

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Квантовой электроники»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, д.ф.-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

«___» _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ГАЗОДИНАМИКИ

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) _____ **03.03.01 Прикладные математика и физика**

Наименование образовательной программы _____

Квалификация (степень) выпускника _____ **бакалавр**

Форма обучения _____ **очная**

Программа одобрена на заседании кафедры _____ **Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор**

_____ **Ф.А. Стариков**

протокол № _____ **«___» _____ 2023 г.**

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой Зав. кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор Ф.А. Стариков

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/
7	32	3	108	32	32	-	8	0	Э
ИТОГО	32	3	108	32	32	-	8	0	36

АННОТАЦИЯ

Настоящий курс “Основы газодинамики” является органическим продолжением курсов лекций по теоретической физике, преподаваемых на младших курсах. Курс призван создать прочную базу естественнонаучных знаний, дать необходимый запас сведений по математическому формализму уравнений движения сплошных сред (газов, жидкостей, плазмы) и по практическому применению полученных знаний для решения практических задач.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс “Основы газодинамики” является частью курса “Теоретическая физика”, имеющим целью знакомство студентов физических специальностей с теоретическими основами физики инерционного (лазерного) термоядерного синтеза, динамики вещества в экстремальных условиях и связанных с ними разделами экспериментальной и теоретической физики и прикладной математики. Ряд рассматриваемых в рамках данного курса вопросов непосредственно связан с тематикой современных актуальных исследований в области инерциального термоядерного синтеза, проводимых в настоящее время на крупных лазерных установках за рубежом и в федеральном ядерном центре ВНИИЭФ.

Задачи учебной дисциплины:

- Дать представления о характерных газодинамических явлениях (звуковые, ударные волны, нелинейные волны Римана и т.д.) и их роли в физике высоких плотностей энергии.
- Познакомить с основными уравнениями механики сплошных сред и показать их связь с законами сохранения количества вещества, импульса и энергии.
- Дать представления о причинах и механизмах развития газодинамических неустойчивостях.
- Познакомить с методами нахождения автомодельных решений уравнений газодинамики и особенностями эволюции автомодельных газодинамических течений.
- Дать студентам представления об источниках информации по учебной дисциплине.

1. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Классическая теоретическая механика», входящая в часть, формируемую участниками образовательных отношений по направлению подготовки 03.03.01 «Прикладная математика и физика», следует за курсами общей физики, математики как составная часть курсов теоретической физики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
проведение научных и аналитических исследований в области лазерно-физических и лазерно-плазменных исследований по отдельным разделам темы в рамках предметной области по профилю специализации	классические и квантовые поля, плотная горячая плазма, лазеры и их применения, математические модели для теоретического и численного исследований явлений и закономерностей в указанных выше областях физики, включая физику лазеров, физическую оптику, спектроскопию	ПК-1 Способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	3-ПК-1 Знать способы сбора, анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования. У-ПК-1 Уметь синтезировать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования.
		Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	В-ПК-1 Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
		ПК-2 Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	3-ПК-2 Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.
		Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по науч-	У-ПК-2 Уметь критически оценивать, выбирать оборудование, инструментов и методов исследований в

но-исследовательским и
Опытно-конструкторским
разработкам»

избранной предмет-
ной области
В-ПК-2 Владеть
навыками выбора и
применения
оборудование,
инструменты и мето-
ды исследований для
решения задач в
избранной предмет-
ной области

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ*

№ п/п	Наименова- ние раздела /темы дисци- плины	№ не- дели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семина- ры	Лаб. ра- боты	СРС	Текущий контроль (форма)*	Макси- мальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	8		
Семестр №7								
1.	Раздел 1							
1.1.	Тема 1 Уравнения движения и законы со- хранения ве- щества, им- пульса и энергии	1-2	2	2	-	-	УО	3
1.2.	Тема 2. Гра- витационные волны. Не- устойчивость Релея- Тейлора	3	2	2	-	-	УО	4
	Тема 3. Ди- намика вяз- ких сред	4	2	2	-	-	УО	4
	Тема 4 Звуко- вые волны	5	2	2	-	-	ДЗ,КР	4
Рубежный кон- троль		8	СР					5
2.	Раздел 2							
2.1.	Тема 5 Одно- мерное движе- ние сжимаемо- го газа	6-7	4	4		-	УО	4

