


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №10 от «24» июня 2017 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

*(наименование дисциплины)*

Б1.В.ДВ.09.01 вариативная часть, дисциплина по выбору

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика,

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки


Моделирование нефтегазовых процессов

*(наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

Магистр

*(квалификация)*

Разработчик (составитель) <u>к.ф.-м.н.,</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 _____/ <u>Ильясов А.М.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
--	--

Для приема: 2017 г.

Уфа 2017 г.

Составитель / составители: Ильясов Ф.Ф.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «24» июня 2017 г. №10

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры: изменена литература, протокол № 11 от «14» июня 2018 г

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А.

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
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	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

**ОК-1** способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

**ПК-1** способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Результаты обучения		Формируемая компетенция* (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Современные представления о напряженно-деформированном состоянии упругого тела;	ОК-1	
	2. Современные методы научных исследований в области теории упругости;	ПК-1	
Умения	1. Применение фундаментальных знаний для решения профессиональных задач;	ОК-1	
	2. Решать конкретные прикладные задачи, связанные с упругим состоянием нефтегазовых пластов;	ПК-1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владение способностью к анализу и синтезу разделов теории упругости для решения профессиональных задач	ОК-1	
	2. Навыками самостоятельно ставить и решать прикладные задачи научных исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.	ПК-1	

**2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теория упругости» относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Цель дисциплины: Дисциплина «Теория упругости» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы в области моделирования нефтегазовых процессов.

Данный курс предназначен для студентов направления 03.04.02 «Физика». Курс «Теория упругости» рассматривает модель линейно-упругого тела, подверженного обратимым бесконечно-малым деформациям. Большое количество природных и технологических процессов в нефтенасыщенных пластах, связанных с деформированием, с достаточной для практики точностью можно описать в рамках линейной теории упругости.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями «Теоретической механики» и «Термодинамики». По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с такими предметами как «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Математический анализ», «Дифференциальная геометрия», «Методы мат. физики», «Теория функций комплексной переменной», «Численные методы и вычислительная математика», «Интегральные уравнения и

вариационное исчисление» и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и математического моделирования процессов, в которых основную роль играют упругие деформации.

### 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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОК-1 Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Современные представления о напряженно-деформированном состоянии упругого тела;	Имеет частичные знания законы анализа, синтеза.	В целом знает о теоретические основы, основные понятия, законы анализа, синтеза.	Знает теоретические основы, основные понятия, законы анализа, синтеза.	Знает : теоретические основы, основные понятия, законы анализа, синтеза. Свободно владеет
Второй этап (уровень)	Уметь: Применять фундаментальные знания для решения профессиональных задач;	Не показывает сформированные умения пользоваться приемами анализа в расчетах	Умеет частично пользоваться приемами анализа в расчетах	Умеет пользоваться приемами анализа в расчетах	Умеет пользоваться приемами анализа в расчетах Свободно владеет материалом

Третий этап (уровень)	Владеть: способностью к анализу и синтезу разделов теории упругости для решения профессиональных задач	Не владеет методами методами обработки и анализа теоретической информации и анализа	Владеет методами обработки и анализа теоретической информации и анализом и синтезом при проведении расчетов	Использует методами обработки и анализа теоретической информации и анализом и синтезом при проведении расчетов	Владеет в полной мере методами обработки и анализа теоретической информации и анализом и синтезом при проведении расчетов
-----------------------	--	---	---	--	---

ПК-1\_Способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: Современные методы научных исследований в области теории упругости;	Имеет частичные знания : границы применимости и различных ИТ	В целом знает о границы применимости различных ИТ в прикладных задачах	Знает границы применимости различных ИТ в прикладных задачах	Знает : границы применимости различных ИТ в прикладных задачах Свободно владеет
Второй этап (уровень)	Уметь: Решать конкретные прикладные задачи, связанные с упругим состоянием нефтегазовых пластов;	Не показывает сформированные умения самостоятельно ставить задачи научных исследований	Умеет частично самостоятельно ставить задачи научных исследований	Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области нефтегазового пласта с использованием информационных технологий	Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области нефтегазового пласта с использованием информационных технологий Свободно владеет материалом

