

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуц/

«30» октября 2023 года

ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в аспирантуру

1.1 Математика и механика

шифр и наименование группы научных специальностей

1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы

шифр и наименование научной специальности

Содержание программы

Кинематика сплошной среды

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 неуставившееся движение среды.

Кинематические свойства вихрей.

Модели жидких и газообразных сред

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа.

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.

Гидростатика

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

Движение идеальной несжимаемой жидкости

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости.

Движение вязкой жидкости

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.

Турбулентность

Опыт 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.

Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика

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

Эффект Допплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.

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

Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.

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.

Электромагнитные явления в жидкостях.

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. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

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

1. Кулагин, Е.Б. Истягина В.А. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: электронный учебно-методический комплекс.; Красноярск: СФУ, 2009.

2. Александров, Дмитрий Валерьевич. Введение в гидродинамику [Текст]: учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Ин-т математики и компьютер. наук. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012. - 109 с. : ил., граф. - Библиогр.: с. 104. - 200 экз.

3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. Издание 5-е. – 2006. Т. VI. Гидродинамика. — 736 с.

4. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов [Текст] : монография для использования в учебном процессе / В. М. Головизнин, М. А. Зайцев, С. А. Карабасов, И. А. Короткин. - Москва : Издательство Московского университета, 2013. - 467 с. : ил. - (Суперкомпьютерное образование: СКО). - Библиогр. в конце гл. - 1800 экз.. - ISBN 978-5-211-06426-3 (в пер.) : 163.00 р.

5. Маслов, Анатолий Александрович. Динамика вязкого газа, турбулентность и струи [учеб. пособие] / А. А. Маслов, С. Г. Миронов. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. - 213 с. : ил

6. Черняк В.Г., Суетин П.Е. Механика сплошных сред: Учеб. пособ.: для вузов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 352с.

7. Рожанский, Владимир Александрович. Теория плазмы: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Техническая физика" / В. А. Рожанский. - [Б. м.] ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 320 с. - Библиогр.: с. 316. - 1000 экз.. - ISBN 978-5-8114-1233-4 (в пер.) : 799.92 р.

8. Голант, В. Е. Основы физики плазмы [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. - 2-е изд., испр. и доп. - [Б. м.] ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. - 447 с. : ил. - Библиогр.: с. 435-438. - 1000 экз.. - ISBN 978-5-8114-1198-6 (в пер.) : 802.56 р.

9. Франк-Каменецкий, Давид Альбертович. Лекции по физике плазмы [Текст] : [учебное пособие] / Д. А. Франк-Каменецкий. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 279 с. - (Физтехковский учебник). - Библиогр.: с. 276. - 2000 экз.. - ISBN 978-5-91559-002-0 (в пер.) : 385.00 р., 946 р.

Дополнительная литература

1. Чарный, Исаак Абрамович. Подземная гидрогазодинамика [Текст] / И. А. Чарный ; Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. - Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. - 414 с. : ил. - (Современные нефтегазовые технологии). - Библиогр.: с. 392. - ISBN 5-93972-591-0 (в пер.):

2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. / Л.И. Седов. – СПб: Издательство «Лань», 2004. — 560 с. В 2 т. 6-е изд., стер.

3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Editorial URSS, 2003.

4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов / Л.Г. Лойцянский. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с. 7-е изд.,испр.

5. Пашков Л.Т. Математическое моделирование процессов в паровых котлах. М.: Ин-т компьютерного моделирования, 2002.

6. Прандтль Л. Гидроаэромеханика / Л. Прандтль. – изд-во РХД, 2002. – 572 с.

7. Алемасов В.Е. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигательных и энергетических установках. М.: Химия, 2000.

8. Механика сплошных сред в задачах. В 2 т. / Под ред. М. Эглит. – М.: Московский лицей, 1996.

9. Зельдович Я.Б, Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных газовых явлений. М.: Наука, 1966.

10. О.Н. Брюханов, Б.С. Мастрюков. Аэродинамика, горение и теплообмен при сжигании топлива. – СПб: Недра, 1994.

11. Волков Э.П., Зайчик Л.И., Першуков В.А. Моделирование горения твердого топлива. М.: Наука, 1994. 320 с

12. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.:Наука, 1991.

13. Д.М. Хзмалян Теория топочных процессов – М.: Энергоатомиздат, 1986.

14. Э. Оран, Дж. Борис, М. Численное моделирование реагирующих потоков – М.: Мир. 1990.

15. В.В. Померанцев Основы практической теории горения – Л.: Энергоатомиздат, 1986. Б.В. Канторович. Введение в теорию горения и газификации твердых топлив. – М.: Metallurgizdat, 1961.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
3. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
4. Подходы Эйлера и Лагранжа для описания движения сплошных сред.
5. Основные 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 неустойчивое движение среды.
6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости.
7. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
8. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
9. Модель вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
10. Реология и реологические модели в механике сплошных сред.
11. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда.
12. Плоское движение идеальной жидкости. Функция тока. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского.
13. Постановка задачи о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн.
14. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля.

15. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
16. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя.
17. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Признаки турбулентных течений. Уравнения Рейнольдса.
18. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон.
19. Прямое численное моделирование турбулентности. Другие методы численного моделирования турбулентных течений.
20. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.
21. Сжимаемые течения. Течение в сопле Лаваля.
22. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик.
23. Электромагнитные явления в жидкостях. Уравнения магнитной гидродинамики.
24. Физическое подобие, моделирование. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда. Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.

Директор ИИФиРЭ



А.В. Минаков

Составитель программы:
доктор. физ.-мат. наук,
профессор кафедры теплофизики



А.В. Минаков