100\%</math></p>
КМ10	Контрольная работа 1	ОПК-2-У1	<p>Вариант 1  Модуль Юнга образца составляет 50 ГПа при его относительной деформации в 4,8 мм в условиях одноосного сжатия, при этом предел прочности на растяжение составил 27 МПа. Определить коэффициент хрупкости породы.</p> <p>Вариант 2  Предел упругости песчаника составляет <math>\sigma_E = 50</math> МПа, а <math>\sigma_{сж} = 190</math> МПа, при этом полная пластическая деформация составляет 1,5·10<sup>-3</sup> м. Определить модуль пластичности породы.</p> <p>Вариант 3  Модуль Юнга для алевролита составляет <math>E = 35</math> ГПа, а коэффициент пластичности при этом равен <math>k_{пл} = 0,75</math>. Чему будет равен модуль деформации <math>E_{деф}</math>?</p> <p>Вариант 4  Определить коэффициенты пластичности <math>k_{пл}</math> и хрупкости породы <math>k_{хр}</math>, если известны: <math>\sigma_{сж} = 280</math> МПа; <math>E = 70</math> ГПа; <math>\sigma_E = 260</math> МПа; <math>E_{пл} = 60</math> ГПа.</p> <p>Вариант 5  Определить коэффициенты пластичности <math>k_{пл}</math> и хрупкости породы <math>k_{хр}</math>, если известны:  <math>\sigma_{сж} = 140</math> МПа; <math>E = 80</math> ГПа; <math>\sigma_E = 40</math> МПа;  <math>E_{пл} = 20</math> ГПа.</p>
КМ11	Контрольная работа 2	ОПК-2-У1	Типовые задачи находятся в библиотеке кафедры
КМ12	Контрольная работа 3	ОПК-2-У1	Типовые задачи находятся в библиотеке кафедры

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа 1	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение коэффициента крепости горных пород методом толчения.
P2	Лабораторная работа 2	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение показателя абразивности горных пород.
P3	Лабораторная работа 3	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение плотностных параметров горных пород.
P4	Лабораторная работа 3	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение прочностных параметров горных пород - пределов прочности на растяжение и сжатие.
P5	Лабораторная работа 4	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение коэффициента линейного теплового расширения горных пород.
P6	Лабораторная работа 5	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение влажности горных пород по её относительной диэлектрической проницаемости.
P7	Лабораторная работа 6	УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1	Определение содержания магнетита в железной руде по её относительной магнитной проницаемости.
P8	Практические занятия 1	ОПК-2-У1	Статистическая обработка экспериментальных данных. Расчет параметров прочностных свойств горных пород.
P9	Практическое занятие 2	ОПК-2-У1	Решение задач на механические свойства горных пород.
P10	Практическое занятие 3	ОПК-2-У1	Решение задач на тепловые свойства горных пород.
P11	Практическое занятие 4	ОПК-2-У1	Решение задач на электромагнитные свойства горных пород.

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

В экзаменационный билет входят два теоретических вопроса и одна задача. Задачи в билетах являются типовыми, навыки решения которых обучающиеся получают в процессе освоения дисциплины. Экзаменационные билеты хранятся на кафедре.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Допуск к экзамену происходит при выполнении и защите всех лабораторных работ и положительных результатов решенных контрольных работ. Освоенные компетенции УК-2-У1;ОПК-16-В1;ОПК-2-У1.

Критерий получения оценки на экзамене (Проверка степени усвоения компетенций ОПК-16-В1; ОПК-2-У1):

отлично - правильные ответы на два теоретических вопроса и правильно решенная задача.

хорошо - правильный ответ на один из теоретических вопросов и правильно решенная задача; или правильные ответы на два теоретических вопроса и намечено решение задачи.

удовлетворительно - правильный ответ на один вопрос или правильно решенная задача.

