

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
**Механика сплошной среды Б1.В.ОД.11**

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бережной Д.В.

**Рецензент(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Султанов Л. У.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 81723516

Казань  
2016

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Бережной Д.В. Кафедра теоретической механики отделение механики , Dmitri.Berezhnoi@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Механика сплошной среды" является получение базовых знаний по механике сплошной среды, включая следующие вопросы: понятие сплошной среды; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение; элементы тензорного исчисления; тензоры деформаций, скоростей деформаций, вектор вихря; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; модели идеальной и вязкой несжимаемых жидкостей, идеального газа и линейно-упругой среды (полные системы уравнений); типичные начальные и краевые условия.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.11 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 15.03.03 Прикладная механика и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Курсом "Механика сплошной среды" продолжается общемеханическое образование. Знания, полученные в этом курсе, используются в дальнейшем в курсе "Теория упругости" и специальных курсах, как обязательных по выбору кафедры, например "Термоупругость", "Основы прочности конструкций" и др., так и по выбору студента. Слушатели должны владеть знаниями курса теоретической механики и математических дисциплин, изучаемых на первом и втором курсах.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия и законы термодинамики; уравнение производства энтропии; принцип Онзагера; модели жидкостей и газов; термодинамические потенциалы; совершенный газ; линейно-вязкие и теплопроводные жидкости и газы; поверхности сильных и слабых разрывов; условия на разрывах в идеальном газе; гидромеханика идеальной жидкости; интегралы уравнений Эйлера; потенциальные и вихревые течения; плоские и пространственные задачи обтекания тел жидкостями и газами; распространение волн; гидромеханика вязкой жидкости; точные решения уравнений Навье-Стокса и приближения по числу Рейнольдса; пограничный слой и явление отрыва; турбулентность; уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности; общая теория нелинейного термоупругого тела; линейная теория упругости; плоские и пространственные статические задачи; волны в упругих телах; модели вязкоупругих сред; деформационные теории пластичности и теории течения; упрочнение материалов; квазистатические задачи теории пластичности; теория размерности; подобие и моделирование механических явлений; взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем; проводимость; поляризация и намагничивание; модели магнитной гидродинамики и электрогидродинамики.

2. должен уметь:

Логически мыслить, формулировать математические модели и постановки задач, проводить анализ уравнений и построение решений, применять полученные знания для решения актуальных практических задач.

3. должен владеть:

Навыками математического и механического подходов к проблеме моделирования разнообразных физических явлений, анализа уравнений и построения решений, применения полученных знания для решения актуальных практических задач.

Знать: основные понятия и модели механики сплошной среды (понятие сплошной среды; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение; элементы тензорного исчисления; тензоры деформаций, скоростей деформаций, вектор вихря; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; модели идеальной и вязкой несжимаемых жидкостей, идеального газа и линейно-упругой среды (полные системы уравнений); типичные начальные и краевые условия). Студенты должны знать логические связи между ними.

Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках механики сплошной среды, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Владеть: методами механики сплошной среды.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные положения механики сплошной среды. Тензоры и механика сплошной среды.	3	1	2	2	0	
2.	Тема 2. Векторное сложение.	3	2	0	2	0	
3.	Тема 3. Различные свойства твердых и газообразных тел. Системы координат.	3	3	2	2	0	
4.	Тема 4. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Индексные обозначения.	3	4	0	2	0	
5.	Тема 5. Свойства деформируемых твердых тел. Ковариантные и контравариантные векторы базисов и компоненты тензоров.	3	5	2	2	0	
6.	Тема 6. Преобразование координат.	3	6	0	2	0	
7.	Тема 7. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Дельта Кронекера.	3	7	2	2	0	
8.	Тема 8. Матрицы.	3	8	0	2	0	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Кинематика деформируемых сред. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.	3	9	2	2	0	
10.	Тема 10. Тензорные поля.	3	10	0	2	0	
11.	Тема 11. Понятие об упругой сплошной среде. Деформация локальной окрестности материальной точки	3	11	2	2	0	
12.	Тема 12. Потенциальное движение.	3	12	0	2	0	
13.	Тема 13. Основные термодинамические понятия. Циркуляция скорости.	3	13	2	2	0	
14.	Тема 14. Основные динамические и термодинамические понятия и уравнения.	3	14	0	2	0	
15.	Тема 15. Микроскопические и макроскопические представления о внутренней энергии. Уравнения совместности для тензоров деформации и скоростей деформации.	3	15	2	2	0	контрольная работа
16.	Тема 16. Смеси с реагирующими компонентами.	3	16	0	2	0	
17.	Тема 17. Основные принципы термодинамики. Различные частные процессы.	3	17	2	2	0	
18.	Тема 18. Понятие о принципе Онзагера.	3	18	0	2	0	коллоквиум
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	экзамен
	Итого			18	36	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные положения механики сплошной среды. Тензоры и механика сплошной среды.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Основные положения механики сплошной среды. Общая характеристика механики сплошной среды, основные проблемы и разнообразие приложений механики сплошной среды, краткий исторический обзор, механика деформируемого твердого тела, сопротивление материалов, прикладная механика, строительная механика как подразделы механики сплошных сред.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Тензоры и механика сплошной среды. Тензоры. Декартовы тензоры. Ранг тензора. Векторы и скаляры.

### Тема 2. Векторное сложение.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Векторное сложение. Умножение вектора на скаляр. Скалярное и векторное произведения векторов. Диады и диадики.

### Тема 3. Различные свойства твердых и газообразных тел. Системы координат.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Различные свойства твердых и газообразных тел. Молекулярная микроскопическая структура реальных тел, статистические микроскопические и феноменологические микроскопические методы описания их свойств, основные физические процессы в макроскопической трактовке.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Системы координат. Базисные векторы. Триэдр единичных векторов. Линейные векторные функции. Диадики как линейные векторные операторы.

### Тема 4. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды.

#### Индексные обозначения.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Индексные обозначения. Интервал изменения индексов и соглашение о суммировании. Соглашение о суммировании в символических обозначениях.

### Тема 5. Свойства деформируемых твердых тел. Ковариантные и контравариантные векторы базисов и компоненты тензоров.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Свойства деформируемых твердых тел. Деформируемые тела как подвижные материальные континуумы с индивидуализированными точками, упругость, пластичность, последствие и ползучесть.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Ковариантные и контравариантные векторы базисов и компоненты тензоров. Ковариантное дифференцирование и символы Кристоффеля.

### Тема 6. Преобразование координат.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Преобразование координат. Общее понятие тензора. Метрический тензор. Декартовы тензоры. Законы преобразования декартовых тензоров.

### Тема 7. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Дельта Кронекера.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Закон движения, поле перемещений, поле скоростей, поле температур и т.п.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Дельта Кронекера. Условия ортогональности. Сложение декартовых тензоров. Умножение на скаляр. Умножение тензоров. Векторное произведение. Тензор Леви-Чивиты. Бивектор.

### Тема 8. Матрицы.

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Матрицы. Матричные представления декартовых тензоров. Симметрия диадиков, матриц и тензоров.

### **Тема 9. Кинематика деформируемых сред. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Кинематика деформируемых сред. Индивидуальная и местная производные по времени, установившиеся и неустойчивые движения, траектории и линии тока, критические точки, примеры полей скоростей; система отсчета наблюдателя и сопутствующая система.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга. Характеристическое уравнение, главные оси тензоров. Степени тензоров второго ранга. Соотношение Гамильтона-Кэли.

### **Тема 10. Тензорные поля.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тензорные поля. Дифференцирование тензоров. Криволинейные интегралы. Теорема Стокса. Теорема Гаусса-Остроградского.

