

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный
 университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет



Согласовано, декан ФФ
 Блинов В.Е.
 подпись
 «09» 11 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(кандидатский экзамен по специальности)
МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

Научная специальность: 1.3 Физические науки


Направленность (профиль): Механика жидкости, газа и плазмы


Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
По выбору	72	16	16			38				2	
	108	16	16			54	18	2			2
ИТОГО	180	32	32			92	18	2		2	2
Всего 180 часов / 5 зачетных единиц, в т.ч. - контактная работа 70 часов											

Разработчики:

д.ф-м.н., Н.И. Яворский
 Заведующий кафедрой ФНП ФФ
 д.ф-м. н., ак. С.В. Алексеенко





Ответственный за образовательную программу:
 д.ф-м. н., проф. С.В. Цыбуля



Новосибирск, 2022

Оглавление

Аннотация.....	3
Введение	4
1. Результаты освоения дисциплины	4
2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий.....	5
3. Содержание дисциплины	5
4. Перечень учебно-методических материалов, необходимых для изучения дисциплины (модуля)	10
5. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины (модуля)	10
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	11
7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	12
8. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы).....	16

Аннотация

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Механика жидкости, газа и плазмы реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Механика жидкости, газа и плазмы и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Механика жидкости, газа и плазмы, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа нацелена на подготовку исследователей для работы в передовых направлениях современной нелинейной физики и подготовку к экзамену по специальности "Механика жидкости, газа и плазмы".

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: классическая механика, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика, электродинамика сплошных сред.

Цель курса:

- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена в рамках научной специальности Механика жидкости, газа и плазмы.

Задачи курса:

- научить критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики сплошной среды в применении к профессиональной области деятельности;

- сформировать у аспирантов навыки культуры работы с научными литературными источниками в целях решения поставленных задач;

- развить навыки решения задач механики сплошной среды, анализа полученных численных оценок, навыков их верификации по существующим данным.

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;

- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения;

- сдача кандидатского экзамена по специальности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

Введение

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Механика жидкости, газа и плазмы реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Механика жидкости, газа и плазмы и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Механика жидкости, газа и плазмы, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем, и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа нацелена на подготовку исследователей для работы в передовых направлениях современной нелинейной физики и подготовку к экзамену по специальности "Механика жидкости, газа и плазмы".

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: классическая механика, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика, электродинамика сплошных сред.

Цель курса:

- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена в рамках научной специальности Механика жидкости, газа и плазмы.

Задачи курса:

- научить критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики сплошной среды в применении к профессиональной области деятельности;

- сформировать у аспирантов навыки культуры работы с научными литературными источниками в целях решения поставленных задач;

- развить навыки решения задач механики сплошной среды, анализа полученных численных оценок, навыков их верификации по существующим данным.

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;

- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения;

- сдача кандидатского экзамена по специальности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

1. Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины:

- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод

решения;

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;
- сдача кандидатского экзамена по специальности.

2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Трудоемкость дисциплины – 5 з.е. (180 ч)

Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен

Вид деятельности	Количество часов
Лекции, ч	32
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	
Консультации в период занятий, ч	
Занятия в контактной форме, ч	70
из них аудиторных занятий, ч	64
в электронной форме, ч	
консультаций, час.	2
промежуточная аттестация, ч	4
Самостоятельная работа, час.	110
Всего, ч	180

3. Содержание дисциплины

1 семестр
Лекции (28 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Физические величины и их преобразования. Уравнения движения. Уравнение неразрывности. Основное уравнение механики сплошной среды. Уравнение энергии. Замыкание уравнений движения. Граничные и начальные условия.	4
Уравнения Эйлера. Идеальная баротропная жидкость. Интеграл Бернулли. Интеграл Коши-Лагранжа.	4
Плоские потенциальные течения идеальной жидкости. Методы теории функции комплексной переменной для решения задач потенциальных течений идеальной жидкости. Теорема Даламбера. Теорема Жуковского-Чаплыгина о подъемной силе.	4
Уравнения Навье-Стокса. Безразмерная запись уравнений движения. П-теорема.	2
<i>Примеры точных решения уравнений динамики вязкой жидкости.</i> Течение Куэтта . Течение Гагена-Пуазейля. Плоские конические течения. Несколько замечаний о применимости полученных результатов.	4

