**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:** Физика высоких плотностей энергии

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

**профиль подготовки:** Физика и химия плазмы

**факультет:** **МБФ**

**кафедра: Физика высокотемпературных процессов**

**курс:** 4 (бакалавриат)

**семестры:** 8 **Диф. зачет: 8 семестр**

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

**в т.ч.:**

**лекции:** 32 час.;

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

**лабораторные занятия:** нет;

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

**самостоятельная работа:** 32 час.;

**курсовые работы:** нет.

**ВСЕГО часов 64**

**Программу составил:** академик, д.ф.-м.н. Фортов В.Е.

**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 | \_32\_ часа |
| Практические занятия | \_\_-\_\_ часов |
| Лабораторные работы | \_\_-\_\_ часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия, включая подготовку курсовой работы | \_32\_ часа |
| Мастер- классы, индивидуальные и групповые  Консультации | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия (работа над коллективными и индивидуальными проектами, курсовые работы) | \_\_-\_\_ часов |
| **ВСЕГО** | 64 часа (2 зач. ед.) |
| **Итоговая аттестация** | Диф. зачет: 8 семестр |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

Целью освоения дисциплины «**Физика высоких плотностей энергии**» является изучение экстремальных состояний вещества в природе, способов получения экстремальных состояний в различных физических процессах, а также различных подходов для моделирования экстремальных состояний.

**Задачами данного курса являются:**

* изучение классификации экстремальных состояний;
* изучение экстремальных состояний в природе;
* изучение способов получения высоких плотностей энергии;
* получение представлений о практических приложениях экстремальных состояний вещества, в том числе в действующих и перспективных энергоустановках;
* получение представлений о современных возможностях моделирования экстремальных состояний вещества.

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

Дисциплина **«Физика высоких плотностей энергии»** включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла Б.3.

Дисциплина **«Физика высоких плотностей энергии»**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 «**Физика высоких плотностей энергии**» 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);
* способность к осознанию социальной значимости своей будущей профессии, обладание высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК-8);
* способность обнаруживать определенные связи, новые точки зрения в предметах обсуждения, интегрировать имеющиеся знания в исследованиях и разработках, обосновывать целесообразность их проведения (ОК-13);

*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);
* способность применять физические подходы и методы выявления структуры объектов и связи явлений в природе, технике и технологиях (ПК-11);
* способность применять теорию и методы математики и информатики для построения качественных и количественных моделей в науке, технике и технологиях (ПК-12);
* способность определять (под руководством научного руководителя) перспективные направления научной, технической или инновационной деятельности, выбирать (под руководством) актуальные проблемы в избранной предметной области для решения с использованием физических подходов и/или математических методов, предлагать методы для решения конкретных исследовательских и/или инновационных задач (ПК-13);
* способность применять на практике базовые профессиональные знания теории и методов математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических, экономических, экологических, информационных и технологических инновационных задач (ПК-16);
* способность понимать, излагать и критически анализировать получаемую информацию и представлять результаты прикладных математических, физических исследований, направленных на решение инженерных, технических, социально-экономических, информационных технологических инновационных задач (ПК-17).

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

В результате освоения дисциплины «**Физика высоких плотностей энергии**» обучающийся должен

* 1. **Знать:**
* классификацию экстремальных состояний;
* методы получения экстремальных состояний с использованием ударных волн;
* особенности состояний вещества, получаемых с помощью воздействия мощных лазерных импульсов, пучков электронов и ионов и мощного импульса электрического тока;
* параметры современных уникальных отечественных и зарубежных установок для получения экстремальных состояний вещества;
* возможности применения экстремальных состояний в современной энергетике.
  1. **Уметь:**
* изображать фазовую диаграмму плотность-температура с указанием различных типов экстремальных состояний вещества;
* проводить оценки для получения параметров вещества за фронтом ударных волн;
* проводить анализ состояний вещества, получаемых в различных экспериментах, на фазовой диаграмме.
  1. **Владеть:**
* навыками анализа ударно-волновых экспериментов;
* представлениями о теоретическом и полуэмпирическом описании неидеальных сред;
* представлениями практическом использовании экстремальных состояний в современных и перспективных энергоустановках;
* представлениями о современных возможностях численного моделирования для изучения экстремальных состояний вещества.