Третий этап (уровень)	Владеть: Навыками самостоятельно ставить и решать прикладные задачи научных исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта..	Не владеет способностью ставить задачи научных исследований в области ПФ	Владеет способностью ставить задачи научных исследований в области ПФ	Использует постановку задачи научных исследований в области ПФ и решать их с помощью информационных технологий с использованием мирового опыта	Владеет в полной мере способностью ставить задачи научных исследований в области ПФ и решать их с помощью информационных технологий с использованием мирового опыта
-----------------------	---	--	---	--	---

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 60 баллов; рубежный контроль – максимум 40 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Современные представления о напряженно-деформированном состоянии упругого тела;	ОК-1	контрольные работы; тесты; решение задач;
	2. Современные методы научных исследований в области теории упругости;	ПК-1	
2-й этап Умения	1. Применение фундаментальных знаний для решения профессиональных задач;	ОК-1	контрольные работы; тесты; решение задач;
	2. Решать конкретные прикладные задачи, связанные с упругим состоянием нефтегазовых пластов;	ПК-1	
3-й этап	1. Владение способностью к анализу и	ОК-1	контрольные работы;

Владения (навыки / опыт деятельности)	синтезу разделов теории упругости для решения профессиональных задач		тесты; решение задач;
	2. Навыками самостоятельно ставить и решать прикладные задачи научных исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.	ПК-1	

### Структура экзаменационного билета:

Билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи.

Примерные вопросы для экзамена:

1. Соглашение о суммировании. «Немой» и «свободный» индексы. Символы Кронекера и Леви-Чивиты и их свойства. Переход от одной декартовой системы координат к другой. Законы преобразования компонент вектора и тензоров 2, 3 и 4 ранга при таких переходах. Скаляр.
2. Разложение произвольного тензора 2 ранга на симметричный и антисимметричный тензоры. Ротор вектора и вектор-градиент в декартовой системе координат. Разложение произвольного тензора 2 ранга на шаровой тензор и девиатор. Главные оси и главные значения симметричного тензора 2 ранга. Базисные инварианты симметричного тензора второго ранга, его шаровой части и девиатора.
3. Главный вектор и главный момент массовых и поверхностных сил в сплошной среде. Вектор напряжения и его свойства. Напряженное состояние. Формула Коши и тензор напряжений. Знаки компонент тензора напряжений. Разложение вектора напряжений на нормальную и касательную составляющие.
4. Необходимые условия равновесия сплошной среды. Симметрия тензора напряжений в классической теории упругости. Граничные условия. Достаточные условия равновесия сплошной среды. Уравнения движения сплошной среды. Базисные инварианты симметричного тензора напряжений. Шаровая часть и девиатор тензора напряжений.
5. Вектор перемещений и деформированное состояние. Тензор деформации и его связь с вектором перемещений. Тензор бесконечно-малых деформаций. Тензор градиент перемещений. Относительное удлинение волокна упругой среды. Механический смысл компонент тензора деформаций. Физический смысл разложения тензора деформации на шаровой тензор и девиатор.
6. Главные оси и главные значения тензора деформаций. Коэффициент относительного объемного расширения (дилатация). Формула Чезаро определения перемещений по компонентам тензора деформаций. Условия совместности деформаций Сен-Венана. Тензор несовместности.
7. Упругие и остаточные деформации. Кинетическая энергия деформации и работа внешних сил. Приращение работы деформации и уравнение притока тепла. Внутренняя энергия и свободная энергия Гельмгольца. Упругие потенциалы при изотермическом и адиабатическом деформировании тела. Обобщенный закон Гука для анизотропных упругих тел. Триклинное, моноклинное и ортотропное упругое тело. Трансверсально-изотропное и изотропное упругие тела.
8. Обобщенный закон Гука в изотропной однородной упругой среде. Упругие постоянные и соотношения между ними. Положительность модулей упругости (кроме коэффициента



Пуассона) Ограничения на величину коэффициента Пуассона. Ауксетики. Закон Дюамеля-Неймана в случае учета температурных напряжений в однородной изотропной упругой среде.