<i>Ползущие движения. Обтекание шара. Приближение Стокса. Приближение Озеена.</i>	2
<i>Ламинарный пограничный слой. Уравнения пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Интегральные характеристики пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя. Область применимости уравнений пограничного слоя.</i>	4
<i>Автомодельные решения уравнений пограничного слоя. Задача Блазиуса. Струя Шлихтинга. Течение в плоском следе.</i>	2
<i>Динамика струйных течений. Автомодельная и неавтомодельная затопленная струя</i>	2

Практические занятия (4 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Основные понятия механики сплошных сред. Законы сохранения в механике сплошной среды, основные модели и общие теоремы.	1
Элементы тензорного исчисления. Тензоры деформаций, тензор скоростей деформаций, силы, действующие на сплошную среду, тензор напряжений.	1
Плоские потенциальные течения идеальной жидкости.	1
Ламинарный пограничный слой.	1

Самостоятельная работа студентов (38 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
<i>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 неуставившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.</i>	2
<i>Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потoki 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</i>	4

<p>сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока 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.</p>	
<p><i>Модели жидких и газообразных сред</i> Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса. 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.</p>	4
<p><i>Физическое подобие, моделирование</i> 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.</p>	4

2 семестр

Лекции (28 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
<p><i>Гидродинамическая устойчивость</i> <i>Линейная, нелинейная и глобальная устойчивости течения вязкой жидкости. Постановка задачи линейной гидродинамической устойчивости. Уравнения Рэлея. Теоремы устойчивости течения идеальной жидкости в плоском канале. Уравнения Орра-Зоммерфельда. Критические числа Рейнольдса перехода в турбулентность. Линейная устойчивость термогравитационной конвекции вязкой теплопроводной жидкости.</i></p>	10
<p><i>Моделирование процессов в турбулентных течениях</i> Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости. Характерные</p>	8

<p>особенности турбулентного движения. Детерминистический и статистический методы описания структуры турбулентных течений.</p> <p>Качественная схема развития турбулентности.</p> <p>Масштабная инвариантность. Оценка масштабов турбулентности. Спектр турбулентных пульсаций. Спектральные функции. Гипотезы Колмогорова об автомодельности. Гипотезы о спектральном переносе энергии.</p> <p>Уравнение для завихренности. Механизм растяжения вихревых трубок.</p>	
<p><i>Моделирование процессов в турбулентных течениях</i></p> <p>Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания. Стратегия замыкания высших моментов.</p> <p>Метод статистических моментов. Функция распределения турбулентных пульсаций. Статистические моменты и кумулянты. Понятие об эргодичности. Статистическая формулировка основной задачи теории турбулентности.</p> <p>Моделирование турбулентного переноса тепла и вещества. Уравнения переноса тепла и вещества.</p> <p>Численная реализация моделей турбулентности. Основные методы и подходы. Прямое численное моделирование (DNS-метод).</p> <p>LES-метод. Операция фильтрации. Модели подсеточного моделирования.</p> <p>RANS модели. Уравнения для линейного масштаба турбулентности, временного масштаба и скорости диссипации энергии турбулентности.</p> <p>Пакеты прикладных программ для описания структуры турбулентных течений.</p>	6
<p><i>Электромагнитные явления в жидкостях</i></p> <p><i>Уравнения Максвелла в пустоте и сплошной среде. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды. Пондеромоторная сила в электродинамике сплошных сред. Уравнения магнитной гидродинамики. Течение Гартмана в плоском канале.</i></p>	4

Практические занятия (4 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Гидродинамическая устойчивость	2
Турбулентность	2

Самостоятельная работа студентов (38 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
<i>Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы</i> <i>Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия</i>	2