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)
			32	32	-	8		
2.2.	Тема 6 Ударные волны	8-9	4	4		2	УО	4
2.3	Тема 7 Теплопроводность жидкости (газе)	10-12	4	4		2	СР	4
2.4	Тема 8 Авто модельные решения в газодинамике	13-14	6	6		2	СР	4
2.5	Тема 9 Горение и детонация	15-16	6	6		2	СР	4
Рубежный контроль		16 (15)	СР					5
Промежуточная аттестация		Экзамен					36 / 0	50
Посещаемость								5
Итого:			32	32	-	8		100

***Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:**

УО – устный опрос

КР – контрольная работа, ДЗ-домашнее задание.

Тест – тестирование (письменный опрос)

ДЗ – домашнее задание

РГР – расчетно-графическая работа

Э/Зач/ЗсО – экзамен/зачет/зачет с оценкой и др.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Семестр 7				
Раздел 1	Тема 1 Уравнения движения и законы сохранения вещества, импульса и энергии	ПК-1, ПК-2	3- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1	УО Самостоятельная работа
	Тема 2. Гравитационные волны. Неустойчивость Релея-Тейлора			
	Тема 3. Динамика вязких сред			
	Тема 4 Звуковые волны			
Рубежный контроль		ПК-1,ПК-2	3- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1 3- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2	УО
Раздел 2	Тема 5 Одномерное движение сжимаемого газа	ПК-2	3- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2	УО Самостоятельная работа
	Тема 6 Ударные волны			
	Тема 7 Теплопроводность в жидкости (газе)			
	Тема 8 Автомодельные решения в газодинамике			
	Тема 9 Горение и детонация			
Рубежный контроль		ПК-1, ПК-2	3- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1 3- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2	УО
Промежуточная аттестация		ПК-1, ПК-2	3- ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1 3- ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2	Экзамен

Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Название раздела 1	
1.1.	Тема 1 Уравнения движения и законы сохранения вещества, импульса и энергии	Введение. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Условие адиабатичности течения. Вектор плотности потока импульса. Сохранение импульса в идеальной жидкости. Плотность потока энергии в идеальной жидкости и сохранение энергии.
1.2.	Тема 2. Гравитационные волны. Неустойчивость Релея-Тейлора	Гравитационные волны на свободной поверхности жидкости. Дисперсионные соотношения. Неустойчивость Релея-Тейлора. Решение Отта для тонкого слоя.
	Тема 3. Динамика вязких сред	Движение вязкой жидкости. Тензор вязких напряжений. Первая и вторая вязкости. Уравнение Навье-Стокса. Граничные условия для вязкой жидкости.
	Тема 4 Звуковые волны	Звуковые волны. Волновое уравнение. Энергия и импульс звуковых волн. Отражение звуковой волны от плоской границы раздела разнородных сред.
2.		
2.1.	Тема 5 Одномерное движение сжимаемого газа	Одномерное течение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Плоское изэнтропическое течение. Простые волны.
2.2.	Тема 6 Ударные волны	Ударные волны. Условия на поверхности разрыва. Ударная адиабата. Ударные волны в идеальном газе. Направление изменения величин в ударной волне. Ударные волны слабой интенсивности. Распространение слабых разрывов.
2.3.	Тема 7 Теплопроводность в жидкости (газе)	Общее уравнение переноса тепла. Нелинейная теплопроводность. Нелинейная волна теплопроводности.
	Тема 8 Автомодельные решения в газодинамике	Одномерное автомодельное течение. Волны разрежения. Центрированная волна разрежения. Задача о сильном взрыве в однородной атмосфере. Задача о разлете газового шара при его одновременном нагреве. Автомодельное движение газа под действием короткого удара.
	Тема 9 Горение и детонация	Медленное (дозвуковое) горение. Режим детонации.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Название раздела 1	
1.1.	Тема 1	Основные дифференциальные векторные операции (градиент, дивергенция, ротор, лапласиан). Аксиальный тензор и операции с ним.