9. Основные уравнения изотропной линейной теории упругости. Три основные постановки прямых статических и динамических краевых задач линейной теории упругости. Прямая и обратная задачи теории упругости. Теорема единственности для трех основных задач статической линейной теории упругости (формулировка).

10. Уравнения упругого равновесия в перемещениях (Уравнения Ламэ). Уравнения равновесия в напряжениях (Уравнения Бельтрами-Мичела). Полуобратный метод Сен-Венана. Принцип Сен-Венана.

11. Волны в упругих средах.

12. Простейшие задачи теории упругости: растяжение-сжатие бруса, кручение бруса, изгиб бруса, задача Ламэ.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 2.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### Контрольная работа

Пример варианта контрольной работы:

#### Комплект тестов (тестовых заданий)

по дисциплине «Теория упругости»

1. Ранг тензора напряжений или тензора деформации определяется:

- А) числом индексов    Б) законом преобразования    В) числом немых индексов    Г) числом свободных индексов

2. В классической теории упругости взаимодействие между частицами упругого тела является:  
 А) гравитационным Б) центральным В) моментным Г) сильным
3. Сколько инвариантов имеется у тензора деформации или тензора напряжений в классической теории упругости:  
 А) 1 Б) 2 В) 3 Г) 4
4. Если тензор напряжений или тензор деформаций в некоторой декартовой системе координат имеет диагональный вид, то эта система координат называется:  
 А) декартовой Б) диагональной В) главной Г) ортонормированной
5. Число независимых компонент тензора напряжений или тензора деформаций в классической теории упругости равно:  
 А) 5 Б) 6 В) 7 Г) 9
6. Тензор напряжений или тензор деформаций в классической теории упругости является:  
 А) кососимметричным Б) фундаментальным В) симметричным Г) смешанным
7. Диагональные компоненты бесконечно-малого тензора деформации определяют:  
 А) поворот осей координат Б) относительное удлинение малых элементов упругого тела ориентированных вдоль осей координат до деформации В) поворот элемента упругой среды относительно подвижной системы координат Г) сдвиги в упругой среде
8. Недиагональные компоненты бесконечно-малого тензора деформации определяют:  
 А) объемное расширение упругой среды Б) поворот осей координат В) относительное удлинение малых элементов упругого тела ориентированных вдоль осей координат до деформации Г) углы скашивания между малыми элементами упругого тела ориентированными до деформации вдоль осей координат
9. Уравнения совместности Сен-Венана деформаций упругой среды определяют:  
 А) коллапс упругой среды Б) разрывы в упругой среде В) выворачивание упругой среды Г) сплошность упругой среды
10. Соотношения Коши это:  
 А) определение тензора напряжения внутри упругого тела на произвольно ориентированной площадке Б) условие совместности напряжений В) следствие уравнений равновесия Г) условие совместности деформаций
11. Диагональные компоненты тензора напряжений Коши задают:  
 А) сдвиговые напряжения в упругом теле Б) поворотные напряжения в упругом теле В) нормальные напряжения в упругом теле Г) крутильные напряжения в упругом теле
12. Недиагональные компоненты тензора напряжений Коши задают:  
 А) разглаживающие напряжения в упругом теле Б) расширяющие напряжения в упругом теле В) сжимающие напряжения в упругом теле Г) сдвиговые напряжения в упругом теле
13. Для равновесия сплошной упругой среды уравнения равновесия являются условиями:  
 А) достаточными Б) необходимыми В) тривиальными Г) необходимыми и достаточными
14. При изотермическом деформировании упругим потенциалом является:

