**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:** **Магнитная гидродинамика**

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

**профиль подготовки:** Физика и химия плазмы

**факультет:** **МБФ**

**кафедра: Физика высокотемпературных процессов**

**курс:** 4 (бакалавриат)

**семестры:** 8 **Дифференцированный зачет: 8 семестр**

**Трудоёмкость в зач. ед.:** вариативная часть – 1 зач. ед.;

**в т.ч.:**

**лекции:** 32 час.;

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

**лабораторные занятия:** нет;

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

**самостоятельная работа:** 4 час.;

**курсовые работы:** нет.

**ВСЕГО часов 36**

**Программу составил:** д.т.н., профессор Медин С.А.

**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. :** | \_\_1\_\_ зач. ед. |
| Лекции | \_32\_ часа |
| Практические занятия | \_\_-\_\_ часов |
| Лабораторные работы | \_\_-\_\_ часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия, включая подготовку курсовой работы | \_4\_ часа |
| Мастер- классы, индивидуальные и групповые  Консультации | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия (работа над коллективными и индивидуальными проектами, курсовые работы) | \_\_-\_\_ часов |
| **ВСЕГО** | 36 часов (1 зач. ед.) |
| **Итоговая аттестация** | Диф. зачет: 8 семестр |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

Целью освоения дисциплины «Магнитная гидродинамика» является изучение методов теоретических исследований течений электропроводной жидкости в магнитном поле и применения этих методов для решения фундаментальных и прикладных задач.

**Задачами данного курса являются:**

* объединение уравнений электродинамики и гидродинамики в замкнутую систему уравнений электромагнитной гидродинамики;
* формулировка магнитогидродинамического приближения, рассмотрение свойств уравнений магнитной гидродинамики и определение критериев подобия;
* рассмотрение фундаментальных проблем магнитной гидродинамики - поверхностей разрыва, волновых процессов и устойчивости равновесных конфигураций;
* решение прикладных задач: о течениях в магнитогидродинамических каналах, пограничных слоях и краевых электродинамических эффектах.

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

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

Дисциплина **«Магнитная гидродинамика»**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 «Магнитная гидродинамика» 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 обнаруживать определенные связи, новые точки зрения в предметах обсуждения, интегрировать имеющиеся знания в исследованиях и разработках, обосновывать целесообразность их проведения (ОК-13);
* способность к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, к работе над междисциплинарными проектами (ОК-16);

*б) профессиональные (ПК):*

* способность формализовать и решать отдельные части нестандартной задачи в общей постановке (ПК-1);
* 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 самостоятельно работать на компьютере на уровне квалифицированного пользователя, применять информационно-коммуникационные технологии для обработки, хранения, представления и передачи информации с использованием универсальных пакетов прикладных программ, знание общих подходов и методов по совершенствованию информационно-коммуникационных технологий (ПК-6);
* 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 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 «**Магнитная гидродинамика**» обучающийся должен:

* 1. **Знать:**
* фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
* порядки численных величин, характерные для различных разделов электродинамики и гидродинамики;
* современные проблемы теплофизики, энергетики, физики земли, математики;
* основы термодинамики, молекулярной физики, физики плазмы, газовой динамики,
* методы решения задач математической физики,
* прикладные проблемы энергетики, авиационно-космических технологий.
  1. **Уметь:**
* пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
* делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
* производить численные оценки по порядку величины;
* делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
* видеть в технических задачах физическое содержание;
* осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики.

1. **Владеть:**

* культурой постановки и моделирования физических задач;
* навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;
* практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. Уравнения магнитной гидродинамики | 8 |
| 2. Магнитостатика и магнитогидродинамические течения | 14 |
| 3. МГД-течения в каналах | 14 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | 36 часов (1 зач. ед.) |

