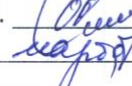


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук

СОГЛАСОВАН

Зам.директора «ИМСС УрО РАН»
по научной работе

д.ф.-м. н.  Плехов О.А.

« 21 »  2022 г.

Утверждаю

Директор ПФИЦ УрО РАН
академик РАН А.А. Барях



« 21 »  2022 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по специальности 1.1.9.
«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ»

Пермь, 2022

Дополнительная программа является приложением к основной программе-минимуму кандидатского экзамена по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы. Дополнительная программа более глубоко раскрывает отдельные разделы МЖГ, получившие развитие в последние годы, в том числе отражающие научные направления «ИМСС УрО РАН». Программа разработана ведущими специалистами по механике деформируемого твердого тела «ИМСС УрО РАН».

I. Гидродинамическая устойчивость и турбулентность

Приближение Буссинеска. Уравнения свободной тепловой конвекции. Критерии подобия.

Условия равновесия неравномерно нагретой жидкости. Проблема устойчивости. Малые возмущения. Спектральная амплитудная задача. Принцип монотонности возмущений. Критические возмущения. Вариационный метод. Задача Рэлея для плоского слоя. Равновесие и устойчивость в каналах и замкнутых полостях. Метод Галеркина. Воздействие различных факторов на устойчивость равновесия (вращение, диффузия, модуляция параметра).

Надкритические движения. Метод разложения по амплитуде вторичных течений. Устойчивость вторичных течений в горизонтальном слое.

Конвекция в пограничном слое; задача Польгаузена. Конвекция в замкнутых объемах. Метод сеток в применении к задачам конвекции.

Проблема устойчивости стационарных течений. Метод возмущений; постановка задачи линейной теории гидродинамической устойчивости. Нормальные возмущения в плоскопараллельных потоках. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Свойства спектра возмущений и декрементов в параллельных потоках. Приближенные методы решения спектральной амплитудной задачи: метод Галеркина, метод Рунге – Кутты с ортогонализацией, метод дифференциальной прогонки. Устойчивость течения Пуазейля; нейтральная кривая. Устойчивость цилиндрического течения Куэтта; вихри Тейлора.

Устойчивость стационарного плоскопараллельного конвективного течения. Спектр возмущений и механизмы неустойчивости.

Проблема ламинарно-турбулентного перехода. Странные аттракторы в простых динамических системах. Пути возникновения странных аттракторов (последовательные удвоения периода, перемежаемость, переход через квазипериодический режим). Модель Лоренца. Возникновение турбулентной конвекции в горизонтальном слое и замкнутых полостях. Возникновение турбулентности в цилиндрическом течении Куэтта.

Осредненные уравнения турбулентного течения. Цепочка уравнений Фридмана-Келлера. Проблема замыкания и методы ее решения. Однородная и изотропная турбулентность. Проблема корреляции скоростей. Спектр турбулентных пульсаций. Теория Колмогорова.

II. Магнитная гидродинамика

Магнитогидродинамические взаимодействия. Система уравнений магнитной гидродинамики и условия их применимости. Безразмерная форма уравнений; критерии подобия.

Идеально проводящая жидкость. «Вмороженность» силовых линий. Нестационарные возмущения; волны Альфвена и магнитозвуковые волны.

Теория генерации поля (проблема МГД-динамо). Аналогия Батчелора. Турбулентность. Альфа-эффект.

Течение в каналах. Задача Гартмана. Течение Куэтта в магнитном поле. Особенности МГД-обтекания. Пограничный слой в магнитном поле. Кондукционные и индукционные МГД-машины. Увлечение проводящей среды бегущим и вращающимся магнитным полем. Воздействие магнитного поля на конвективную устойчивость проводящей среды: монотонная и колебательная неустойчивость.

Понятие о плазме. Ленгмюровская частота и дебаевский радиус. Условия применимости магнитогидродинамического приближения к описанию плазмы. Равновесие плазмы в магнитном поле. Линейный и азимутальный пинчи. Динамическая модель пинч-эффекта. Гидромагнитная устойчивость плазмы.

III. Неньютоновские жидкости

Нелинейновязкие жидкости. Идеальное пластическое тело. Псевдопластики и дилатантные жидкости. Тиксотропия. Течение в круглом капилляре и ротационном вискозиметре.