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. Теоретические методы изучения экстремальных состояний; экстремальные состояния в природе | 22 |
| 2. Экспериментальные методы изучения экстремальных состояний | 22 |
| 3. Практическое применение экстремальных состояний в энергетике и численное моделирование экстремальных состояний | 24 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | 64 часа (2 зач. ед.) |

**Лекции:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Общий анализ фазовой диаграммы. Квантовомеханические модели твердого тела. Модели жидкого состояния. Термодинамика плазмы. Фазовые переходы. | 2 |
| 2 | Полуэмпирические способы описания термодинамики неидеальных сред. Квазигармоническое приближение. Уравнение состояния Ми-Грюнайзена. Эффекты ангармонизма. Вклад свободных электронов. Плавление. Упрощенные уравнения состояния. Фазовые границы. | 2 |
| 3 | Космические исследования. Строение планет-гигантов. Неидеальная плазма звезд. Противометеоритная защита космических аппаратов и Земли. | 2 |
| 4 | Ядерная материя. Понятие о кварках и глюонах. Кварк-глюонная плазма, деконфайнмент кварков. Предполагаемые фазовые переходы в кварк-глюонной плазме, аналогии с электромагнитной плазмой. | 2 |
| 5 | Статические и динамические методы генерации экстремальных состояний. Сосуды высокого давления. Алмазные наковальни. Электрический взрыв проводников. Адиабатическая труба. Сжатие магнитным полем. Пинчи. Изэнтропическое сжатие. Ударноволновое сжатие. | 3 |
| 6 | Ударноволновые методы исследования. Метод торможения. Ударные адиабаты веществ-эталонов. Метод отражения. Ударное сжатие пористых образцов. Квазиизэнтропическое ударное сжатие. Измерение термодинамики ударно-сжатого вещества. Температурные регистрации. Изэнтропическое расширение. | 3 |
| 7 | Экспериментальные способы генерации ударных волн. Ударные трубы. Плоские метательные системы. Кумулятивные метательные устройства. Сферические и конические системы. Одно- и двухступенчатые легкогазовые пушки. Электрические пушки. Рельсотроны. | 4 |
| 8 | Сверхвысокие давления. Мощные подземные взрывы. Проблема выбора эталона. Новые методы абсолютных регистраций. Лазерная генерация ударных волн. Пучки релятивистских электронов, тяжелых и легких ионов. | 4 |
| 9 | Экстремальные состояния в энергетике. Управляемый термоядерный синтез с инерционным удержанием плазмы. Взрывные МГД-генераторы. Импульсные МГД-генераторы на горении твердых топлив. Мощные источники СВЧ излучения. Имитация ударов молнии. Поиск полезных ископаемых. | 4 |
| 10 | Проблемы безопасности в энергетике. Ядерная энергетика. Водородные и газовые взрывы. Переход горения в детонацию. Взрывная прочность защитных конструкций. | 2 |
| 11 | Математическое моделирование импульсных процессов. Многомерная газодинамика с учетом уравнения состояния, кинетики, транспортных свойств и физико-химических превращений. Расчет на массивно-параллельных ЭВМ. | 2 |
| 12 | Первопринципные методы расчета различных свойств экстремальных состояний. Метод Томаса-Ферми, Хартри-Фока-Слэтера, метод функционала плотности, метод квантовой молекулярной динамики, квантовый метод Монте-Карло. | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 32 часа (1 зач. ед.) |