1.2.	Тема 2	Граничные условия для идеальной жидкости.
1.3	Тема 3	Изэнтропическое течение. Уравнение Бернулли и теорема Томсона.
1.4	Тема 4	Потенциальное (безвихревое) течение. Несжимаемая жидкость. Потенциальное движение в несжимаемой жидкости
1.5	Тема 5	Закон подобия при движении вязкой жидкости. Число Рейнольдса.
1.6	Тема 6	Ширина сильной ударной волны в газе.
1.7	Тема 7	Распространение (распад) произвольного разрыва.
1.8	Тема 8	Откольные явления при выходе ударной волны на поверхность
1.9	Тема 9	Абляционная неустойчивость, возникающая при ускорении оболочек (фольг) излучением лазерного (рентгеновского) драйвера. Формула Такабе для инкрементов абляционной неустойчивости
1.10	Тема 10	Задача об автомодельном разлете газового шара в пустоту
1.11	Тема 11	Физические механизмы нелинейной теплопроводности в нагретом веществе. Электронная и лучистая теплопроводность.

Экспериментальная демонстрация газодинамических явлений в лаборатории “Исследование нестационарных газодинамических течений”.

Тема Л1. Ускоренное движение контактной границы. Практическая работа «Поршневая модель динамики простейшей термоядерной мишени».

Тема Л2. Явление кумуляции энергии. Имплоссия. Практическая работа «Гидравлическая модель цилиндрической имплоссии».

Тема Л3. Кумуляция энергии в слоистых системах. Практическая работа «Кумуляция энергии при столкновении слоев разной массы».

Тема Л4. Понятие об ударной волне и волне разрежения. Прохождение ударной волны через контактную границу. Понятие о распаде разрыва. Метод *Pu*-диаграмм. Практическая работа «Гидравлическая модель плоской ударной волны».

Тема Л5. Понятие явления откола. Практическая работа «Лабораторная модель явления откола».

Лабораторные занятия

Лабораторные работы отсутствуют.

Задания для самостоятельной работы

Выполнение большого домашнего задания по одному из 4-х предложенных вариантов:

Вариант 1

1. Доказать тождество $\text{grad } \frac{v^2}{2} = [\vec{v}, \text{rot } \vec{v}] + (\vec{v} \nabla) \vec{v}$.

2. Найти закон дисперсии гравитационных волн на неограниченной поверхности жидкости глубиной H . Найти скорость гравитационных волн на мелкой воде.



Рисунок 1

3. Пусть вязкая жидкость (с вязкостью ν и плотностью ρ) течет мимо жесткой стенки с линейным профилем скорости (смотри рисунок 2). Найти силу, с которой жидкость действует на единицу поверхности стенки (рисунок 1).

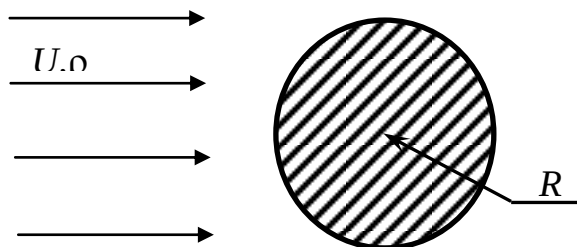


Рисунок 2

4. Оценить силу сопротивления, действующую на движущееся в жидкости тело (смотри рисунок 2). Оценить скорость, с которой падает в затыжном прыжке парашютист.

Почему невозможен подводный велосипед?

С какой скоростью надо бежать по воде, чтобы не не тонуть?

5. Сильная ударная волна отражается от плоской поверхности твердого тела. Определить давление газа позади отраженной ударной волны.