**Лекции:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Уравнения Максвелла. Нерелятивистское приближение, преобразование Лоренца. Закон Ома. Электродинамические условия на поверхностях разрыва. Уравнения сохранения электрического заряда, импульса и энергии электромагнитного поля. Пондеромоторная сила, тензор плотности потока импульса, плотность потока энергии, плотность работы поля над веществом. | 2 |
| 2 | Интегральные и дифференциальные уравнения сохранения массы, импульса и энергии вещества. Условия на поверхности разрыва. Магнитогидродинамическое приближение, физические ограничения и оценка главных членов в уравнениях Максвелла. Уравнение индукции, вмороженность и диффузия магнитного поля. Критерии подобия магнитной гидродинамики. | 2 |
| 3 | Соотношения на поверхностях разрыва. Классификация поверхностей разрыва. Прямой скачок в идеально проводящей среде, отношение плотностей и допустимые начальные скорости. Ударная адиабата для совершенного газа. | 3 |
| 4 | Невозмущенное состояние и линеаризация уравнений. Альфвеновские волны. Магнитозвуковые волны. Векторные диаграммы магнитогидродинамических волн. Диссипативное затухание альфвеновских волн. | 2 |
| 5 | Равновесие проводящей жидкости в магнитном поле. Условие равновесия ограниченного объема. Равновесные цилиндрические конфигурации, z-пинч и тета-пинч. | 3 |
| 6 | Задача устойчивости скинированного z – пинча. Постановка задачи и линеаризация уравнений. Дисперсионное уравнение. Перестановочная и винтовая моды неустойчивости, способы их подавления, области существования устойчивых конфигураций. | 3 |
| 7 | Постановка задачи Гартмана. Распределение скорости, эффект Гартмана, гидравлическое сопротивление. Распределение давления, пинч-эффект. Распределения плотности тока и магнитного поля, эффект конвекции магнитного поля. | 3 |
| 8 | Уравнения сохранения массы, импульса и энергии среды. Электродинамические уравнения, осреднение гидродинамических параметров потока. Электродинамические параметры канонического потока, осреднение закона Ома, МГД-ускоритель и МГД-генератор. | 3 |
| 9 | Уравнения обращения воздействий. Анализ МГД-воздействий на течение в канале постоянного сечения. Генераторный, ускорительный и тормозной режимы течения, эффекты механического и теплового воздействий. M, u – диаграмма, свойства и предельные режимы течения в МГД-устройствах. | 4 |
| 10 | Пограничный слой на стенках каналов. Уравнения сохранения и электродинамические соотношения. Граничные условия и сопряжение с уравнениями ядра потока. Особенности течений на электродных и изоляционных стенках. | 3 |
| 11 | Вторичные течения, механизм генерации вторичных течений токами Холла. Численное моделирование вторичных течений. Магнитоаэротермическая неустойчивость. | 2 |
| 12 | Концевые электродинамические эффекты в МГД-каналах. Влияние распределения магнитного поля на концевые эффекты. Эффект Холла в канале с секционированными электродами. | 2 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | | 32 часа (1 зач. ед.) |