- А) внутренняя энергия Б) энтальпия В) свободная энергия Гельмгольца Г) Энергия Гиббса
15. При адиабатическом деформировании упругим потенциалом является:  
А) внутренняя энергия Б) энтальпия В) свободная энергия Гельмгольца Г) Энергия Гиббса
16. Изотропная упругая среда определяется упругими константами в количестве:  
А) 2      Б) 5      В) 9      Г) 13
17. Модуль Юнга изотропной упругой среды определяет:  
А) жесткость упругой среды при ее растяжении    Б) отношение поперечной деформации к продольной деформации при ее растяжении    В) податливость упругой среды при ее растяжении    Г) пластичность упругой среды
18. Коэффициент Пуассона изотропной упругой среды определяет:  
А) жесткость упругой среды при ее растяжении    Б) отношение поперечной деформации к продольной деформации при ее растяжении    В) податливость упругой среды при ее растяжении    Г) пластичность упругой среды
19. В статической теории упругости для корректного решения замкнутой системы уравнений нужно задать:  
А) начальные условия    Б) граничные условия    В) дополнительные условия    Г) условие совместности
20. Уравнения Ламэ' – это уравнения равновесия упругой среды:  
А) в напряжениях    Б) в деформациях    В) в перемещениях    Г) в скоростях деформаций
21. Уравнения Бельтрами–Митчела – это уравнения равновесия упругой среды:  
А) в напряжениях    Б) в деформациях    В) в перемещениях    Г) в скоростях деформаций
22. Полуобратный метод Сен-Венана – это:  
А) численный метод решения уравнений теории упругости    Б) прямой метод решения уравнений теории упругости    В) метод «угадывания» решения уравнений теории упругости    Г) приближенный метод решения уравнений теории упругости
23. Принцип Сен-Венана – это способ:  
А) приближенного задания начальных условий    Б) приближенного задания условий совместности напряжений    В) приближенного задания граничных условий    Г) приближенного решения уравнений теории упругости
24. При гипотезе Неймана силовые и температурные деформации:  
А) складываются    Б) вычитаются    В) умножаются    Г) делятся
25. Ауксетики – это материалы с:  
А) положительным модулем Юнга      Б) отрицательным модулем Юнга  
В) положительным коэффициентом Пуассона    Г) отрицательным коэффициентом Пуассона

### Решение задач

1. Законы преобразования компонент тензоров напряжений, деформаций (тензоров 2 ранга) и упругих модулей или податливостей (тензоров 4 ранга) при преобразовании декартовых систем координат.
2. Задан закон движения частиц упругого тела. Найти:

- а) вектор перемещения в лагранжевых и эйлеровых координатах
- б) тензоры деформации Грина и Альманси.
- в) базисные инварианты тензоров деформации Грина и Альманси.
- г) относительное удлинение заданных до деформации волокон упругого тела.
- д) коэффициент относительного объемного расширения частиц упругого тела.
- е) углы между двумя заданными до деформации волокнами упругого тела.
- ж) найти тензор напряжений из закона Гука.
- з) определить, удовлетворяют ли перемещения частиц упругого тела уравнениям Ламэ'?
- и) определить, удовлетворяют ли напряжения в частицах упругого тела уравнениям Бельтрами-Митчела?

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

#### **Основная литература:**

1. Демидов С.П. Теория упругости. М., Высшая Школа, 1979.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. том 1, 2. М.Наука, 1973.
3. Филоненко-Бородич. Теория упругости. М., ГИФМЛ, 1959.

#### **Дополнительная литература:**

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. М., Наука, 1987.
5. Новацкий В. Теория упругости. М., Мир, 1975
6. под ред. Эглит М.Э. Механика сплошных сред в задачах, т.1,2. М., Московский лицей, 1996.

