

**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
Кафедра физики сплошных сред**



**Рабочая программа дисциплины
ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА 1**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность(профиль): **Общая и фундаментальная физика**

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	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	36		20		14			2		
Всего 36 часов/ 1 зачетная единица из них: - контактная работа 22 часа Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

Цыбуля С. В.

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем	4
5. Перечень учебной литературы.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	6
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	7

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Газовая динамика 1» имеет своей целью дать студентам базовые знания по некоторым разделам газовой динамики и сформировать современное представление о физической сути процессов и явлений, происходящих в сплошных средах, таких как волны разрежения и сжатия, ударные волны, взаимодействие среды с препятствием и т.д., необходимые для освоения теоретических основ физических курсов, читаемых на кафедре физики сплошных сред.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные уравнения динамики сплошной среды, особенности описания сплошной среды методом Лагранжа и методом Эйлера, основные свойства и характерные особенности простых и ударных волн.</p> <p>Уметь выводить основные уравнения движения сплошной среды из общезначимых законов сохранения, применять к ним различные приближения, в частности, приближения газовой динамики и несжимаемой жидкости.</p> <p>Владеть базовыми методами решения одномерных задач газовой динамики, методом P-U диаграмм для решения задач о распаде произвольного разрыва.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Газовая динамика 1» реализуется в осеннем семестре 3-го курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики сплошных сред. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

Для успешного освоения курса «Газовая динамика 1» студенты должны обладать предварительными знаниями основ общей физики, механики, термодинамики, физики сплошных сред, математического и функционального анализа, дифференциальных уравнений, векторного и тензорного анализа. В свою очередь, учебный курс «Газовая динамика 1» предоставляет студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые для изучения курсов «Методы математической физики», «Статистическая физика и термодинамика»

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем

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	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	36		20		14				2	
Всего 36 часов/ 1 зачетная единица, из них: - контактная работа 22 часа										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателем с помощью проверки заданий, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: проверка заданий для самостоятельного решения.
- промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- Практические занятия – 20 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 14 часов;
- промежуточная аттестация (зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (практические занятия, зачет) составляет 22 часа.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Газовая динамика 1» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-ем курсе физического факультета НГУ в осеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1.	Введение в газовую динамику.	1	4		2	2	
2.	Уравнения движения сплошной среды..	2-3	6		4	2	
3.	Уравнения газовой динамики.	4-5	6		4	2	
4.	Одномерное изэнтропическое течение.	6-7	6		4	2	
5.	Одномерное течение. Сильные разрывы.	8-9	8		4	4	
6.	Распад разрыва.	10	4		2	2	
7.	Зачет	11	2				2
Всего			36	0	20	14	2

Программа и основное содержание практических занятий (20 часов)

Введение в газовую динамику (2 часа)

Понятие сплошной среды. Сплошная среда. Кинематика сплошной среды. Переменные Эйлера и Лагранжа. Производная по времени вдоль траектории частицы. Производная от якобиана. Тензор скоростей деформации. Перемещающаяся поверхность. Дифференцирование по времени интегралов по жидкому объему

Уравнения движения сплошной среды (4 часа)

Уравнения, описывающие движение сплошной среды в интегральной (две формы – для жидкого и фиксированного объема) и дифференциальной форме. Размерность и подобие. Автомодельность.

Уравнения газовой динамики (4 часа)

Уравнения газовой динамики. Слабые разрывы и характеристики уравнений газовой динамики. Скорость звука.

Одномерное изэнтропическое течение (4 часа)

Простые волны. Уравнения одномерного изэнтропического течения, характеристики. Условия на характеристиках. Инварианты Римана. Простые волны. Критерий простой волны. Свойства простых волн. Центрированные простые волны. Волны сжатия и разрежения. Возникновение разрывов.

Одномерное течение с сильными разрывами (4 часа)

Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны. Адиабата Гюгонио. Скорость перемещения фронта ударной волны. Основные свойства ударного перехода. Приближенные условия на разрыве в случае сильных и слабых ударных волн.

Распад разрыва (2 часа)

Распад произвольного разрыва. (P, U) – диаграммы. Автомодельные одномерные течения. Задача о сильном взрыве. Закон изменения давления на фронте ударной волны. Характеристика физико-механических процессов в сплошной среде в зависимости от величины энерговыделения и характерного времени действия. Связь классов таких задач с параметрами среды (прочностные силы, энергия связи, теплота плавления и испарения).