### **Тема 11. Понятие об упругой сплошной среде. Деформация локальной окрестности материальной точки**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Понятие об упругой сплошной среде. Гипотезы, определяющие сплошную среду.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Деформация локальной окрестности материальной точки. Тензор малой деформации, понятие об обобщенном пространстве "начальных состояний", тензор скоростей малой деформаций.

### **Тема 12. Потенциальное движение.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Потенциальное движение. Вихрь скоростей, разложение движения малой частицы на поступательное и вращательное движения и движение чистой деформации.

### **Тема 13. Основные термодинамические понятия. Циркуляция скорости.**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Основные термодинамические понятия. Параметры состояния, пространство состояний, процессы, циклы.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Циркуляция скорости. Кинематические свойства вихрей, примеры простейших вихревых и потенциальных движений, многозначность потенциала в многосвязных областях.

### **Тема 14. Основные динамические и термодинамические понятия и уравнения.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Основные динамические и термодинамические понятия и уравнения. Масса и плотность, уравнение неразрывности и переменные Эйлера и Лагранжа, условие несжимаемости.

### **Тема 15. Микроскопические и макроскопические представления о внутренней энергии. Уравнения совместности для тензоров деформации и скоростей деформации.**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Микроскопические и макроскопические представления о внутренней энергии. Внутренняя энергия, поток тепла и температуры, уравнение притока тепла, законы для притока тепла за счет теплопроводности и излучения.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Уравнения совместности для тензоров деформации и скоростей деформации. Уравнение неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентной смеси.

### **Тема 16. Смеси с реагирующими компонентами.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Смеси с реагирующими компонентами. Векторы потоков диффузии, понятие массовых и поверхностных, внутренних и внешних сил, примеры сил.

### **Тема 17. Основные принципы термодинамики. Различные частные процессы.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные принципы термодинамики. Закон сохранения энергии, второй закон термодинамики, энтропия и абсолютная температура; некомпенсированное тепло и производство энтропии, диссипативная функция, основные макроскопические механизмы диссипации.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Различные частные процессы. Обратимые и необратимые процессы, совершенный газ, цикл Карно для двухпараметрических и многопараметрических термодинамических систем.

### **Тема 18. Понятие о принципе Онзагера.**

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Понятие о принципе Онзагера. Проблема уравнений состояния и кинетических уравнений, термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные положения механики сплошной среды. Тензоры и механика сплошной среды.	3	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Векторное сложение.	3	2	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
3.	Тема 3. Различные свойства твердых и газообразных тел. Системы координат.	3	3	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
4.	Тема 4. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Индексные обозначения.	3	4	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
5.	Тема 5. Свойства деформируемых твердых тел. Ковариантные и контравариантные векторы базисов и компоненты тензоров.	3	5	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
6.	Тема 6. Преобразование координат.	3	6	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Дельта Кронекера.	3	7	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
8.	Тема 8. Матрицы.	3	8	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
9.	Тема 9. Кинематика деформируемых сред. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.	3	9	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Тензорные поля.	3	10	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Понятие об упругой сплошной среде. Деформация локальной окрестности материальной точки	3	11	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
12.	Тема 12. Потенциальное движение.	3	12	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
13.	Тема 13. Основные термодинамические понятия. Циркуляция скорости.	3	13	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
14.	Тема 14. Основные динамические и термодинамические понятия и уравнения.	3	14	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
15.	Тема 15. Микроскопические и макроскопические представления о внутренней энергии. Уравнения совместности для тензоров деформации и скоростей деформации.	3	15	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
16.	Тема 16. Смеси с реагирующими компонентами.	3	16	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
17.	Тема 17. Основные принципы термодинамики. Различные частные процессы.	3	17	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
18.	Тема 18. Понятие о принципе Онзагера.	3	18	подготовка к коллоквиуму	1	коллоквиум
				подготовка к экзамену	1	экзамен
	Итого				36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, зачеты и экзамены. В течение учебного года студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Основные положения механики сплошной среды. Тензоры и механика сплошной среды.

