

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ
им. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИТПМ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПМ СО РАН
чл.-корр. РАН


А.Н. Шипилов

« 17 » 05 20 22 г.



ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру ИТПМ СО РАН

Область науки:

1. Естественные науки

Группа научных специальностей

1.1 Математика и механика

Научная специальность

1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения

Очная

В основу программы вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.1.9 – механика жидкостей, газа и плазмы положены курсы, читаемые на механико-математических и физико-математических факультетах университетов и в высших учебных заведениях технического профиля (механика сплошных сред, гидродинамика, газовая динамика).

ВВОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Общая характеристика механических моделей деформируемых тел. Сплошные среды как непрерывные континуумы с индивидуализированными точками. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Основные физические процессы в материальных средах и в электромагнитном поле в макроскопической трактовке.

Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.

Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследования. Математические методы установления закономерностей при движениях различных сред и решения задач механики сплошной среды.

КИНЕМАТИКА ДЕФОРМИРУЕМЫХ КОНТИНУУМОВ

Математическое моделирование пространства и времени в ньютоновской механике, в специальной теории относительности (СТО). Системы координат и системы отсчета. Сопутствующие системы координат и система отсчета для данной среды. Система отсчета наблюдателя и система отсчета подвижная. Мировые линии. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Понятие инерциальных систем отсчета в ньютоновской механике, в СТО. Локальная собственная инерциальная система отсчета.

Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Закон движения сплошной среды. Поле перемещений, поле скоростей, поле температур, поле внутренних напряжений, электромагнитное поле и т.п.

Элементы тензорного исчисления.

Определения и свойства кинематических характеристик движения в криволинейных системах координат (цилиндрической, сферической): перемещение и траектории, скорость линии тока, критическая точка, ускорение, различные тензор малых деформаций и их инварианты, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциальное движение, циркуляция скорости, установившиеся и неустановившиеся движения среды.

Кинематика распространения волн, фазы амплитуды. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера, линии Маха. Характеристики уравнений в частных производных.

Кинематические соотношения на поверхностях слабых и сильных разрывов.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ, ТЕРМОДИНАМИКИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Масса и плотность. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Смеси с реагирующими компонентами. Векторы потоков диффузии. Уравнение неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентной смеси.

Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Примеры сил. Уравнения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Теория симметричного тензоров напряжений. Динамические дифференциальные уравнения движения сплошной среды.

Элементарная работа внутренних массовых и поверхностных сил. Кинетическая энергия.

Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах на примере модели идеального газа. Закон сохранения энергии и понятие о внутренней энергии. Понятие о потоке тепла и температуре. Микроскопические и макроскопические понятия о внутренней энергии. Уравнение притока тепла. Законы для притока тепла за счет теплопроводности и излучения. Различные частные процессы: адиабатический, изометрический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ, уравнение состояния совершенного газа. Цикл Карно для двухпараметрических термодинамических систем. Второй закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия и абсолютная шкала температур. Основные макроскопические механизмы диссипации. Проблема уравнений состояния и кинетических уравнений.

Понятие об электромагнитных взаимодействиях. Векторы электрической и магнитной напряженности. Электромагнитное поле. Формулы преобразования векторов магнитной и электрической напряженности при переходе от одной инерциальной системы координат к другой.

Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Токи смещения и проводимости. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с бесконечной проводимостью. Джоулево тепло. Уравнения магнитной гидродинамики и электродинамики для жидкостей и газов.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД

Свойства изотопии и анизотопии. Модель идеальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей и совершенного газа. Уравнения Эйлера. Баротропные процессы и различные виды интеграла Лагранжа и интеграла Бернулли. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях.

Модель вязкой жидкости. Законы Навье-Стокса. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

Применение интегральных соотношений к конечным объемам материальной среды при установившемся движении.

Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера. Явление кавитации. Влияние сжимаемости на форму трубок тока. Элементарная теория сопла Лаваля.

ТЕОРИЯ СИЛЬНЫХ СКАЧКОВ В ЖИДКОСТИ, ГАЗЕ И ПЛАЗМЕ

Общие динамические условия на поверхности разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле.

Теория адиабаты Гюгонио на примере идеального газа. Качественное описание решения задачи о распаде сильного разрыва.

Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач.

ДВИЖЕНИЯ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармоничных функций. Обтекание сферы однородным потоком жидкости. Плоская задача о потенциальном течении в идеальной жидкости, метод ТФКП, потенциалы однородного потока, точечного источника, диполя, вихря. Обтекание цилиндра однородным потоком. Метод конформных преобразований, задача об обтекании крылового профиля, гипотеза Чаплыгина – Жуковского.

Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Элементы теории присоединения масс на примере сферы, движущейся в безграничной массе жидкости. Парадокс Даламбера.

Построение решений основных краевых задач гидродинамики при наличии в потоке вихрей.

ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА

Теория распространения звука.

Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами.

Простая волна Римана и эффект опрокидывания волны. Автомодельные движения. Задачи о поршне и о точечном взрыве в газе.

Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Сверхзвуковое обтекание тел газом с отошедшей ударной волной.

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОПЫТАХ И МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке экспериментов. Величины с основными и произвольными размерностями: физические и постоянные. П-теорема. Определение фи-

зического подобия. Моделирование на практике и в опытах. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса.

ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ. ТЕОРИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ, ТЕОРИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости в цилиндрических трубах. Диффузия вихря. Одномерное движение вязкой сжимаемой жидкости.

Ламинарные и турбулентные движения жидкостей и газов. Опыт Рейнольдса.

Современные представления о переходе ламинарных движений в турбулентные и о структуре развитых турбулентных движений.

Уравнение Рейнольдса. Турбулентные движения жидкости в цилиндрических трубах. Полуэмпирические теории турбулентности.

Уравнение ламинарного пограничного слоя в несжимаемой жидкости. Задача Блазиуса. Явление отрыва ламинарного пограничного слоя. Теория турбулентного пограничного слоя. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Определение сопротивления тел и их теплообмена с газовым потоком на основе теории пограничного слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочин И.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. теоретическая гидродинамика, ч. I и II, М.: Физматгиз, 1963.
2. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. Изд. 8, М.: «Наука», 1977.
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды, т. I и II, изд. 3, М.: «Наука», 1976.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: «Наука», 1976.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: «Наука», 1987. – 840 с.
6. Kiselev S.P., Vorozhtsov E.E., Fomin V.M. Foundations of Fluid Mechanics with Applications (Problem Solving Using Mathematica) – Boston et. al.: Birkhauser, 1999. – 575 p.

Разработал:
Профессор, д.ф.-м.н.



С.П. Киселёв

Согласовано:
Зам. директора,
к.ф.-м.н.



Е.А. Бондарь