<p><i>на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.</i></p>	
<p><i>Движение вязкой жидкости.</i> 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.</p> <p>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.</p> <p>Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.</p>	4
<p><i>Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика</i> Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.</p> <p>Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.</p> <p>Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалья. 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.</p> <p><i>Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. 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. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.</i></p>	8
<p><i>Турбулентность.</i> 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.</p>	

<p><i>Физическое подобие, моделирование</i></p> <p>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.</p>	2
<p><i>Электромагнитные явления в жидкостях</i></p> <p><i>Уравнения Максвелла в сплошной среде. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. 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. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей. Пондеромоторная сила в электродинамике сплошных сред. Уравнения магнитной гидродинамики.</i></p>	2

4. Перечень учебно-методических материалов, необходимых для изучения дисциплины (модуля)

Яворский Н.И. Механика жидкости и газа. Часть 1. Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 1998. – 60с.

Яворский Н.И. Механика жидкости и газа. Часть 2. Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 1999. – 68с.

Механика сплошных сред в задачах. Т. 1: Теория и задачи. /ред. М.Э. Эглит, – М: Московский лицей, 1996. – 396 с.

Механика сплошных сред в задачах. Т. 2: Ответы и решения. /ред. М.Э. Эглит, – М: Московский лицей, 1996. – 394 с.

5. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. –М.: Наука, 1994.

Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. – М.: Наука, 1987.

Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. Издание 6-е. – М.: Физматлит, 2015. – 728 с. (Теоретическая физика, т. VI).

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

Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.

Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.-Ижевск: РХД, 2004.

Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.

Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд-во физ.-тех. лит-ры, 1955.

Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.

Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.

Дополнительная литература

Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. 3-е изд. М.: Наука, 1980.

Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976.

Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная неустойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972.

Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.

Дразин Ф. Введение в теорию гидродинамической устойчивости /ред.

А.Т.Ильичева. - М.:Физматлит, 2005. - 288 с.

Gallovotti G. Foundations of Fluid Mechanics. Rome: University of Rome, 2000.

Currie I.G. Fundamental of Fluid Mechanics. New York: McGraw-Hill, 2003.

Davidson P.A. Turbulence. An Introduction for Scientists and Engineers. Oxford University Press: New York, 2004. - 657 pp.

Pope S.B. Turbulent Flows. Cambridge University Press: New York, 2000. - 882 pp.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Реализация дисциплины в случае необходимости может осуществляться с применением дистанционного электронного обучения в среде Яндекс-Телемост, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект видео лекций по темам дисциплины;

- комплект учебных пособий, учебников, научных статей и монографий в электронном виде по темам дисциплины;

- система аналитических (символьных) вычислений Maxima.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для аспирантов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень результатов освоения дисциплины представлен в разделе 1.

7.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися консультаций в период занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, представление доклада (в форме презентации) на семинаре по одному из разделов программы курса, связанной с выполнением научной работы обучающегося, и проверку заданий для самостоятельного решения. По результатам выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» по результатам является одним из условий допуска к прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференциальных зачётов и кандидатского экзамена по специальности. Требования разработаны в соответствии со следующими документами:

- паспорт научной специальности Механика жидкости, газа и плазмы,
- Порядок прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечень,
- федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Для приема кандидатского экзамена создаётся комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии. В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения дифференциального зачёта используются следующие оценочные средства:

Сдача семестровых заданий, содержащих решения задач по курсу «Механика жидкости и газа».

Работа на лекционных занятиях.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

Портфолио - целевая подборка работ обучающегося, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения, в том числе:

- доклад по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося.

2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач, разработанных в

соответствии с паспортом научной специальности Механика жидкости, газа и плазмы.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Для подготовки экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода промежуточной аттестации. В случае получения неудовлетворительной оценки пересдача кандидатского экзамена в течение текущего периода промежуточной аттестации не допускается. Пересдача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается.

Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя. Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о

несогласии с решением экзаменационной комиссии. Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее одного доктора наук. Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование научной специальности, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование направленности (профиля) по которой подготавливается диссертация.