домашнее задание , примерные вопросы:

Тензор. Ранг тензора. Скаляр. Вектор. Операции с тензорами. Сложение тензоров. Умножение тензора на скаляр. Умножение тензоров. Тензоры в механике сплошной среды. Тензоры напряжений. Тензоры деформаций.

#### Тема 2. Векторное сложение.

домашнее задание , примерные вопросы:

Вектор. Графическое представление вектора. Аналитическое представление вектора. Вектор в n-мерном пространстве. Графическое сложение векторов. Аналитическое сложение векторов. Графическое представление геометрических изменений в материальном теле как суперпозицию параллельного переноса, поворота и чистой деформации.

#### Тема 3. Различные свойства твердых и газообразных тел. Системы координат.

домашнее задание , примерные вопросы:

Однородность. Изотропия. Идеальная упругость. Пластичность. Ползучесть. Релаксация. Вязкоупругость. Вязкопластичность. Термоупругость. Термовязкость. Термоупругопластичность.

#### Тема 4. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Индексные обозначения.

домашнее задание , примерные вопросы:

Системы отсчета. Система координат наблюдателя. Сопутствующая система координат. Эвклидова система координат. Материальные или вмороженные координаты.

#### Тема 5. Свойства деформируемых твердых тел. Ковариантные и контравариантные векторы базисов и компоненты тензоров.

домашнее задание , примерные вопросы:

Упругость. Разрушение. Контактное взаимодействие. Неизотермическое деформирование. Символ Кронекера. Координатные линии. Ковариантный базис. Контравариантный базис. Жонглирование индексами.

## **Тема 6. Преобразование координат.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Преобразование координат. Перенос системы координат. Поворот системы координат. Направляющие косинусы. Матрица преобразования системы координат. Формулы для преобразования вектора и тензора. Тензор вращений. Тензор чистой деформации.

## **Тема 7. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения сплошной среды. Дельта Кронекера.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Конфигурация тела. Деформирование материального тела. Материальное тело. Совокупность материальных точек.

## **Тема 8. Матрицы.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Матрица. Ранг матрицы. Вектор. Умножение матрицы на скаляр. Сложение матриц. Перемножение матриц. Обратная матрица. Дополнительный минор. Детерминант матрицы.

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу 1. Для одноосного растяжения найти в начальном состоянии три взаимно ортогональных направления материальных элементов, углы между которыми в результате деформации не изменились. Какие направления имеют эти элементы после деформации? Указать направления элементов, для которых относительное удлинение максимально. 2. Доказать, что если тензор скоростей деформаций в некоторый момент одинаков во всех точках среды, то в этот момент и вектор вихря одинаков во всех точках. 3. Теплоход идет от пункта А до пункта В вниз по реке 20 часов, а обратно ? 24 часа. За какое время плот проплывает от А до В? Скорости течения реки и теплохода считать постоянными по величине, скорость плота равна скорости течения. 4. Лодка, держа курс перпендикулярно берегам реки, пересекает ее два раза под углом  $60^\circ$  к направлению потока и возвращается обратно, двигаясь против течения реки. Найти скорость течения реки и собственную скорость лодки, которые считаются постоянными, если общее время движения составляет 1 час, а ширина реки равна 1 км.

## **Тема 9. Кинематика деформируемых сред. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Перемещения материального тела. Малые деформаций. Линейные соотношения Коши. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Определение перемещений через деформации.

## **Тема 10. Тензорные поля.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Тензоры деформаций. Тензор малых деформаций. Геометрический смысл компонент тензора малых деформаций. Тензор напряжений. Вектор напряжений. Связь вектора и тензора напряжений.