6. Определить закон движения поршня, при котором все характеристики одновременно пересекаются в точке $x=0$ (центрированная волна сжатия).

7. Получить соотношение (соотношение Циолковского) между массой сгоревшего ракетного топлива m (при полной массе ракеты M), истекающего из сопла двигателя со скоростью u , и скоростью v полета ракеты.

Вариант 2

1. Жидкость течет по трубе со скоростью v_1 . Определить скорость v_2 жидкости после прохождения зоны расширения

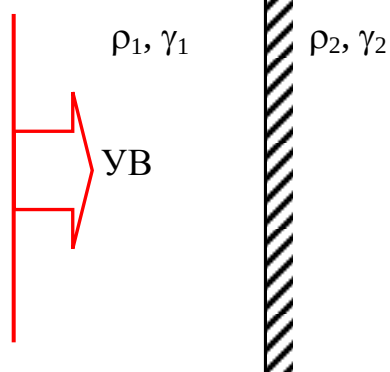


Рисунок 2

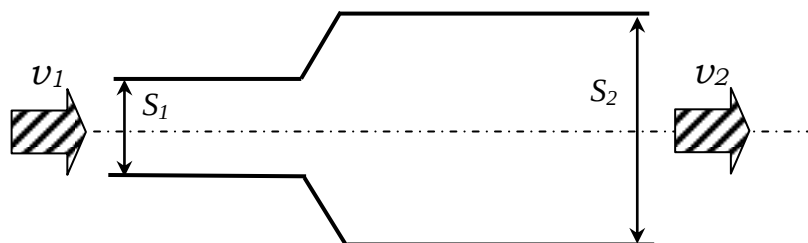


Рисунок 1

2. Получить уравнение “непрерывности” для энтропии

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho S) + \text{div}(\rho \vec{v} S) = 0.$$

3. Поршень выдвигается из полубесконечной трубы со скоростью U . Определить параметры волны разгрузки (Построить график зависимости массовой скорости от координаты).

4. Определить закон движения в изотермической волне разгрузки /ЛЛ-517/.

5. Ударная волна падает на границу раздела двух раз-

6. Определить распределение температуры в газе с ^{ении} температуропроводностью χ перед плоским профилем племени, движущемся со скоростью U . /ЛЛ-

7. Определить давление в месте сужения трубы, возникающее при течении по трубе несжимаемой жидкости (см. рисунок 3)

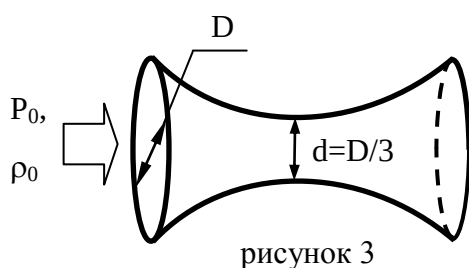


рисунок 3

Вариант 3.

1. Какую нагрузку испытывает опора, удерживающая изгиб трубы поперечного сечения S с текущей по ней со скоростью v жидкостью плотности ρ (рисунок 1). Указать направление