Ползучесть материалов. Релаксация напряжений в условиях ползучести. Линейная теория наследственной ползучести Больцмана – Вольтера. Ползучесть нелинейно-наследственного тела. Дифференциальные и интегральные формы уравнений состояния.

Вязкоупругое поведение растворов и расплавов полимеров. Феноменологические модели. Функции релаксации и ползучести. Интегралы наследственности. Эффект нормальных напряжений (разбухание струи) и обратимые сдвиговые деформации при экструзии. Вариационные методы расчета течений вязкоупругих жидкостей.

IV. Жидкости с внутренними степенями свободы

Жидкости с внутренним вращением. Законы сохранения. Феноменологический вывод уравнений движения. Релаксация и диффузия внутреннего момента импульса. Дисперсия вязкости. Безынерционное приближение для суспензии наночастиц.

Магнитные жидкости (феррожидкости). Общее представление о коллоидных растворах и суспензиях, условия их устойчивости. Полидисперсность реальных ферроколлоидов, ее учет по теории Ланжевена. Магнитогранулометрический анализ.

Энергия диполь-дипольного взаимодействия. Модели среднего поля для намагниченности с учетом межчастичных взаимодействий. Магнитная жидкость в переменном поле. Простейшее уравнение релаксации. Динамическая восприимчивость магнитной жидкости, формулы Дебая.

Теорема Бернулли для магнитных жидкостей. Максвелловский тензор напряжений и скачок давлений на границе магнитной жидкости. Силы, действующие на погруженное в магнитную жидкость немагнитное тело. Неустойчивость плоской границы МЖ в вертикальном поле.

Гидродинамика магнитной жидкости в переменном поле. Поверхностные и объемные силы. Условие потенциальности магнитных сил. Вязкость магнитных жидкостей. Магнитореологический эффект.

Сложные магнитные жидкости: вязкоупругие суспензии, феррогели, ферронематики. Общая характеристика и основные особенности. Уравнение вращательного движения однодоменной частицы в жидкости Максвелла; времена магнитной и ориентационной релаксации, условия применимости безынерционного приближения.

Жидкие кристаллы. Классификация. Дальний ориентационный порядок в нематиках. Фазовый переход нематик – изотропная жидкость. Влияние внешних полей. Энергия Франка. Переходы Фредерикса. Динамические свойства нематиков: взаимодействие ориентации и течения. Тензор напряжений Лесли-Эриксона, анизотропия вязкости.

Основная литература

Раздел. I

- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М., Наука, 1982.
Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. М., Наука, 1972.
Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М., Непомнящий А.А. Устойчивость конвективных течений. М., Наука, 1989.
Фрик П.Г. Турбулентность: подходы и модели. Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003.

Раздел. II

- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М., Наука, 1982.
Брановер Г.Г., Цинобер А.Б. Магнитная гидродинамика несжимаемых сред. М., Наука, 1970.
Каулинг Т. Магнитная гидродинамика. М., Атомиздат, 1978.

Раздел. III

- Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М., Химия, 1977.
Астарита Д., Маруччи Д. Основы гидромеханики неньютоновской жидкости. М., Мир, 1978

Раздел. IV

- Шлиомис М.И. Динамика жидких парамагнетиков. Пермь: ПГУ, 1983.
Розенцвейг Р. Феррогидродинамика. М.: Мир, 1989.
Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука, 1983.

Дополнительная литература

Раздел. I

- Методы расчета турбулентных течений. Под.ред. В. Кольмана. М., Мир, 1984.
Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. М., Мир, 1991.
Шустер Г. Детерминированный хаос (Введение). М., Мир, 1998.

Раздел. II

- Моффат Г. Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. М., Мир, 1980.
Гельфгат Ю.М., Лиелаусис О.А., Щербинин Э.В. Жидкий металл под действием электромагнитных сил. Рига, Зинатне, 1976.

Раздел. III

- Чанг Дей Хан. Реология в процессах переработки полимеров. М., Химия, 1979.

Раздел. IV

Покровский В.Н. Статистическая механика разбавленных суспензий. М., Наука, 1978.
Блум Э.Я., Цеберс А.О., Майоров М.М. Магнитные жидкости. Рига, Зинатне, 1989.
Пикин С.А. Структурные переходы в жидких кристаллах. М., Наука, 1981.
де Жен П. Физика жидких кристаллов. М.: Мир, 1977.