**Министерство науки и образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Московский физико-технический институт (государственный университет)»**

**МФТИ (ГУ)**

**Кафедра «Физика высокотемпературных процессов»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Проректор по учебной работе**

**О. А. Горшков**

**2012 г**.

.

**Рабочая УЧЕБНАЯ Программа**

**по дисциплине:** Основы газодинамики

**по направлению:** 010900 «Прикладные математика и физика»

**профиль подготовки:** Физика и химия плазмы

**факультет:** **МБФ**

**кафедра: Физика высокотемпературных процессов**

**курс:** 4 (бакалавриат)

**семестры:** 7 **Диф. зачет: 7 семестр**

**Трудоёмкость в зач. ед.:** вариативная часть – 2 зач. ед.;

**в т.ч.:**

**лекции:** 34 час.;

**практические (семинарские) занятия:** нет;

**лабораторные занятия:** нет;

**мастер классы, индивид. и групповые консультации:** нет;

**самостоятельная работа:** 34 час.;

**курсовые работы:** нет;

**ВСЕГО часов 68**

**Программу составил:** к.ф-м.н., Левашов П.Р.

**Программа обсуждена на заседании кафедры физики высокотемпературных процессов**

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.

Заведующий кафедрой академик, д.ф.-м.н. В.Е. Фортов

**ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариативная часть, в т.ч. :** | \_\_2\_\_ зач. ед. |
| Лекции | \_34\_ часа |
| Практические занятия | \_\_-\_\_ часов |
| Лабораторные работы | \_\_-\_\_ часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия, включая подготовку курсовой работы | \_34\_ часа |
| Мастер- классы, индивидуальные и групповые  Консультации | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия (работа над коллективными и индивидуальными проектами, курсовые работы) | \_\_-\_\_ часов |
| **ВСЕГО** | 68 часов (2 зач. ед.) |
| **Итоговая аттестация** | Диф. зачет: 7 семестр |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

Целью освоения дисциплины «**Основы газодинамики**» является изучение основных законов газодинамики невязкого и вязкого газа, различных явлений, описываемых этими законами и применений этих законов для решения практических задач.

**Задачами данного курса являются:**

* получение представлений о круге задач, решаемых в рамках механики сплошной среды;
* вывод и изучение основных уравнений газовой динамики невязкого и вязкого газа;
* изучение основных автомодельных решений уравнений газовой динамики, включая волну Римана, прямой и косой скачок;
* изучение дозвуковых и сверхзвуковых одномерных и плоских течений;
* получение представлений о численных методах решения уравнений газовой динамики;
* получение представлений о применении законов гидродинамики для решения практических задач.

1. **Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина **«Основы газодинамики»** включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла Б.3.

Дисциплина **«Основы газодинамики»**базируется на материалах курсов бакалавриата: базовая и вариативная часть кода УЦ ООП Б.2**(**математическийестественнонаучный блок) по дисциплинам«Высшая математика» (математический анализ, высшая алгебра, дифференциальные уравнения и методы математической физики), блока «Общая физика» и региональной составляющей этого блока и относится к профессиональному циклу.Освоение курса необходимо для разносторонней подготовки бакалавров к профессиональной деятельности, включающей как проведение фундаментальных исследований, так и постановку и решение инженерных задач с использованием современной компьютерной техники.

1. **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Освоение дисциплины «**Основы газодинамики**» направлено на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций бакалавра:

*а) общекультурные (ОК):*

* способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке целей и выбору путей её достижения, к анализу последствий научной, производственной и социальной деятельности (владение культурой мышления) (ОК-1);
* способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию (ОК-2);
* способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность (ОК-4);
* способность к саморазвитию, повышению квалификации, устранению пробелов в знаниях и самостоятельному обучению в контексте непрерывного образования, способность осваивать новую проблематику, язык, методологию и научные знания в избранной предметной области (ОК-6);
* способность критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков (ОК-7);

*б) профессиональные (ПК):*

* способность формализовать и решать отдельные части нестандартной задачи в общей постановке (ПК-1);
* способность к пониманию важности воздействия внешних факторов, и их учёта в ходе исследований и разработок (ПК-2);
* способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике, химии, экологии, других естественных и социально-экономических науках (ПК-3);
* способность применять базовую лексику и основную терминологию по направлению подготовки, способность к подготовке и редактированию текстов профессионального и социально-значимого содержания на русском и английском языках (ПК-5);
* способность представлять планы и результаты собственной деятельности с использованием различных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчётов, презентаций, докладов на русском и английском языках (ПК-7);
* способность планировать и проводить простые эксперименты и исследования, выполнять проекты и задания (ПК-9).