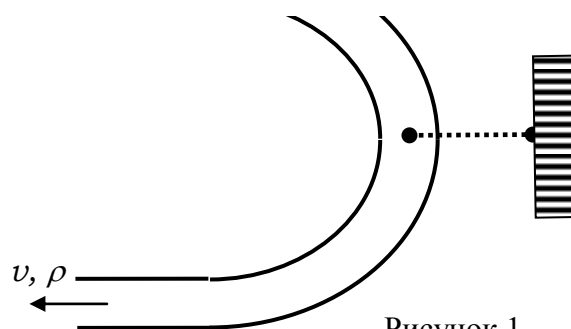


Рисунок 1

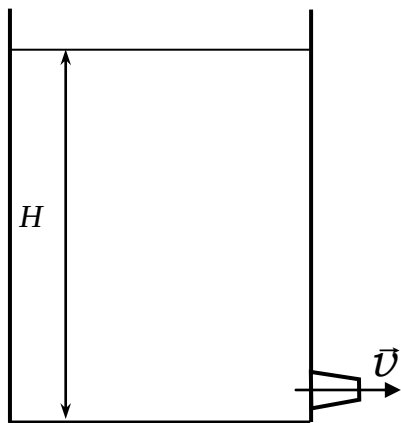


Рисунок 2

2. Получить уравнение движения для несжимаемой ($\rho = \text{const}$) жидкости в виде $\frac{\partial}{\partial t}(\text{rot } \vec{v}) = \text{rot}[\vec{v} \times \text{rot } \vec{v}]$.
3. Показать, что энтропия в теплоизолированном объеме газа не убывает (Рассмотреть одномерный случай).
4. Определить форму свободной поверхности жидкости в поле тяжести в цилиндрическом сосуде, вращающемся вокруг своей оси.
5. Оценить время столкновения двух бильярдных шаров.
6. Вода вытекает из сосуда глубиной H через малое отверстие вблизи его дна. Найти скорость истечения воды из отверстия (рисунок 2).

Вариант 4

1. Какую нагрузку испытывает опора, удерживающая изгиб трубы поперечного сечения S с текущей по ней со скоростью v жидкостью плотности ρ ? Указать направление действия силы. (рисунок 1)

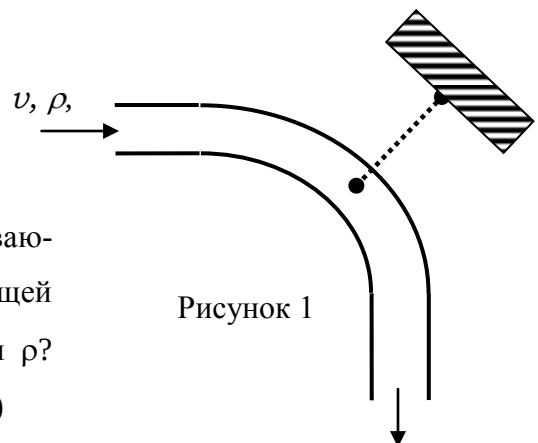


Рисунок 1

2. Изотермическая земная атмосфера ($T = \text{const}$) покоится в поле силы тяжести. Найти закон убывания плотности газа с высотой.
3. Поршень вдвигается в трубу со скоростью U . Предполагая, что ударная волна является сильной, определить ее скорость.

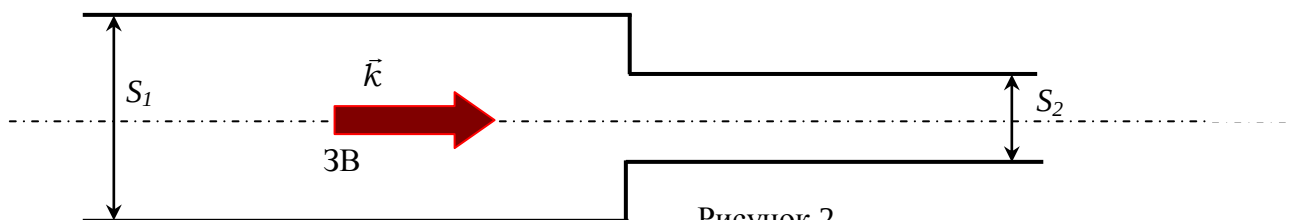


Рисунок 2

4. Определить коэффициент прохождения звука при его переходе из трубки сечением S_1 в трубку сечением S_2 (смотри схему на рисунке 2) /ЛЛ-415/.
5. Вязкая жидкость (с вязкостью ν) течет между двумя параллельными плоскостями (рис. 2). Найти профиль скорости $v_x(y)$ и силу, действующую на единицу поверхности плоскостей. Течение стационарное.
6. Простая волна, создаваемая в газе поршнем, движущемся по закону $U = \pm at$ /ЛЛ-531/.
7. Определить закон изменения газодинамических величин при стационарном течении идеального газа по трубе переменного сечения $S(x)$.