**Самостоятельная работа:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Общий анализ фазовой диаграммы. Квантовомеханические модели твердого тела. Модели жидкого состояния. Термодинамика плазмы. Фазовые переходы. | 2 |
| 2 | Полуэмпирические способы описания термодинамики неидеальных сред. Квазигармоническое приближение. Уравнение состояния Ми-Грюнайзена. Эффекты ангармонизма. Вклад свободных электронов. Плавление. Упрощенные уравнения состояния. Фазовые границы. | 2 |
| 3 | Космические исследования. Строение планет-гигантов. Неидеальная плазма звезд. Противометеоритная защита космических аппаратов и Земли. | 2 |
| 4 | Ядерная материя. Понятие о кварках и глюонах. Кварк-глюонная плазма, деконфайнмент кварков. Предполагаемые фазовые переходы в кварк-глюонной плазме, аналогии с электромагнитной плазмой. | 2 |
| 5 | Статические и динамические методы генерации экстремальных состояний. Сосуды высокого давления. Алмазные наковальни. Электрический взрыв проводников. Адиабатическая труба. Сжатие магнитным полем. Пинчи. Изэнтропическое сжатие. Ударноволновое сжатие. | 3 |
| 6 | Ударноволновые методы исследования. Метод торможения. Ударные адиабаты веществ-эталонов. Метод отражения. Ударное сжатие пористых образцов. Квазиизэнтропическое ударное сжатие. Измерение термодинамики ударно-сжатого вещества. Температурные регистрации. Изэнтропическое расширение. | 3 |
| 7 | Экспериментальные способы генерации ударных волн. Ударные трубы. Плоские метательные системы. Кумулятивные метательные устройства. Сферические и конические системы. Одно- и двухступенчатые легкогазовые пушки. Электрические пушки. Рельсотроны. | 4 |
| 8 | Сверхвысокие давления. Мощные подземные взрывы. Проблема выбора эталона. Новые методы абсолютных регистраций. Лазерная генерация ударных волн. Пучки релятивистских электронов, тяжелых и легких ионов. | 4 |
| 9 | Экстремальные состояния в энергетике. Управляемый термоядерный синтез с инерционным удержанием плазмы. Взрывные МГД-генераторы. Импульсные МГД-генераторы на горении твердых топлив. Мощные источники СВЧ излучения. Имитация ударов молнии. Поиск полезных ископаемых. | 4 |
| 10 | Проблемы безопасности в энергетике. Ядерная энергетика. Водородные и газовые взрывы. Переход горения в детонацию. Взрывная прочность защитных конструкций. | 2 |
| 11 | Математическое моделирование импульсных процессов. Многомерная газодинамика с учетом уравнения состояния, кинетики, транспортных свойств и физико-химических превращений. Расчет на массивно-параллельных ЭВМ. | 2 |
| 12 | Первопринципные методы расчета различных свойств экстремальных состояний. Метод Томаса-Ферми, Хартри-Фока-Слэтера, метод функционала плотности, метод квантовой молекулярной динамики, квантовый метод Монте-Карло. | 2 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | | 32 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  ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ; ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ В ПРИРОДЕ | **Вывод уравнений газовой динамики** | Общий анализ фазовой диаграммы. Квантовомеханические модели твердого тела. Модели жидкого состояния. Термодинамика плазмы. Фазовые переходы. | 2 | 2 |
| 2 | **Вязкость и теплопроводность** | Полуэмпирические способы описания термодинамики неидеальных сред. Квазигармоническое приближение. Уравнение состояния Ми-Грюнайзена. Эффекты ангармонизма. Вклад свободных электронов. Плавление. Упрощенные уравнения состояния. Фазовые границы. | 2 | 2 |
| 3 | **Кинетическое уравнение и его связь с гидродинамикой** | Космические исследования. Строение планет-гигантов. Неидеальная плазма звезд. Противометеоритная защита космических аппаратов и Земли. | 2 | 2 |
| 4 | **Гиперболические системы квазилинейных уравнений** | Ядерная материя. Понятие о кварках и глюонах. Кварк-глюонная плазма, деконфайнмент кварков. Предполагаемые фазовые переходы в кварк-глюонной плазме, аналогии с электромагнитной плазмой. | 3 | 3 |
| 5 | II  ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ | **Ударные волны и уравнения Гюгонио** | Статические и динамические методы генерации экстремальных состояний. Сосуды высокого давления. Алмазные наковальни. Электрический взрыв проводников. Адиабатическая труба. Сжатие магнитным полем. Пинчи. Изэнтропическое сжатие. Ударноволновое сжатие. | 3 | 3 |
| 6 | Плоское изоэнтропическое течение | Ударноволновые методы исследования. Метод торможения. Ударные адиабаты веществ-эталонов. Метод отражения. Ударное сжатие пористых образцов. Квазиизэнтропическое ударное сжатие. Измерение термодинамики ударно-сжатого вещества. Температурные регистрации. Изэнтропическое расширение. | 4 | 4 |
| 7 | **Центрированная волна разрежения** | Экспериментальные способы генерации ударных волн. Ударные трубы. Плоские метательные системы. Кумулятивные метательные устройства. Сферические и конические системы. Одно- и двухступенчатые легкогазовые пушки. Электрические пушки. Рельсотроны. | 4 | 4 |
| 8 | **Задача о распаде произвольного разрыва** | Сверхвысокие давления. Мощные подземные взрывы. Проблема выбора эталона. Новые методы абсолютных регистраций. Лазерная генерация ударных волн. Пучки релятивистских электронов, тяжелых и легких ионов. | 4 | 4 |
| 9 | III  ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ | **Детонация в газах** | Экстремальные состояния в энергетике. Управляемый термоядерный синтез с инерционным удержанием плазмы. Взрывные МГД-генераторы. Импульсные МГД-генераторы на горении твердых топлив. Мощные источники СВЧ излучения. Имитация ударов молнии. Поиск полезных ископаемых. | 4 | 4 |
| 10 | Структура фронта ударной волны | Проблемы безопасности в энергетике. Ядерная энергетика. Водородные и газовые взрывы. Переход горения в детонацию. Взрывная прочность защитных конструкций. | 4 | 4 |
| 11 | **Неустойчивости в течениях газов** | Математическое моделирование импульсных процессов. Многомерная газодинамика с учетом уравнения состояния, кинетики, транспортных свойств и физико-химических превращений. Расчет на массивно-параллельных ЭВМ. | 2 | 2 |
| 12 | Двумерное стационарное течение | Первопринципные методы расчета различных свойств экстремальных состояний. Метод Томаса-Ферми, Хартри-Фока-Слэтера, метод функционала плотности, метод квантовой молекулярной динамики, квантовый метод Монте-Карло. | 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 8-ом семестре.