1. **конкретные Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**
   1. **Знать:**

* законы сохранения массы, импульса и энергии в газодинамике в дифференциальной и интегральной формах;
* уравнения Гюгонио для прямого скачка;
* инварианты Римана;
* решение задачи о распаде произвольного разрыва;
* уравнение Навье-Стокса;
* кинетическое уравнение Больцмана.
  1. **Уметь:**
* выводить уравнения газовой динамики невязкого и вязкого газа и преобразовывать их к виду законов сохранения;
* выводить уравнения Гюгонио для прямого скачка и оценивать параметры вещества за фронтом ударной волны;
* выводить инварианты Римана и уметь ими пользоваться для решения задач методом характеристик;
* качественно представлять себе поведение различных характеристик (плотности, давления, скорости) в волне Римана и ударной волне;
* находить качественное решение задачи о распаде произвольного разрыва;
* изображать детонационную ударную адиабату и точку Чепмена-Жуге;
* качественно изображать двумерные стационарные течения.
  1. **Владеть:**
* навыками решения автомодельных задач газовой динамики;
* навыками качественного изображения характеристик при изоэнтропическом течении;
* практикой качественного решения задачи о распаде разрыва для качественного анализа ударно-волновых экспериментов;
* практикой решения одномерных газодинамических задач с помощью Web-интерфейса базы данных ударно-волновых экспериментов.

1. **Структура и содержание дисциплины**
   1. **Структура преподавания дисциплины**

**Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам**

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. Уравнения газовой динамики | 22 |
| 2. Автомодельные решения уравнений газовой динамики | 22 |
| 3. Решения одномерных и двумерных задач газовой динамики | 24 |
| ВСЕГО( зач. ед.(часов)) | 64 часа (2 зач. ед.) |

**Лекции:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Математическая модель газовой динамики. Характеристики сплошной среды, связь с термодинамикой. Уравнения газовой динамики. Линеаризация уравнений газовой динамики, звуковые волны. | 2 |
| 2 | Вязкость и теплопроводность. Тензор вязких напряжений, поток тепла. Закон Фурье. Критерии необходимости учета вязкости и теплопроводности. Уравнение Навье-Стокса. Течение по трубе. | 2 |
| 3 | Кинетическое уравнение Больцмана. Принцип детального равновесия. Интеграл столкновений. Связь кинетического уравнения с уравнениями гидродинамики. Кинетические коэффициенты. | 2 |
| 4 | Гиперболические системы квазилинейных уравнений. Собственные векторы. Система законов сохранения. Метод Годунова решения систем квазилинейных гиперболических уравнений. | 3 |
| 5 | Ударные волны. Соотношения на прямом скачке, уравнение Гюгонио. Ударная адиабата. Ударные волны в газе с постоянной теплоемкостью. Выражения для термодинамических величин за фронтом ударной волны. Предельная степень сжатия. | 3 |
| 6 | Плоское изоэнтропическое течение, характеристики, инварианты Римана. | 4 |
| 7 | Волна разрежения, центрированная волна разрежения. Выражения для термодинамических функций в волне разрежения для газа с постоянной теплоемкостью. Истечение в вакуум. | 4 |
| 8 | Задача о распаде произвольного разрыва. Качественный анализ возможных комбинаций автомодельных решений. Ударно-волновые эксперименты в конденсированных веществах. Методы торможения и отражения, их анализ с помощью решения задачи о распаде разрыва. | 4 |
| 9 | Детонация. Детонационная адиабата. Точка Чепмена-Жуге. Термодинамические параметры за фронтом сильной детонационной волны в точке Чепмена-Жуге. | 4 |
| 10 | Структура фронта ударной волны в вязкой или теплопроводной среде. Ширина фронта. Изотермический скачок. | 2 |
| 11 | Устойчивость стационарного движения жидкости. Понятие о турбулентности. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. | 2 |
| 12 | Двумерное стационарное течение. Косой скачок уплотнения. Ударная поляра. Течение Прандтля-Майера. | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 34 часа (1 зач. ед.) |

