

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН)

«Утверждаю»

Зам. директора ОИВТ РАН

А.Ф.-М.ч. Увариков А.В.

2022 год



Программа вступительных экзаменов в аспирантуру

ОИВТ РАН по направлению

01.06.01 – Математика и механика;

Специальность 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

1. Вводные положения

- Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
- Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.
- Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

2. Кинематика сплошных сред

- Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.

- Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
 - Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды.
 - Кинематические свойства вихрей.

3. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики

- Закон сохранения масс. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
 - Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
 - Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.
 - Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение потока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.
 - Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера, Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

4. Модели жидких и газообразных сред

- Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
 - Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

- Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

5. Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы

- Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности.
- Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны

6. Гидростатика

- Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

7. Движение идеальной несжимаемой жидкости

- Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

- Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей.

- Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.

- Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Закон распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке.

8. Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность

- Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря.

- Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

- Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.

- Турбулентность. Опыты Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса.

Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

- Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссенеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции.

9. Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика

- Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.

- Запоздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.

- Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалю.

- Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.

- Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.

- Плоские стационарные, сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля—Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.

- Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

10. Электромагнитные явления в жидкостях

- Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

- Уравнения магнитной гидродинамики. Обобщенный закон Ома. Эффект Холла.

- Магнитогидродинамические генераторы электроэнергии и МГД ускорители.

11. Физическое подобие, моделирование

- Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

Основная литература

- Фалькович Г. Современная гидродинамика. – М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2014.
- Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Интеллект, 2009.
- Черняк В.Г., Суетин П.Е., Механика сплошных сред. – М.: Физматлит, 2006.
- Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П., Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М.: Физматлит, 2008.
- Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие. Для вузов. В 5 т. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. 5-ое изд., испр. М.: Физматлит, 2005.
- Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994
- Варнатц Ю., Маас Х., Дибба Р., Горение. – Физматлит, 2003.
- Баум Ф.С., Станюкович К.П., Шехтер, Физика взрыва, изд.3. – М.: Физматлит, 2002.
- Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД. 2000.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Том 6. Гидродинамика. 5-е изд. М.: Физматлит, 2001.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 5-е изд. М.: Наука, 1978.
- Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
- Куликовский А.Г., Любиаов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.
- Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд-во физ.-тех. лит-ры, 1955.
- Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.
- Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976.