Описание критериев и шкал оценивания результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1 Результаты освоения дисциплины

Код компетенции	Результат освоения дисциплины	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на лекционных занятиях Сдача семестровых заданий. Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного		Работа на

профессионального и личностного развития		лекционных занятиях Сдача семестровых заданий Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на лекционных занятиях Сдача семестровых заданий. Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики		Работа на лекционных занятиях Сдача семестровых заданий. Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов механики жидкости и газа.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений механики жидкости и газа.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики		Работа на лекционных занятиях Сдача семестровых заданий. Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в различных областях механики жидкости и газа.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы механики жидкости и газа.	

Таблица 10.2 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 1.2 УК 5.1 УК 5.2 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых / несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам / разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.1 УК 1.2 УК 5.1 УК 5.2 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 1.1 УК 1.2 УК 5.1 УК 5.2 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по

		задач. Наличие грубых ошибок.			решению нестандартных задач.
--	--	-------------------------------	--	--	------------------------------

8. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)

Перечень вопросов к зачёту

Сформулируйте кинематическую теорему в дифференциальной форме.

Сформулируйте кинематическую теорему в интегральной форме.

Что такое жидкий объем?

Напишите две формы уравнения неразрывности и уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.

Сформулируйте закон сохранения массы в интегральной форме. Как Вы думаете, можно ли этот закон интерпретировать как уравнение баланса?

Что такое плотность массовых сил и какова ее размерность?

Что такое плотность поверхностных сил и какова ее размерность?

Как выражается плотность поверхностных сил через тензор внутренних напряжений?

Напишите основное уравнение механики сплошной среды в интегральной форме уравнения баланса импульса (в векторном и тензорном видах).

Напишите основное уравнение механики сплошной среды в дифференциальной форме (в векторном и тензорном видах). Каков физический смысл интегрального уравнения баланса импульса?

В чем состоит главное следствие уравнения баланса момента количества движения?

Напишите уравнение баланса кинетической энергии в интегральном и дифференциальном видах. Чему равна мощность внутренних сил? Каков физический смысл интегрального уравнения баланса кинетической энергии?

Чему равен поток кинетической энергии через границу области течения?

Как выражается мощность поверхностных сил через тензор внутренних напряжений?

Напишите уравнение баланса полной энергии в интегральном и дифференциальном видах. Каков физический смысл интегрального уравнения баланса полной энергии?

Напишите уравнение баланса внутренней энергии в интегральном и дифференциальном видах. Каков физический смысл интегрального уравнения баланса внутренней энергии?

Чему равен поток внутренней энергии через границу области течения?

Докажите, что определитель матрицы A можно записать в виде

$$(A) = \det A = e_{ijk} a_{1i} a_{2j} a_{3k}.$$

Докажите, что

$$e_{ijk} \frac{\partial x_1}{\partial X_i} \frac{\partial x_2}{\partial X_j} \frac{\partial x_l}{\partial X_k} = 0, \quad l = 1, 2.$$

Проверьте, что поле скорости от точечного источника массы, задаваемое потенциалом скорости $\varphi = -Q/4\pi R$, (R, θ, φ) – сферические координаты, Q – обильность источника, удовлетворяет уравнению неразрывности для несжимаемой жидкости (3.2.3). Докажите, что

$Q = \int v_n dS$, где S – любая сфера, ограничивающая начало координат.

*Чему равен вектор плотности массовых сил инерции (центробежных сил и сил Кориолиса) в системе координат, равномерно вращающейся с постоянной угловой скоростью Ω ?

Доказать, что

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = \frac{\partial \rho v_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho v_i v_j}{\partial x_j}.$$

Провести подробное доказательство, что из условия $e_{ijk} P_{jk} = 0$ следует симметричность тензора внутренних напряжений $P_{jk} = P_{kj}$.

Доказать, что

$$\rho \frac{dU}{dt} = \frac{\partial \rho U}{\partial t} + \text{div}(\rho U v).$$

*Показать, что если тензор внутренних напряжений можно представить при помощи диагональной матрицы $P_{ij} = -p \delta_{ij}$, где p – давление (это соответствует модели идеальной жидкости), тепловой поток определен согласно закону Фурье $Q = -\lambda \nabla T$, то уравнение баланса внутренней энергии можно представить в виде

$$\rho \frac{di}{dt} = \text{div}(\lambda \nabla T) + \rho q,$$

где $i = U + p/\rho$ – энтальпия на единицу массы жидкости.