**Самостоятельная работа:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Математическая модель газовой динамики. Характеристики сплошной среды, связь с термодинамикой. Уравнения газовой динамики. Линеаризация уравнений газовой динамики, звуковые волны. | 2 |
| 2 | Вязкость и теплопроводность. Тензор вязких напряжений, поток тепла. Закон Фурье. Критерии необходимости учета вязкости и теплопроводности. Уравнение Навье-Стокса. Течение по трубе. | 2 |
| 3 | Кинетическое уравнение Больцмана. Принцип детального равновесия. Интеграл столкновений. Связь кинетического уравнения с уравнениями гидродинамики. Кинетические коэффициенты. | 2 |
| 4 | Гиперболические системы квазилинейных уравнений. Собственные векторы. Система законов сохранения. Метод Годунова решения систем квазилинейных гиперболических уравнений. | 3 |
| 5 | Ударные волны. Соотношения на прямом скачке, уравнение Гюгонио. Ударная адиабата. Ударные волны в газе с постоянной теплоемкостью. Выражения для термодинамических величин за фронтом ударной волны. Предельная степень сжатия. | 3 |
| 6 | Плоское изоэнтропическое течение, характеристики, инварианты Римана. | 4 |
| 7 | Волна разрежения, центрированная волна разрежения. Выражения для термодинамических функций в волне разрежения для газа с постоянной теплоемкостью. Истечение в вакуум. | 4 |
| 8 | Задача о распаде произвольного разрыва. Качественный анализ возможных комбинаций автомодельных решений. Ударно-волновые эксперименты в конденсированных веществах. Методы торможения и отражения, их анализ с помощью решения задачи о распаде разрыва. | 4 |
| 9 | Детонация. Детонационная адиабата. Точка Чепмена-Жуге. Термодинамические параметры за фронтом сильной детонационной волны в точке Чепмена-Жуге. | 4 |
| 10 | Структура фронта ударной волны в вязкой или теплопроводной среде. Ширина фронта. Изотермический скачок. | 2 |
| 11 | Устойчивость стационарного движения жидкости. Понятие о турбулентности. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. | 2 |
| 12 | Двумерное стационарное течение. Косой скачок уплотнения. Ударная поляра. Течение Прандтля-Майера. | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 34 часа (1 зач. ед.) |

* 1. **Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Название модулей | Разделы и темы лекционных занятий | Содержание | Объем | |
| Аудиторная работа  (часы) | Самостоятельная работа  (часы) |
| 1 | I  уравнения газовой динамики | **Вывод уравнений газовой динамики** | Математическая модель газовой динамики. Характеристики сплошной среды, связь с термодинамикой. Уравнения газовой динамики. Линеаризация уравнений газовой динамики, звуковые волны. | 2 | 2 |
| 2 | **Вязкость и теплопроводность** | Вязкость и теплопроводность. Тензор вязких напряжений, поток тепла. Закон Фурье. Критерии необходимости учета вязкости и теплопроводности. Уравнение Навье-Стокса. Течение по трубе. | 2 | 2 |
| 3 | **Кинетическое уравнение и его связь с гидродинамикой** | Кинетическое уравнение Больцмана. Принцип детального равновесия. Интеграл столкновений. Связь кинетического уравнения с уравнениями гидродинамики. Кинетические коэффициенты. | 2 | 2 |
| 4 | **Гиперболические системы квазилинейных уравнений** | Гиперболические системы квазилинейных уравнений. Собственные векторы. Система законов сохранения. Метод Годунова решения систем квазилинейных гиперболических уравнений. | 3 | 3 |
| 5 | II  АВТОМОДЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ | **Ударные волны и уравнения Гюгонио** | Ударные волны. Соотношения на прямом скачке, уравнение Гюгонио. Ударная адиабата. Ударные волны в газе с постоянной теплоемкостью. Выражения для термодинамических величин за фронтом ударной волны. Предельная степень сжатия. | 3 | 3 |
| 6 | Плоское изоэнтропическое течение | Плоское изоэнтропическое течение, характеристики, инварианты Римана. | 4 | 4 |
| 7 | **Центрированная волна разрежения** | Волна разрежения, центрированная волна разрежения. Выражения для термодинамических функций в волне разрежения для газа с постоянной теплоемкостью. Истечение в вакуум. | 4 | 4 |
| 8 | **Задача о распаде произвольного разрыва** | Задача о распаде произвольного разрыва. Качественный анализ возможных комбинаций автомодельных решений. Ударно-волновые эксперименты в конденсированных веществах. Методы торможения и отражения, их анализ с помощью решения задачи о распаде разрыва. | 4 | 4 |
| 9 | III  РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ И ДВУМЕРНЫХ ЗАДАЧ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ | **Детонация в газах** | Детонация. Детонационная адиабата. Точка Чепмена-Жуге. Термодинамические параметры за фронтом сильной детонационной волны в точке Чепмена-Жуге. | 4 | 4 |
| 10 | Структура фронта ударной волны | Структура фронта ударной волны в вязкой или теплопроводной среде. Ширина фронта. Изотермический скачок. | 4 | 4 |
| 11 | **Неустойчивости в течениях газов** | Устойчивость стационарного движения жидкости. Понятие о турбулентности. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. | 2 | 2 |
| 12 | Двумерное стационарное течение | Двумерное стационарное течение. Косой скачок уплотнения. Ударная поляра. Течение Прандтля-Майера. | 2 | 2 |