## **Тема 11. Понятие об упругой сплошной среде. Деформация локальной окрестности материальной точки**

домашнее задание , примерные вопросы:

Упругая сплошная среда. Идеальная упругость. Свойство суперпозиции при приложении нагрузки. Возвращение материального тела в исходное состояние после снятия нагрузки. Локальные деформации. Разложение градиента деформаций на тензор искажений и тензор вращений.

## **Тема 12. Потенциальное движение.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Потенциальное движение. Потенциальное поле. Движение в поле силы тяжести. Независимость от пути интегрирования.

## **Тема 13. Основные термодинамические понятия. Циркуляция скорости.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Масса. Энергия. Верхний предел тепловой энергии. Механическое состояние. Термическое состояния. Мощность напряжений. Температура. Энтропия. Внутренняя энергия. Свободная энергия. Энтальпия. Свободная энтальпия.

#### **Тема 14. Основные динамические и термодинамические понятия и уравнения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Кинетическая энергия. Уравнения движения. Первый принцип термодинамики. Второй принцип термодинамики. Неравенство Клаузиуса-Планка. Неравенство Фурье. Неравенство Клаузиуса-Дюгема.

#### **Тема 15. Микроскопические и макроскопические представления о внутренней энергии. Уравнения совместности для тензоров деформации и скоростей деформации.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Внутренняя энергия. Потенциал для напряжений. Адиабатический процесс. Первая группа определяющих уравнений. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана.

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу. 1. Струя воды с абсолютной скоростью  $v$  падает извне под углом  $\alpha$  к направлению радиуса  $R$  стационарно вращающегося с частотой  $p$  колеса турбины. Абсолютная система отсчета неподвижно связана с основанием турбины. Найти угол наклона относительной скорости струи к радиусу в системе отсчета, связанной с колесом турбины. 2. Найти общий вид переносного и кориолисова ускорений при движении сплошной среды относительно подвижной системы отсчета, движущейся, в свою очередь, как абсолютно твердое тело относительно абсолютной системы отсчета. 3. В какую сторону отклоняется вытекающая вертикально вниз струя жидкости за счет вращения Земли? 4. Однородная резинка, левый конец которой закреплен, растягивается с заданной постоянной скоростью на правом конце. По ней с правого конца на левый переползает муравей с постоянной по величине и направлению относительной скоростью. Найти величину скорости, при которой полная работа суммы всех сил, действующих на муравья, равна нулю; вычислить при этом конечное относительное удлинение резинки. 5. Установить общий вид матрицы поворота вокруг единичного вектора на некоторый угол. 6. Найти собственные числа антисимметричного тензора второго ранга. 7. Показать, что матрица, обратная к невырожденной матрице ковариантных компонент тензора второго ранга, является матрицей контравариантных компонент некоторого нового тензора, т.е. определяет тензорную функцию.

#### **Тема 16. Смеси с реагирующими компонентами.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Идеальный газ. Идеальная жидкость. Смесь. Уравнения движения для смеси. Уравнение неразрывности для смеси. Фильтрация многокомпонентной смеси.

#### **Тема 17. Основные принципы термодинамики. Различные частные процессы.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Первый принцип термодинамики: закон сохранения энергии. Количественные превращения энергии. Второй принцип термодинамики.

#### **Тема 18. Понятие о принципе Онзагера.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Вопросы на коллоквиум: 1. Какие разделы относятся к механике деформируемого твердого тела. 2. Является ли описание деформирования твердых тел и жидкостей в механике чисто геометрической проблемой? 3. Доказать, что допущение о малости деформаций дает возможность изучать механические свойства тел на образцах сравнительно малых размеров и позволяет использовать для исследования деформации аппарат дифференциального исчисления 4. Сколько независимых компонент у тензора напряжений? 5. Допущение о существовании удельной потенциальной энергии деформации означает обязательно линейную связь между напряжениями и деформациями? 6. Сколько независимых компонент содержит тензор модулей упругости при наличии трех плоскостей упругой симметрии? 7. Что значит, что тело называется изотропным в отношении упругих свойств?