Докажите, что из соотношения $P_{ij} = -p \delta_{ij}$ следует $p_n = -p$.

Получите уравнения статики из основного уравнения механики сплошной среды, если тензор внутренних напряжений задан в виде $P_{ij} = -p \delta_{ij}$.

Доказать, что в случае потенциальных внешних сил изобары, изостеры и изопотенциальные поверхности совпадают.

Доказать, что равновесие баротропной жидкости возможно только в поле внешних потенциальных сил. Напишите законы статики.

Сформулируйте необходимое условие равновесия. Всегда ли возможно равновесие жидкости? В поле каких внешних сил возможно равновесие жидкости?

Как соотносятся между собой различные единицы измерения давления: кПа, атм., мм рт. ст., кг/см², Psi? Выразить через Па.

Как распределена плотность произвольной сжимаемой жидкости, расположенной в поле тяжести? (Качественно.)

Что такое барометрическая формула? Напишите барометрическую формулу для изотермической атмосферы. Как изменяется с высотой плотность $\rho(z)$ и энтропия $s(z)$?

Почему силы давления на границе двух несмешивающихся жидкостей равны?

Сформулируйте закон Архимеда. Почему полностью погруженная в воду подводная лодка, которая легла отдохнуть на илистое дно, не может всплыть, тогда как на поверхности лодка спокойно плавает, хотя погружена в воду частично?

Докажите закон Архимеда, используя уравнения статики.

Сформулируйте условия плавания тел. Вы измеряете ареометром плотность жидкости. Если налить менее плотную (более плотную) жидкость, как изменится выталкивающая сила?

Представьте себе, что у Вас имеется сжимаемое тело. Вы погружаете его в несжимаемую жидкость. Где больше выталкивающая сила – у поверхности или в глубине?

Представьте себе, что у Вас имеется несжимаемое тело. Вы погружаете его в сжимаемую

жидкость (аэростат). Где больше выталкивающая сила – у поверхности или в глубине?

Представьте себе, что у Вас имеется сжимаемое тело. Вы погружаете его в сжимаемую жидкость. Где больше выталкивающая сила – у поверхности или в глубине? От чего зависит ответ?

Расскажите, что же в самом деле заставляет жидкость выталкивать тела.

Объясните, как работают центрифуга в стиральной машине, сепаратор сливок.

Докажите, что результирующая сила, действующая на тело, вращающееся вместе с жидкостью, определяется формулой

$$F_{\text{тела}} = (m_{\text{тела}} - m)g + (m_{\text{тела}} - m)\Omega^2 r_c$$

Как определить границу раздела двух несмешивающихся жидкостей, находящихся в поле внешних потенциальных сил?

Какие линии называются линиями тока?

Напишите уравнение линий тока.

Какие течения называются стационарными?

В каких случаях линии тока и траектории жидких частиц совпадают?

Что называется, векторной трубкой?

Что такое трубка тока?

Что такое вихревая линия и вихревая трубка?

Дайте определение тензора скоростей деформаций.

Сформулируйте теорему Коши-Гельмгольца.

Как найти скорость деформационного движения жидкой частицы?

Сформулируйте кинематическую теорему Гельмгольца о вихрях.

Что такое интенсивность вихревой трубки?

Сформулируйте следствие кинематической теоремы Гельмгольца о вихрях.

Сформулируйте теорему Кельвина.

Как определяется функция тока для плоского течения несжимаемой жидкости?

Каков физический смысл функции тока для плоского течения несжимаемой жидкости?

Как определяется функция тока для плоского течения сжимаемого газа?

Каков физический смысл функции тока для плоского течения сжимаемого газа?

Какое течение называется осесимметричным?

Как определяется функция тока для осесимметричного течения несжимаемой жидкости в цилиндрических и сферических координатах?

Каков физический смысл функции тока для осесимметричного течения несжимаемой жидкости?

Дайте определение производной по направлению.