Самостоятельная работа студентов (14 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельное решение заданий	14

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. Москва-Ижевск, ИКИ, 2003.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. ГИТТЛ, Москва, 1986.

5.2. Дополнительная литература

1. Курант Г., Фридрихс К. Сверхзвуковые течения и ударные волны. ИЛ, Москва, 1950.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Наука, Москва, 1973.
3. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. - Теоретическая гидромеханика, часть 1. Физматлит, Москва, 1963, 583 стр.
4. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. - Теоретическая гидромеханика, часть 2. Физматлит, Москва, 1963, 728 стр

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, 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.

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

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся 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».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра: проверка заданий для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. По итогам завершения курса проводится зачет по перечню вопросов в устной форме. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка (зачет) ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать основные уравнения динамики сплошной среды, особенности описания сплошной среды методом Лагранжа и методом Эйлера, основные свойства и характерные особенности простых и ударных волн.	Проверка заданий, зачет.

<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Уметь выводить основные уравнения движения сплошной среды из общезаконных законов сохранения, применять к ним различные приближения, в частности, приближения газовой динамики и несжимаемой жидкости.</p>	<p>Проверка заданий, зачет.</p>
<p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Владеть базовыми методами решения одномерных задач газовой динамики, методом P-U диаграмм для решения задач о распаде произвольного разрыва.</p>	<p>Проверка заданий, зачет.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Газовая динамика 1».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. 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	ПК 1.2	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)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	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 решению нестандартных задач.
-----------------------------------	--------	--	--	--	---

10.3 Задания для самостоятельного решения

Задание 1

(сдать с 24 октября по 1 ноября или раньше)

1. Поле скорости задано в переменных Лагранжа $V_1 = -k_1 x_2 e^{-\alpha}$, $V_2 = -k_2 x_3$, $V_3 = 2V_0 \alpha t$. Найти: закон движения сплошной среды; поле скорости в переменных Эйлера; поле завихренности, компоненты ускорения в эйлеровой форме.
2. Поле скорости в эйлеровых координатах имеет вид $V_1 = -\Omega x_2$, $V_2 = \Omega x_1$, $V_3 = V$, где Ω и V – постоянные. Найти закон движения сплошной среды.
3. Линии тока определяются условием $\vec{V}(\vec{r}, t) \times d\vec{r} = 0$. Дифференциальные уравнения траекторий частиц имеют вид: $d\vec{r}/dt = \vec{V}(\vec{r}, t)$. Написать дифференциальные уравнения линий тока и показать, что при стационарном движении сплошной среды линии тока совпадают с траекториями движения частиц.
4. Поле скорости, заданное в эйлеровых переменных, имеет вид $V_i = b(t)\alpha_{ik}x_k$, где α_{ik} – постоянно. Показать, что линии тока стационарны и траектории частиц совпадают с линиями тока.
5. Пусть при движении сплошной среды тензор скоростей деформации тождественно равен нулю. Показать, что поле скорости при таком движении совпадает с полем скорости движущегося абсолютно твердого тела.
6. Найти распределение давления и плотности в атмосфере для идеального политропного газа, в котором давление p и плотность ρ связаны адиабатой Пуассона $p = p_0(\rho/\rho_0)^\gamma$, $\gamma > 1$. Определить высоту атмосферы.
7. Вычислить давление в центре сферической звезды, плотность которой на расстоянии r от центра равна $\rho = \rho_0(1 - \beta r^2)$.
8. Замкнутый сосуд, наполненный несжимаемой жидкостью, вращается с постоянной угловой скоростью Ω относительно горизонтальной оси. Показать, что поверхности равного давления представляют собой круговые цилиндры, общая ось которых расположена на высоте g/Ω^2 над осью вращения.

Задание 2

(сдать с 13 по 20 декабря или раньше)

1. Написать дифференциальные уравнения несжимаемой жидкости и газовой динамики в переменных Лагранжа.
2. Поток идеальной несжимаемой жидкости плотности ρ поворачивается изогнутой трубой переменного сечения на угол α . Считая, что в сечениях S_0 и S_1 скорость постоянна по сечению, причем в сечении S_0 скорость равна V_0 определить силу, действующую на изогнутый участок трубы. Атмосферным давлением пренебречь.