Самостоятельная проработка одного из предложенных преподавателем дополнительных разделов дисциплины.

Тема 1. Уравнения одномерной газодинамики в форме Лагранжа.

Тема 2. Сила сопротивления при постоянном обтекании.

Тема 3. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.

Тема 4. Течение при малых числах Рейнольдса.

Тема 5. Развитая турбулентность. Спектр Колмогорова.

Тема 6. Кризис сопротивления.

Тема 7. Закон подобия при теплопередаче.

Тема 8. Поверхностные явления. Формула Лапласа.

Тема 9. Стационарный поток сжимаемого газа.

Тема 10. Истечение газа через сопло.

Тема 11. Изотермическая волна разрежения.

Тема 12. Сходящаяся ударная волна (задача Гудерля)

5.2. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Уравнения движения идеальной жидкости (уравнение непрерывности, уравнение Эйлера, уравнение адиабатичности). Граничные условия для идеальной жидкости.
2. Уравнение Бернулли и сохранение циркуляции скорости в идеальной жидкости.
3. Закон сохранения энергии. Вектор плотности потока энергии. Закон сохранения импульса. Тензор плотности потока импульса.
4. Вязкая жидкость. Тензор плотности потока импульса в вязкой жидкости.
5. Уравнения движения вязкой жидкости. Граничные условия для вязкой жидкости.
6. Гравитационные волны. Неустойчивость Релея-Тейлора. Инкременты неустойчивости.

7. Решение Отта для тонкого слоя.
8. Звуковые волны. Волновое уравнение.
9. Энергия и импульс звуковых волн.
10. Отражение звуковой волны от границы раздела разнородных сред.
11. Характеристики одномерного плоского движения.
12. Плоское изэнтропическое течение. Инварианты Римана.
13. Простые волны.
14. Простая волна, создаваемая в газе поршнем, движущемся по закону $U = \pm at$.
15. Автомодельная волна разрежения.
16. Ударные волны. Адиабата Гюгонио.
17. Ударные волны в идеальном газе.
18. Ударные волны слабой интенсивности.
19. Задача о сильном взрыве в однородной атмосфере.
20. Автомодельное движение газа под действием короткого удара.
21. Разлет газового шара при одновременном его нагреве по закону $T(t) = At^\alpha$.
22. Теплопроводность. Уравнение переноса энергии при наличии вязкости и теплопроводности.
23. Горение и детонация.
24. Нелинейная теплопроводность. Автомодельные решения нелинейного уравнения теплопроводности.

5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется сту-

			денту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц, Теретическая физика, том VI, Гидродинамика, М., Наука (1988).
2. Я.Б.Зельдович, Ю.П.Райзер, “Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений”, Наука, Москва (1966).
3. Л.И. Седов. Методы подобия и размерности в газодинамике, Гостехиздат (1957).
4. Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе, Теоретическая гидродинамика, Москва, Физматгиз (1963).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. Изд. ДРОФА, Москва (2003).

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия»
4. Виртуальная образовательная лаборатория (<http://www.virtulab.net>),
5. Научно-образовательный портал «Вся физика» (<http://sfiz.ru>), раздел «Учебные материалы»

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные кабинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудование мультимедийными средствами обучения. В компьютерных классах СарФТИ НИЯУ МИФИ установлена система «ДИСКО», разработаны и переведены в систему «ДИСКО» тесты и задачи по всем основным разделам дисциплины.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При чтении лекционного материала используется электронное сопровождение курса: справочно-иллюстративный материал воспроизводится и озвучивается в аудитории с использованием проектора и переносного компьютера в реальном времени. Электронный материал доступен студентам для использования и самостоятельного изучения на сайте кафедры по адресу <http://dozen.mephi.ru>.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ) по направлению подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика», профиль подготовки: «Квантовая электроника».

Автор(ы): старший преподаватель кафедры КЭ

Рецензент(ы): Зав кафедрой КЭ