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru) ).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)
6. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/solid.htm>

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

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p><b>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>4. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>5. Помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>6. Помещения для хранения и ремонта оборудования:</b> аудитория: аудитория №610г (физмат корпус-учебное)</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 218</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77.13E/9H.J6V77.13F).</p> <p align="center"><b>Читальный зал №1</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p align="center"><b>Аудитория №406</b></p> <p>Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Kyocera; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRU Corp – 6 шт.</p> <p align="center"><b>Аудитория №610г</b></p>	<p>1. Windows 8 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Теория упругости на 2 семестр

(наименование дисциплины)

Очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2 /72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	21,2
лекций	12
практических/ семинарских	8
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	23,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма контроля:

экзамен 2 семестр

контрольная работа 2 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/С ЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	<b>Техника тензорного анализа</b> Предмет, основные постулаты и методы «Теории упругости». Связь с другими разделами физики. Основы тензорного анализа.	2	1		3	[1], введение; [3], гл.1; гл.2, п. 1-4; [5], гл.1, п. 1.1	[6], гл.1, п.2. № 2.1-2.17	Проверка конспектов, решение задач
2.	<b>Теория деформаций</b> Тензоры деформации Грина и Альманси, знаки компонент тензора деформации, главные оси, главные значения, инварианты, относительное удлинение и коэффициент относительного объемного расширения, градиент деформации. Условия совместности деформаций.	2	1		3	[1], гл.1; [2], гл.2; [3], гл.2, п.5; [4], гл.1, п.1,5; [5], гл.1	[6], гл.1, п.4. № 4.1-4.15, 4.45- 4.47	Проверка конспектов, решение задач, тестирование
3.	<b>Теория напряжений</b> Вектор напряжений. Тензор Коши и формула Коши. Нормальная и касательная составляющие вектора напряжений. Инварианты. Знаки компонент тензора напряжений. Симметрия тензора Коши, главные оси, главные значения.	2	1		3	[1], гл.2; [2], гл.1; [3], гл.3; [4], гл.1, п.2; [5], гл.2	[6], гл.2, п.9. № 9.1, 9.7, 9.8, 9.13, 9.14, 9.16	Проверка конспектов, решение задач, тестирование



4.	<b>Обобщенный закон Гука</b> Термодинамика упругого деформирования, упругие потенциалы, обобщенный закон Гука. Тензоры податливости и жесткости 4 ранга. Симметрии упругого тела: триклинное, моноклинное, ортотропное и изотропное тело. Закон Гука для линейно-упругого изотропного тела. Термоупругость. Закон Дюамеля-Неймана. Ауксетики.	2	2		4	[1], гл.3; [2], гл.3; [3], гл.4, п.2; [4], гл.1, п.3,4,10; [5], гл.3	[6], гл.6, п.28. № 28.1, 28.2, 28.5, 28.6, 28.8-28.14	Проверка конспектов, тестирование
5.	<b>Постановка краевых задач в теории упругости.</b> Уравнения равновесия в перемещениях (Ламэ) и напряжениях (Бельтрами-Митчела). Граничные условия 1, 2 и 3 рода. Единственность решения уравнений равновесия.	2	2		6	[1], гл.4; [2], гл.4,5; [3], гл.9, п.1,2,5; [5], гл.4	[6], гл.2, п.10. № 10.9, 10.10, 10.20	Проверка конспектов, решение задач, тестирование
6.	<b>Решение простейших задач теории упругости. Волны.</b> Принцип Сен-Венана. Задачи о растяжении-сжатии, изгибе и кручении бруса. Задача Ламэ. Продольные и поперечные волны в упругих средах.	2	1		6,8	[1], гл.4, п.9; [2], гл.5, п.30,33,34, гл.4, п.2 6; [3], гл.9, п.3,5,6,7,10; [4], гл.2, 3	[6], гл.6, п.28. № 28.25, 28.26, 28.36-28.38, 28.44-28.46, 28.83-28.85	Проверка конспектов, тестирование
<b>Всего часов:</b>		12	8		23,8			

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

очно-заочная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	23,7
лекций	10
практических/ семинарских	12
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	<u>57,3</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма контроля: экзамен

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/С ЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	<b>Техника тензорного анализа</b> Предмет, основные постулаты и методы «Теории упругости». Связь с другими разделами физики. Основы тензорного анализа.	2				[1], введение; [3], гл.1; гл.2, п. 1-4; [5], гл.1, п. 1.1	[6], гл.1, п.2. № 2.1-2.17	Проверка конспектов, решение задач
2.	<b>Теория деформаций</b> Тензоры деформации Грина и Альманси, знаки компонент тензора деформации, главные оси, главные значения, инварианты, относительное удлинение и коэффициент относительного объемного расширения, градиент деформации. Условия совместности деформаций.		1		2	[1], гл.1; [2], гл.2; [3], гл.2, п.5; [4], гл.1, п.1,5; [5], гл.1	[6], гл.1, п.4. № 4.1-4.15, 4.45- 4.47	Проверка конспектов, решение задач, тестирование
3.	<b>Теория напряжений</b> Вектор напряжений. Тензор Коши и формула Коши. Нормальная и касательная составляющие вектора напряжений. Инварианты. Знаки компонент тензора напряжений. Симметрия тензора Коши, главные оси, главные значения.		1		5,3	[1], гл.2; [2], гл.1; [3], гл.3; [4], гл.1, п.2; [5], гл.2	[6], гл.2, п.9. № 9.1, 9.7, 9.8, 9.13, 9.14, 9.16	Проверка конспектов, решение задач, тестирование

4.	<b>Обобщенный закон Гука</b> Термодинамика упругого деформирования, упругие потенциалы, обобщенный закон Гука. Тензоры податливости и жесткости 4 ранга. Симметрии упругого тела: триклинное, моноклинное, ортотропное и изотропное тело. Закон Гука для линейно-упругого изотропного тела. Термоупругость. Закон Дюамеля-Неймана. Ауксетики.	2			6	[1], гл.3; [2], гл.3; [3], гл.4, п.2; [4], гл.1, п.3,4,10; [5], гл.3	[6], гл.6, п.28. № 28.1, 28.2, 28.5, 28.6, 28.8-28.14	Проверка конспектов, тестирование
5.	<b>Постановка краевых задач в теории упругости.</b> Уравнения равновесия в перемещениях (Ламэ) и напряжениях (Бельтрами-Митчела). Граничные условия 1, 2 и 3 рода. Единственность решения уравнений равновесия.	2				[1], гл.4; [2], гл.4,5; [3], гл.9, п.1,2,5; [5], гл.4	[6], гл.2, п.10. № 10.9, 10.10, 10.20	Проверка конспектов, решение задач, тестирование
6.	<b>Решение простейших задач теории упругости. Волны.</b> Принцип Сен-Венана. Задачи о растяжении-сжатии, изгибе и кручении бруса. Задача Ламэ. Продольные и поперечные волны в упругих средах.		1		4	[1], гл.4, п.9; [2], гл.5, п.30,33,34, гл.4, п.2 6; [3], гл.9, п.3,5,6,7,10; [4], гл.2, 3	[6], гл.6, п.28. № 28.25, 28.26, 28.36-28.38, 28.44-28.46, 28.83-28.85	Проверка конспектов, тестирование
<b>Всего часов:</b>		10	12		57			

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2  
по дисциплине «Теория упругости»  
Направление 03.04.02 Физика  
Профиль Моделирование нефтегазовых процессов

1. Законы преобразования компонент вектора и тензора 2 ранга при переходе от одной декартовой системы координат к другой.
2. Вывод уравнений равновесия в напряжениях (уравнений Бельтрами-Митчела). Постановка краевой задачи первого рода. Гармоничность первого инварианта тензора напряжений и бигармоничность компонент тензора напряжений.
3. Задан закон движения среды (всестороннее растяжение):

$$x_1 = a\zeta_1 + \zeta_1, \quad x_2 = a\zeta_2 + \zeta_2, \quad x_3 = a\zeta_3 + \zeta_3, \quad a = \text{const} > -1.$$

Найти относительное удлинение элементов упругой среды, которые до деформации были параллельны осям декартовой системы координат

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Л.А. Ковалева  
(подпись) (Ф.И.О.)