Что такое поверхность уровня?

Дайте определение вектору градиента функции.

Что такое оператор градиента?

Дайте определение векторной линии, векторной поверхности, векторной трубки.

Что такое линии тока?

Напишите уравнение линии тока.

Какие течения жидкости называются стационарными?

В каком случае траектории жидких частиц и линии тока совпадают?

Какие течения жидкости называются потенциальными?

Напишите необходимые условия потенциальности течения.

Что такое объемный расход?

Напишите потенциал поступательного течения жидкости и изобразите линии тока и эквипотенциальные линии.

Напишите потенциал гидродинамического источника и изобразите линии тока и эквипотенциальные линии.

Напишите потенциал потенциального вихря и изобразите линии тока и эквипотенциальные линии.

Являются ли линии тока и эквипотенциальные линии ортогональными в каждой точке жидкости для течений из предыдущих трех вопросов?

Что называется потоком вектора A через поверхность S ?

Что называется циркуляцией вектора v по замкнутому контуру C ?

Дайте определение дивергенции вектора.

Дайте определение ротора вектора.

Напишите оператор дивергенции в декартовой системе координат.

Напишите оператор ротора в декартовой системе координат.

Сформулируйте соглашение о суммировании по повторяющимся индексам.

Определите оператор Лапласа и напишите уравнение Лапласа.

Сформулируйте тождества векторного анализа.

Сформулируйте теорему Стокса.

Сформулируйте теорему Гаусса-Остроградского.

Какие величины называются контравариантными?

Какие величины называются ковариантными?

Как определяется базисный вектор?

Сформулируйте законы преобразования ковариантных и контравариантных величин.

Что такое вектор?

Что такое диада?

Что такое тензор второго ранга?

Дайте определение полиады.

Дайте определение тензора n -го ранга.

Что такое ранг (валентность) тензора?

Какие тензоры называются симметрическими?

Какие тензоры называются антисимметрическими?

Что такое метрический тензор?

Как осуществляется жонглирование индексами?

Что такое свертка?

Какие операции можно производить с тензорами?

Что такое антисимметричный тензор Леви-Чивита?

Что такое тензорное произведение?

Что такое символы Кристоффеля?

Напишите ковариантную производную контравариантных компонент вектора.

Напишите ковариантную производную ковариантных компонент вектора.

Напишите ковариантную производную контравариантных компонент тензора второго ранга.

Напишите ковариантную производную ковариантных компонент тензора второго ранга. Каким свойством обладает метрический тензор при ковариантном дифференцировании?

Форма и перечень вопросов экзаменационного билета.

II.1. Форма экзаменационного билета

Новосибирский государственный университет Физический факультет	
Кандидатский экзамен	

научная специальность	

направленность (профиль)	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №	
1. Вопрос 1.	
2. Вопрос 2.	
3. Вопрос 3.	
Составитель _____	И.О.Фамилия
(подпись)	
Ответственный за образовательную программу _____	И.О.Фамилия
(подпись)	
« ____ » _____	20 ____ г.

Перечень экзаменационных билетов

Билет №1
Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
Билет №2
Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач,

экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

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

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

Билет №3

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.

Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью.

Билет №4

Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорости, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустойчивое движение среды.

Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.

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

Билет №5

Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.

Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.

Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.

Билет №6

Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. равенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция.

Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера.

Постановка задачи Коши—Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн.

Перенос энергии прогрессивными волнами.

П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия.

Билет №7

Кинематические свойства вихрей (кинематические теоремы о вихрях).

Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле.

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

Понятие о странном аттракторе.

Билет №8

Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости.

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.

Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

Билет №9

Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.

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

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среда с идеальной проводимостью.

Билет №10

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.

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях.

Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.

Билет №11

Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

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

потоке.

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема.

Билет №12

Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики.

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

Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя.

Билет №13

Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей.

Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.

Билет №14

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.

Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортвега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.

Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.

Билет №15

Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации.

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

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.

Билет №16

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.

Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач

гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля.

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

Билет №17

Тангенциальные разрывы и ударные волны.

Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества.

Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера.

Билет №18

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

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

Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям РПД, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.