неудовлетворительно - незнание диапазонов изменчивости и единиц измерения основных параметров, характеризующих базовые свойства горных пород, экспериментальных методов их определения, методов исследований в области физики горных пород и процессов горного производства.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Каркашадзе Г. Г.	Задачник по разрушению горных пород: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2008
Л1.2	Ржевский В. В., Новик Г. Я.	Основы физики горных пород: учебник для студ. горн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1984

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Гончаров С. А., Ананьев П. П., Иванов В. Ю.	Разупрочнение горных пород под действием импульсных электромагнитных полей: монография	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2006
Л2.2	Гупало Т. А., Спешилов С. Л.	Контроль радиационной безопасности окружающей среды: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки бакалавров "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2002
Л2.3	Гридин О. М., Гончаров С. А.	Электромагнитные процессы: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва" напр. подготовки "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2009
Л2.4	Шведов И. М.	Физика горных пород. Механические свойства горных пород (N 3458): курс лекций	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л2.5	Янченко Г. А.	Физика горных пород. Плотностные свойства горных пород и грунтов и факторы, их определяющие (N 3432): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Ямщиков В. С.	Волновые процессы в массиве горных пород: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Физические процессы горного пр-ва"	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1984
Л3.2	Тюльнина В. П., Хаяутин А. Д., Христолюбов В. Д., Янченко Г. А.	Физика горных пород и процессов. Термины и определения: учеб. пособие для подготовки бакалавров по напр. Т.06 "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 1998
Л3.3	Гончаров С. А., Пашенков П. Н., Плотникова А. В.	Физика горных пород. Физические явления и эффекты в практике горного производства (N 2721): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016
Л3.4	Наумов К. И., Шведов И. М.	Основы физики горных пород: метод. указания по вып. контрольных задач для студ. спец. 'Безопасность технологических процессов и производств'	Библиотека МИСиС	М.: [МГГУ], 2008

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Физика горных пород	<a href="https://www.geokniga.org/books/18747">https://www.geokniga.org/books/18747</a>
Э2	Лабораторный практикум по физике горных пород	<a href="https://www.studmed.ru/science/geologic/fizika-porod-plastov-massivov/fizika-gornyh-porod">https://www.studmed.ru/science/geologic/fizika-porod-plastov-massivov/fizika-gornyh-porod</a>
Э3	Физика горных пород. Физические явления в практике горного производства.	<a href="https://bookz.ru/authors/anna-plotnikova/pdf_fizika-g_30818321.html">https://bookz.ru/authors/anna-plotnikova/pdf_fizika-g_30818321.html</a>
Э4	Физика горных пород. Курс лекций.	<a href="http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987748563">http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987748563</a>
Э5	Физика горных пород. Плотностные свойства.	<a href="http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987750944">http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987750944</a> . —
Э6	Физика горных пород. Электронная библиотека МИСиС.	<a href="http://elcat.lib.misis.ru/vmsua5379ghkip/app/webroot/index.php?url=/Kaf/view/64">http://elcat.lib.misis.ru/vmsua5379ghkip/app/webroot/index.php?url=/Kaf/view/64</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft Office
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Л-237	Учебная аудитория	блок системный P4 3.0 Cel/512/80/VGA/CDRW+DVD/SB,DIMM,80Gb,Video, Kb,mouse-2шт., монитор ACER 19" AL1923 W/SPEAKER - 2шт., весы KERN EG 300-3M -2шт., измеритель E-7-12 -1шт., измеритель E-7-14 -1шт., компьютер в сборе: системный блок: Core i3 2120 3.30Ghz/Intel DH67CF/4Gb/750Gb.-1шт., прибор ультразвуковой УК-151м -1шт., принтер Q5927HJ 1320(A4, 12000dpi, 21ppm, USB)-1шт., электропечь SNOL -1шт., прибор УКБ-1М -1шт., машина ИП-6010-100-1 -1шт., машина ИП-6012-1000-1 -1шт., электропечь SNOL -1шт., вакуумный сушильный шкаф, установка для определения линейного коэффициента теплового расширения, прибор для определения теплопроводности ИТП-4, установка для определения коэффициента крепости по М.М.Протодяконову, установка для определения диэлектрической проницаемости горных пород
Л-740	Лекционная аудитория	комплект учебной мебели на 132 рабочих мест, рабочее место преподавателя с персональным компьютером, без доступа к ИТС «Интернет»
Л-740	Лекционная аудитория	комплект учебной мебели на 132 рабочих мест, рабочее место преподавателя с персональным компьютером, без доступа к ИТС «Интернет»
Л-740	Лекционная аудитория	комплект учебной мебели на 132 рабочих мест, рабочее место преподавателя с персональным компьютером, без доступа к ИТС «Интернет»
Холл библиотеки (Г)	Библиотека:	комплект специализированной мебели

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Методические рекомендации по решению задач и варианты заданий находятся в библиотеке кафедры.