1. **Образовательные технологии**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид занятия | Форма проведения занятий | Цель |
| 1 | лекция | изложение теоретического материала | получение теоретических знаний по дисциплине |
| 2 | лекция | изложение теоретического материала с помощью презентаций | повышение степени понимания материала |
| 3 | самостоятельная работа студента | подготовка к дифференцированному зачету | повышение степени понимания материала |

1. **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Контрольно-измерительные материалы**

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 7-ом семестре.

1. Вывод уравнений Гюгонио на фронте прямой уданой волны из законов сохранения.
2. Термодинамические функции газа с постоянной теплоемкостью за фронтом ударной волны.
3. Предельная степень сжатия вещества в ударной волне, влияние различных процессов на увеличение максимальной степени сжатия в ударной волне.
4. Вывод уравнений динамики невязкого газа.
5. Дивергентная форма уравнений динамики невязкого газа.
6. Вязкость и теплопроводность в газовой динамике. Вклад в уравнения импульса и энергии. Уравнение Навье-Стокса.
7. Изоэнтропическое течение газа. Характеристическая форма уравнений газовой динамики.
8. Течение вязкого газа. Течение по трубе, формула Пуазейля.
9. Кинетическое уравнение Больцмана и интеграл столкновений.
10. Вывод уравнений газовой динамики из кинетического уравнения.
11. Центрированная волна разрежения. Выражения для термодинамических функций в волне разрежения. Истечение в вакуум.
12. Задача о распаде произвольного разрыва, варианты решения в зависимости от начальных условий.
13. Ударно-волновые эксперименты, их интерпретация с помощью задачи о распаде разрыва.
14. Метод Годунова численного решения уравнений газовой динамики.
15. Детонация в газах и точка Чепмена-Жуге.
16. Выражения для термодинамических функций для продуктов детонации.
17. Структура фронта ударной волны в вязкой и теплопроводной среде. Ширина фронта, изотермический скачок.
18. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.
19. Плоское изоэнтропическое течение. Течение Прандтля-Майера.
20. Сверхзвуковые течения. Сопло Лаваля.
21. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**
    1. **Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет
22. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**
    1. **Основная литература**
23. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2003. 736 с.
24. Куропатенко В.Ф. Модели механики сплошных сред. Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2007. 303 с.
25. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П.. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Физматлит. Изд. 3., 656 с., 2008.

**Дополнительная литература**

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976. 888 с.
2. Забабахин Е.И. Некоторые вопросы газодинамики взрыва. РФЯЦ-ВНИИТФ, 1997. 207 с.

**Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.**

1. База данных ударно-волновых экспериментов, http://www.ihed.ras.ru/rusbank/

Программу составил

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Левашов П.Р., к.ф.-м.н.)

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.