3. Ударная волна с постоянным давлением P за фронтом распространяется по покоящемуся газу плотности ρ_0 . В момент $t=0$ волна выходит на границу раздела "газ–вакуум". Найти возникающее течение газа, найти характеристики обоих семейств и построить $P-U$ диаграмму.
4. Найти течение, возникающее при распаде разрыва, который образуется при догоне одной ударной волны (с постоянным давлением за фронтом), распространяющейся по покоящемуся газу, другой, с большим давлением. Построить $P-U$ диаграмму.
5. Адиабатическое сжатие воды описывается адиабатой Тэта: $P = P_0 + B[(\rho/\rho_0)^n - 1]$, где $B = 3000$ атм., $n = 7$. Найти скорость звука в воде. Как меняется скорость звука с глубиной?
6. Найти течение, возникающее при выходе ударной волны, идущей по воде, на границу "вода–воздух". Фронт ударной волны параллелен поверхности раздела. Считать, что ударная волна в воде является слабой (до 300 атм). Построить $P-U$ диаграмму.
7. В несжимаемой жидкости плотности ρ , заполняющей все пространство, в некоторой точке мгновенно выделяется конечная энергия E_0 (точечный взрыв). Определить возникающее течение, если на бесконечности давление равно P_0 ,

Вопросы, выносимые на зачет

1. Сплошная среда. Кинематика сплошной среды.
2. Переменные Эйлера и Лагранжа.
3. Производная по времени вдоль траектории частицы.
4. Производная от якобиана. Тензор скоростей деформации.
5. Перемещающаяся поверхность. Дифференцирование по времени интегралов по жидкому объему.
6. Уравнения, описывающие движение сплошной среды в интегральной (две формы – для жидкого и фиксированного объема) и дифференциальной форме.
7. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности. Поток массы.
8. Закон сохранения импульса. Тензор напряжений. Поток импульса. Закон сохранения импульса и симметричность тензора напряжений. Давление. Вязкая жидкость.
9. Закон сохранения энергии. Внутренняя энергия. Уравнение состояния. Энтальпия. Поток тепла. Поток энергии. Адиабатические течения. Изэнтропические течения. Адиабата Пуассона.
10. Размерность и подобие. Автомодельность.
11. Уравнения газовой динамики.
12. Слабые разрывы и характеристики уравнений газовой динамики. Скорость звука.
13. Сильные разрывы. Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны.
14. Адиабата Гюгонио. Скорость перемещения фронта ударной волны.
15. Основные свойства ударного перехода. Приближенные условия на разрыве в случае сильных и слабых ударных волн.
16. Уравнения одномерного изэнтропического течения, характеристики. Условия на характеристиках. Инварианты Римана.
17. Простые волны. Критерий простой волны. Свойства простых волн. Центрированные простые волны. Волны сжатия и разрежения. Возникновение разрывов.
18. Распад произвольного разрыва. (P, U) – диаграммы.
19. Автомодельные одномерные течения. Задача о сильном взрыве. Закон изменения давления на фронте ударной волны.

-
1. Сплошная среда. Кинематика сплошной среды.
 2. Переменные Эйлера и Лагранжа.
 3. Производная по времени вдоль траектории частицы.

4. Производная от якобиана. Тензор скоростей деформации.
5. Перемещающаяся поверхность. Дифференцирование по времени интегралов по жидкому объему.
6. Уравнения, описывающие движение сплошной среды в интегральной (две формы – для жидкого и фиксированного объема) и дифференциальной форме.
7. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности. Поток массы.
8. Закон сохранения импульса. Тензор напряжений. Поток импульса.
9. Закон сохранения импульса и симметричность тензора напряжений. Давление.
10. Закон сохранения энергии. Внутренняя энергия.
11. Уравнение состояния. Энтропия. Энтальпия. Поток тепла. Поток энергии.
12. Адиабатические течения. Изэнтропические течения. Адиабата Пуассона.
13. Уравнения газовой динамики.
14. Слабые разрывы и характеристики уравнений газовой динамики. Скорость звука.
15. Сильные разрывы. Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны.

-
1. Размерность и подобие. Автомодельность.
 2. Адиабата Гюгонио. Скорость перемещения фронта ударной волны.
 3. Основные свойства ударного перехода. Приближенные условия на разрыве в случае сильных и слабых ударных волн.
 4. Уравнения одномерного изэнтропического течения, характеристики. Условия на характеристиках. Инварианты Римана.
 5. Простые волны. Критерий простой волны.
 6. Свойства простых волн. Центрированные простые волны.
 7. Волны сжатия и разрежения. Возникновение разрывов.
 8. Распад произвольного разрыва. (P, U) – диаграммы.
 9. Автомодельные одномерные течения.
 10. Задача о сильном взрыве.
 11. Закон изменения давления на фронте ударной волны.

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

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Газовая динамика 1»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного