

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 01/08-577

от 28.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГАЗОДИНАМИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 16.03.01 Техническая физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	3	108	16	48	0		8	0	Э
Итого	3	108	16	48	0	0	8	0	

АННОТАЦИЯ

Курс излагается как часть теоретической физики и последовательно знакомит студентов с теорией течения газов (идеальных жидкостей) начиная от звука и геометрической акустики и заканчивая теорией ударных волн. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

- освоение студентами системы основных уравнений изэнтропического течения газов, ударных волн и скачков уплотнений;
- приобретение навыков расчета параметров течения газов в соплах, параметров ударных волн;
- освоение новых методов расчета современных установок для разделения изотопов;

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Теория течения газов занимает важное место в освоение практических методик расчета прикладных задач, возникающих в научно исследовательской и инженерно – внедренческой работе. Наряду со знаниями основ теории движения идеальных жидкостей, студенты получают практические навыки расчета газовых потоков в соплах: конфузоре, диффузоре, сопло Лавалья. Расчеты потоков газа с возникающими в них ударными волнами.

Уровень сложности теоретических и практических заданий полностью соответствует требованиям государственного образовательного.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
производственно-технологический			
Использование нормативных документов по качеству,	Наноразмерные системы, атомно-молекулярные смеси, масс-	ПК-3 [1] - Способен использовать технические средства для определения	З-ПК-3[1] - Знать технические средства для определения основных параметров

стандартизации и сертификации изделий, элементов экономического анализа в практической деятельности.	спектрометрия и спектрометрия ионной подвижности, композиционные материалы.	основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.136, 40.167	технологического процесса, свойств физико-технических объектов, изделий и материалов ; У-ПК-3[1] - Уметь использовать технические средства для определения параметров технологического процесса, свойств физико-технических объектов, изделий и материалов ; В-ПК-3[1] - Владеть техническими средствами определения параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов
--	---	---	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/24/0		25	Т-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 2	9-16	8/24/0		25	БДЗ-16	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/48/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
БДЗ	Большое домашнее задание
Т	Тестирование
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	48	0
1-8	Часть 1	8	24	0
1	Анализ размерностей и теория подобия Физические величины и их размерности. Формула Фурье. П-теорема и ее применение для решения газодинамических задач.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Анализ размерностей и теория подобия Подобие потоков. Понятие о критериях подобия. Безразмерные параметры для идеального газа и их физический смысл.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Теория подобия в моделировании. Звук Полное и частичное моделирование. Случай моделирования по нескольким критериям. Понятие о звуке. Волновое уравнение. Монохроматические волны.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Энергия звуковых волн. Отражение и преломление	Всего аудиторных часов		

	звуковых волн Выражение для энергии звуковых волн. Задача о отражении и преломлении звуковых волн.	1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Геометрическая акустика. Эффект Доплера. Собственные колебания Основное уравнение геометрической акустики. Звук в движущейся среде. Эффект Доплера.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Излучение звука Приближение сферической волны. Задача о излучении телом звуковых волн. Интенсивность излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Ударные волны Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Поверхность разрыва. Ударная адиабата.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	24	0
9 - 10	Ударные волны Ударные волны слабой интенсивности. Ударные волны в политропном газе. Косая ударная волна. Ширина ударных волн. Слабые разрывы.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Одномерное движение сжимаемого газа Одномерное движение сжимаемого газа. Сопло Лаваля и его режимы работы. Одномерное автомодельное движение.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Одномерное движение сжимаемого газа Распад произвольного разрыва. Одномерные бегущие волны. Образование разрывов в волнах.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Волна разряжения Основные понятия. Задача об обтекании сверхзвуковым потоком тупого угла.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Пересечение ударных волн с твердой поверхностью. Обтекание конечных тел Особенности пересечение ударных волн с твердой поверхностью. Отражение ударной волны. Задача обтекания тела сверхзвуковым потоком. Случаи выпуклого и вогнутого углов.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1	Анализ размерностей и теория подобия Физические величины и их размерности. Формула Фурье. П-теорема и ее применение для решения газодинамических задач.
2	Анализ размерностей и теория подобия Подобие потоков. Понятие о критериях подобия. Безразмерные параметры для идеального газа и их физический смысл.
3	Теория подобия в моделировании. Звук Полное и частичное моделирование. Случай моделирования по нескольким критериям. Понятие о звуке. Волновое уравнение. Монохроматические волны
4	Энергия звуковых волн. Отражение и преломление звуковых волн Выражение для энергии звуковых волн. Задача о отражении и преломлении звуковых волн.
5	Геометрическая акустика. Эффект Доплера. Собственные колебания. Основное уравнение геометрической акустики. Звук в движущейся среде. Эффект Доплера
6	Излучение звука Приближение сферической волны. Задача о излучении телом звуковых волн. Интенсивность излучения.
7 - 8	Ударные волны Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Поверхность разрыва. Ударная адиабата.
9 - 10	Ударные волны Ударные волны слабой интенсивности. Ударные волны в политропном газе. Косая ударная волна. Ширина ударных волн. Слабые разрывы.
11 - 12	Одномерное движение сжимаемого газа Одномерное движение сжимаемого газа. Сопло Лаваля и его режимы работы. Одномерное автомодельное движение
13	Одномерное движение сжимаемого газа Распад произвольного разрыва. Одномерные бегущие волны. Образование разрывов в волнах.
14	Волна разряжения Основные понятия. Задача об обтекании сверхзвуковым потоком тупого угла.
15 - 16	Пересечение ударных волн с твердой поверхностью. Обтекание конечных тел Особенности пересечения ударных волн с твердой поверхностью. Отражение ударной волны. Задача обтекания тела сверхзвуковым потоком. Случай выпуклого и вогнутого углов

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-3	З-ПК-3	Э, Т-8, БДЗ-16
	У-ПК-3	Э, Т-8, БДЗ-16
	В-ПК-3	Э, Т-8, БДЗ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

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	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			
ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и

навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А18 Gas Dynamics : An Introduction with Examples from Astrophysics and Geophysics, Achterberg, Abraham. , Paris: Atlantis Press, 2016
2. 53 Л22 Теоретическая физика Т.6 Гидродинамика, Ландау Л.Д., Москва: Физматлит, 2006
3. 532 З-50 Теория ударных волн и введение в газодинамику : , Зельдович Я.Б., Москва: Ленанд, 2014
4. ЭИ П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Федоров В.Ф., Потанин Е.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 534 З-50 Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений : , Райзер Ю.П., Зельдович Я.Б., Москва: Физматлит, 2008
2. 532 П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Федоров В.Ф., Потанин Е.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: теория подобия, звуковое движение, геометрическая акустика, преломление и поглощение звука, теория ударных волн, разрывы и движения газа в сопле. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Тестирование.

Студенту выдаются различные виды тестовых вопросов: с выбором верного варианта из приведенных, с самостоятельной записью ответа на вопрос, с составлением правильной последовательности.

- Большое домашнее задание.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: теория подобия, звуковое движение, геометрическая акустика, преломление и поглощение звука, теория ударных волн, разрывы и движения газа в сопле. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Тестирование.

Студенту выдаются различные виды тестовых вопросов: с выбором верного варианта из приведенных, с самостоятельной записью ответа на вопрос, с составлением правильной последовательности.

- Большое домашнее задание.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Автор(ы):

Тронин Иван Владимирович, к.ф.-м.н.

Быркин Виктор Александрович, к.ф.-м.н.

Грехов Алексей Михайлович, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

Сулаберидзе Г.А.