экзамен , примерные вопросы:

Принцип Онзагера. Основной тензорный принцип. Определяющие соотношения. Аксиома взаимности.

## Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные вопросы к экзамену.

1. Тензоры и механика сплошной среды. Тензоры. Декартовы тензоры. Ранг тензора. Векторы и скаляры.
2. Векторное сложение. Умножение вектора на скаляр. Скалярное и векторное произведения векторов. Диады и диадики.
3. Системы координат. Базисные векторы. Триэдр единичных векторов. Линейные векторные функции. Диадики как линейные векторные операторы.
4. Индексные обозначения. Интервал изменения индексов и соглашение о суммировании. Соглашение о суммировании в символических обозначениях.
5. Ковариантные и контравариантные векторы базисов и компоненты тензоров. Ковариантное дифференцирование и символы Кристоффеля.
6. Преобразование координат. Общее понятие тензора. Метрический тензор. Декартовы тензоры. Законы преобразования декартовых тензоров.
7. Дельта Кронекера. Условия ортогональности. Сложение декартовых тензоров. Умножение на скаляр. Умножение тензоров. Векторное произведение. Тензор Леви-Чивиты. Бивектор.
8. Матрицы. Матричные представления декартовых тензоров. Симметрия диадики, матриц и тензоров.
9. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга. Характеристическое уравнение, главные оси тензоров. Степени тензоров второго ранга. Соотношение Га-милтона-Кэли.
10. Тензорные поля. Дифференцирование тензоров. Криволинейные интегралы. Теорема Стокса. Теорема Гаусса-Остроградского.
11. Деформация локальной окрестности материальной точки. Тензор малой деформации, понятие об обобщенном пространстве "начальных состояний", тензор скоростей малой деформаций.
12. Потенциальное движение. Вихрь скоростей, разложение движения малой частицы на поступательное и вращательное движения и движение чистой деформации.
13. Циркуляция скорости. Кинематические свойства вихрей, примеры простейших вихревых и потенциальных движений, многозначность потенциала в многосвязных областях.
14. Основные динамические и термодинамические понятия и уравнения. Масса и плотность, уравнение неразрывности и переменные Эйлера и Лагранжа, условие несжимаемости.
15. Уравнения совместности для тензоров деформации и скоростей деформации. Уравнение неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентной смеси.
16. Смеси с реагирующими компонентами. Векторы потоков диффузии, понятие массовых и поверхностных, внутренних и внешних сил, примеры сил.
17. Различные частные процессы. Обратимые и необратимые процессы, совершенный газ, цикл Карно для двухпараметрических и многопараметрических термодинамических систем.
18. Понятие о принципе Онзагера. Проблема уравнений состояния и кинетических уравнений, термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

### 7.1. Основная литература:

Практические занятия по механике сплошной среды : учебно-методическое пособие / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост. к.ф.-м.н. К. А. Поташев] .- Казань : [Казанский университет], 2010 .- 43 с.

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.,  
<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с. <http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

## 7.2. Дополнительная литература:

Нигматулин, Роберт Искандерович. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 "Фундаментальная механика и механика" и направлению подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование" / Р. И. Нигматулин. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 639 с.

Темам Р., Миранвиль А., Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 2-е изд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 319 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/50538/>

Семенов, В. П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Семенов. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 375 с. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=462982>

## 7.3. Интернет-ресурсы:

А.Ю.Чеботарев ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ СПЛОШНЫХ СРЕД - [imcs.dvgu.ru/struc/kmf/download/mss.pdf](http://imcs.dvgu.ru/struc/kmf/download/mss.pdf)

Курс механики сплошных сред - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Лекции по механике сплошных сред - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1 - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 2 - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Механика сплошной среды" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Лабораторные установки для изучения свойств деформируемых твердых тел.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 15.03.03 "Прикладная механика" и профилю подготовки Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры .

Автор(ы):

Бережной Д.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.