1. Фазовая диаграмма состояний вещества плотность-температура.
2. Параметры, характеризующие экстремальные состояния вещества: параметр неидеальности, параметр вырождения.
3. Неидеальная плазма: основные характеристики и примеры.
4. Квантово-статистические модели вещества.
5. Реальные и гипотетические фазовые переходы при высоких давлениях и температурах.
6. Статические методы генерации высоких давлений: алмазные наковальни и сосуды высокого давления.
7. Методы исследования экстремальных состояний с помощью ударных волн: уравнения Гюгонио, задача о распаде разрыва.
8. Квазиизоэнтропическое сжатие, температурные регистрации в ударно-волновых процессах, изоэнтропическое расширение.
9. Экспериментальные методы генерации ударных волн: ударная труба, кумулятивные метательные устройства, сферические и конические системы.
10. Способы получения сверхвысоких давлений. Подземные ядерные взрывы, метание фольг с помощью магнитного давления, генерация ударных волн с помощью лазеров.
11. Квазигармоническое приближение, уравнение состояния Ми-Грюнайзена.
12. Вклад электронов в уравнение состояния, электронное давление, электронная теплоемкость.
13. Управляемый термоядерный синтез с инерционным удержанием плазмы.
14. Взрывные и импульсные МГД-генераторы на горении твердых топлив.
15. Строение планет-гигантов. Неидеальная плазма в космосе.
16. Противометеоритная защита космических аппаратов и Земли.
17. Безопасность ядерной энергетики, возможные сценарии развития аварий.
18. Водородные и газовые взрывы на энергоустановках, переход горения в детонацию.
19. Современные возможности численного моделирования процессов в энергоустановках с учетом реальных физических свойств.
20. Первопринципные методы расчета различных свойств вещества в экстремальных состояниях: достижения и проблемы.
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. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П.. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Физматлит. Изд. 3., 656 с., 2008.
24. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Статистическая физика. Часть 1: Учебное пособие для вузов. — М.: Физматлит, 2010. — 616 с.
25. Фортов В. Е. Экстремальные состояния вещества. М. : Физматлит, 304 с., 2009.

**Дополнительная литература**

1. Физика высоких плотностей энергии /Под ред. П.Кальдиролы, Г.Кнопфеля. М.: Мир, 1974.
2. Высокоскоростные ударные явления /Под ред. Р.Кинслоу. М.: Мир, 1974.
3. Альтшулер Л.В. УФН, 1965, т.85, с.197.
4. Фортов В.Е. УФН, 1982, т.138, с.361.
5. Бушман А.В., Фортов В.Е. УФН, 1983, т.140, с.177.
6. Анисимов С.И., Прохоров А.М., Фортов В.Е. УФН, 1984, т.142, с.395.
7. Бушман А.В., Канель Г.И., Ни А.Л., Фортов В.Е. Теплофизика и динамика интенсивных импульсных воздействий. Черноголовка: ОИХФ АН СССР,1989.

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

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

Программу составил

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Фортов В.Е., д.ф.-м.н., академик)

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.