

Программа курса Механика Сплошной Среды.
Лектор - проф. С. В. Шешенин.
2012 - 2013

Весенний семестр 2012

Индивидуализация материальных точек. Лагранжевы координаты, лагранжево описание движения сплошной среды. Скорость, ускорение. Поле вектора скорости. Эйлерово описание движения. Переход от одного способа описания к другому. Полная, частная и конвективная производные по времени. Вычисление ускорения при эйлеровом описании. Траектории движения и линии тока.

Криволинейные системы координат. Локальный и взаимный базисы. Ковариантные, контравариантные и смешанные компоненты векторов и тензоров. Преобразование компонент тензоров и векторов при замене системы координат. Симметричные и антисимметричные тензоры второго ранга. Тензоры четвертого ранга. Алгебраические операции над тензорами.

Ковариантное дифференцирование векторов и тензоров второго ранга. Вектор градиента. Градиент скалярной функции. Дивергенция и ротор векторного поля. Векторное и смешанное произведение векторов. Вычисление объемов.

Актуальное и начальное состояния. Тензор градиента места. Преобразование материальных отрезков. Тензор дисторсии и меры деформации Коши-Грина и Альманси. Собственные векторы и собственные значения мер деформаций. Геометрический смысл собственных значений. Полярное разложение. Мультипликативное представление преобразования окрестности материальной точки при деформации. Тензоры деформаций. Выражение через вектор перемещения.

Тензор малых деформаций. Геометрический смысл компонент. Тензор скоростей деформаций. Аддитивное представление преобразования окрестности материальной точки при малых и бесконечно малых деформациях. Вектор вихря и дивергенция вектора скорости. Изменение объема при конечных, малых и бесконечно малых деформациях.

Закон сохранения массы при лагранжевом описании. Дифференцирование по времени интеграла, взятого по индивидуальному объему. Уравнение сохранения массы (уравнение неразрывности) при эйлеровом описании.

Объемные и поверхностные силы. Вектор внутренних напряжений. Закон изменения количества движения. Контравариантные векторы напряжений. Зависимость вектора напряжений от ориентации площадки. Тензор напряжений Коши. Физический смысл компонент тензора напряжений в декартовых координатах.

Дифференциальные уравнения движения сплошной среды в декартовых и криволинейных координатах. Закон изменения момента количества движения. Симметричность тензора напряжений.

Компоненты тензора напряжений в криволинейных координатах. Физические компоненты. Смысл собственных значений тензора напряжений. Главные оси и инварианты тензоров напряжений и малых деформаций. Тензорная поверхность. Шаровой тензор.

Определяющие соотношения идеальной жидкости. Однородная жидкость. несжимаемая жидкостью Закон Архимеда. Полная система уравнений для несжимаемой однородной и неоднородной жидкости. Баротропная жидкость. Граничные и начальные условия в случае идеальной жидкости.

Уравнения движения в форме Громеки-Лемба. Интеграл Бернулли в случаях несжимаемой и баротропной жидкости. Задача о вытекании несжимаемой жидкости из сосуда.

Предположения линейной теории упругости. Закон Гука. Понятия изотропии и анизотропии. Число независимых упругих постоянных для разных случаев анизотропии. Закон Гука для изотропной среды. Состояния чистого сдвига, одноосного растяжения - сжатия, всестороннего растяжения - сжатия. Модули сдвига, Юнга, всестороннего растяжения - сжатия, коэффициент Пуассона, параметры Ламе.

Уравнения Ламе. Граничные и начальные условия. Задача определения изменения объема упругого цилиндра, находящегося на гладкой поверхности под действием силы тяжести.

Вязкая жидкость. Закон Навье - Стокса. Уравнения движения Навье - Стокса. Полная система уравнений для однородной и неоднородной вязкой жидкости. Типичные краевые условия. Начальные условия.

Размерности физических величин. П - теорема.

Теорема об изменении кинетической энергии. Работа внутренних и внешних сил. Вычисление работы внутренних сил в случае моделей идеальной жидкости и линейной теории упругости.

Осенний семестр 2012

Термодинамические параметры и процессы. Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Полная энергия. Внутренняя энергия. Закон сохранения полной энергии - первый закон термодинамики. Поверхностный и массовый притоки тепла. Вектор потока тепла. Уравнение притока тепла. Уравнение притока тепла для идеальной жидкости.

Двухпараметрические среды. Совершенный газ. Теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении. Формула Майера. Адиабатические и изотермические процессы. Политропный процесс.

Цикл Карно. Обратимые и необратимые циклы. КПД цикла Карно. Второй закон термодинамики (две формулировки). Теорема Карно. Абсолютная температура. Эквивалентность формулировок второго закона термодинамики.

Произвольные замкнутые процессы. Количественная формулировка второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия. Энтропия совершенного газа. Изотермы совершенного газа. Адиабата Пуассона. Цикл Карно для совершенного газа.

Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред. Свободная энергия, энтальпия, потенциал Гиббса.

Модели идеальной несжимаемой и идеальной сжимаемой теплопроводной жидкостей. Полная система уравнений. Модель совершенного газа.

Модель вязкой теплопроводной жидкости. Закон Навье-Стокса. Закон Фурье. Диссипация механической энергии. Полная система уравнений.

Теплоемкости при постоянной деформации и при постоянном напряжении. Модули упругости для адиабатических и изотермических процессов. Соотношения Дюгамеля-Неймана. Связанная система уравнений термоупругости. Уравнение теплопроводности.

Поверхности разрыва в сплошных средах. Примеры. Сильные и слабые разрывы. Задача об ударе по полубесконечному стержню. Одномерное волновое уравнение. Дифференцирование по времени интеграла взятого по индивидуальному объему, содержащему поверхность разрыва.

Соотношения на поверхностях разрыва в сплошной среде. Конкретизация для идеальных сред. Скачки уплотнения и разряжения.

Адиабата Гюгонио. Скорость распространения слабых скачков. Скорость распространения скачков уплотнения. Задача о поршне.

Уравнения движения идеальной жидкости в форме Громеки-Лемба. Функция давления. Интеграл Бернулли. Интеграл Коши - Лагранжа. Элементарная теория сопла Лаваля.

Скорость истечения идеальной несжимаемой жидкости из сосуда под действием силы тяжести. Скорость истечения идеального совершенного газа из сосуда под действием перепада давления.

Распространение малых возмущений в идеальной среде. Линеаризация и сведение к волновому уравнению. Сферические волны. Скорость звука. Эффект Доплера. Конус Маха.

Пространственные потенциальные течения. Источники и диполи. Движение сферы в идеальной несжимаемой жидкости. Сила сопротивления. Парадокс Даламбера. Присоединенная масса.

Течение вязкой несжимаемой жидкости по трубам. Течение Пуазейля. Число Рейнольдса. Ламинарные и турбулентные течения.

Плоские течения. Функция тока и комплексный потенциал. Источник и вихрь. Диполь и вихреисточник.

Вихревое течение. Вихревые линии и трубки. Сохранение циркуляции скорости (теорема Томпсона). Сохранение потенциальности течения (теорема Лагранжа).

Весенний семестр 2013

Модель линейной упругости. Теория малых деформаций. Закон Гука. Уравнения равновесия в перемещениях Ламе.

Уравнения равновесия в перемещениях для анизотропной упругой среды.

Постановка статической смешанной краевой задачи теории упругости в перемещениях.

Вариационное уравнение и вариационный принцип Лагранжа в линейной теории упругости.

Задача о кручении цилиндрических упругих стержней в перемещениях.

Функция напряжений при кручении. Аналогия с течением Пуазейля.

Плоское деформированное и плоское напряженное состояния.

Обобщенное плоское напряженное состояние.

Уравнения совместности малых деформаций. Функция напряжений Эри. Сведение к задаче для бигармонического уравнения.

Задача Ламе о трубе под действием внутреннего и внешнего давлений.

Постановка динамической смешанной краевой задачи теории упругости в перемещениях.

Плоские волны в анизотропной упругой безграничной среде. Скорость продольных и поперечных волн в изотропной среде.

Волны в упругой безграничной изотропной среде. Скалярный и векторный потенциалы. Понятие о волнах Рэлея.

Модель линейной вязкоупругости (наследственной упругости). Принцип суперпозиции Больцмана.

Функции ползучести и релаксации.

Модели Максвелла и Фойгта.

Основные понятия теории пластичности. Одномерное напряженное состояние. Диаграмма напряжение – деформация.

Сложное напряженное состояние. Условия пластичности Мизеса и Треска.

Теория малых упруго-пластических деформаций (деформационная теория пластичности).

Теория пластического течения.

Основная литература.

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды, тома 1, 2, "Наука".
2. Ильюшин А. А. Механика сплошной среды, изд-во МГУ.
3. Победра Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды.
4. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред, изд.2.
3. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе. Теоретическая гидромеханика. М.: Физматгиз, 1963.