**Самостоятельная работа:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Уравнения Максвелла. Нерелятивистское приближение, преобразование Лоренца. Закон Ома. Электродинамические условия на поверхностях разрыва. Уравнения сохранения электрического заряда, импульса и энергии электромагнитного поля. Пондеромоторная сила, тензор плотности потока импульса, плотность потока энергии, плотность работы поля над веществом. | 0,3 |
| 2 | Интегральные и дифференциальные уравнения сохранения массы, импульса и энергии вещества. Условия на поверхности разрыва. Магнитогидродинамическое приближение, физические ограничения и оценка главных членов в уравнениях Максвелла. Уравнение индукции, вмороженность и диффузия магнитного поля. Критерии подобия магнитной гидродинамики. | 0,3 |
| 3 | Соотношения на поверхностях разрыва. Классификация поверхностей разрыва. Прямой скачок в идеально проводящей среде, отношение плотностей и допустимые начальные скорости. Ударная адиабата для совершенного газа. | 0,3 |
| 4 | Невозмущенное состояние и линеаризация уравнений. Альфвеновские волны. Магнитозвуковые волны. Векторные диаграммы магнитогидродинамических волн. Диссипативное затухание альфвеновских волн. | 0,3 |
| 5 | Равновесие проводящей жидкости в магнитном поле. Условие равновесия ограниченного объема. Равновесные цилиндрические конфигурации, z-пинч и тета-пинч. | 0,3 |
| 6 | Задача устойчивости скинированного z–пинча. Постановка задачи и линеаризация уравнений. Дисперсионное уравнение. Перестановочная и винтовая моды неустойчивости, способы их подавления, области существования устойчивых конфигураций. | 0,3 |
| 7 | Постановка задачи Гартмана. Распределение скорости, эффект Гартмана, гидравлическое сопротивление. Распределение давления, пинч-эффект. Распределения плотности тока и магнитного поля, эффект конвекции магнитного поля. | 0,3 |
| 8 | Уравнения сохранения массы, импульса и энергии среды. Электродинамические уравнения, осреднение гидродинамических параметров потока. Электродинамические параметры канонического потока, осреднение закона Ома, МГД-ускоритель и МГД-генератор. | 0,3 |
| 9 | Уравнения обращения воздействий. Анализ МГД-воздействий на течение в канале постоянного сечения. Генераторный, ускорительный и тормозной режимы течения, эффекты механического и теплового воздействий. M, u – диаграмма, свойства и предельные режимы течения в МГД-устройствах. | 0,4 |
| 10 | Пограничный слой на стенках каналов. Уравнения сохранения и электродинамические соотношения. Граничные условия и сопряжение с уравнениями ядра потока. Особенности течений на электродных и изоляционных стенках. | 0,4 |
| 11 | Вторичные течения, механизм генерации вторичных течений токами Холла. Численное моделирование вторичных течений. Магнитоаэротермическая неустойчивость. | 0,4 |
| 12 | Концевые электродинамические эффекты в МГД-каналах. Влияние распределения магнитного поля на концевые эффекты. Эффект Холла в канале с секционированными электродами. | 0,4 |
| ВСЕГО (зач. ед. (часов)) | | 4 часа |

* 1. **Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Название модулей | Разделы и темы лекционных занятий | Содержание | Объем | |
| Аудиторная работа  (часы) | Самостоятельная работа  (часы) |
| 1 | I  УРАВНЕНИЯ МАГНИТНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ | **Уравнения электродинамики** | Уравнения Максвелла. Нерелятивистское приближение, преобразование Лоренца. Закон Ома. Электродинамические условия на поверхностях разрыва. Уравнения сохранения электрического заряда, импульса и энергии электромагнитного поля. Пондеромоторная сила, тензор плотности потока импульса, плотность потока энергии, плотность работы поля над веществом. | 2 | 0,3 |
| 2 | **Уравнения магнитной гидродинамики** | Интегральные и дифференциальные уравнения сохранения массы, импульса и энергии вещества. Условия на поверхности разрыва. Магнитогидродинамическое приближение, физические ограничения и оценка главных членов в уравнениях Максвелла. Уравнение индукции, вмороженность и диффузия магнитного поля. Критерии подобия магнитной гидродинамики. | 2 | 0,3 |
| 3 | **Поверхности разрыва** | Соотношения на поверхностях разрыва. Классификация поверхностей разрыва. Прямой скачок в идеально проводящей среде, отношение плотностей и допустимые начальные скорости. Ударная адиабата для совершенного газа. | 3 | 0,3 |
| 4 | **Магнитогидродинамические волны** | Невозмущенное состояние и линеаризация уравнений. Альфвеновские волны. Магнитозвуковые волны. Векторные диаграммы магнитогидродинамических волн. Диссипативное затухание альфвеновских волн. | 2 | 0,3 |
| 5 | II  МАГНИТОСТАТИКА И МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ТЕЧЕНИЯ | **Магнитостатика** | Равновесие проводящей жидкости в магнитном поле. Условие равновесия ограниченного объема. Равновесные цилиндрические конфигурации, z-пинч и тета-пинч. | 3 | 0,3 |
| 6 | Неустойчивость скинированного z-пинча | Задача устойчивости скинированного z–пинча. Постановка задачи и линеаризация уравнений. Дисперсионное уравнение. Перестановочная и винтовая моды неустойчивости, способы их подавления, области существования устойчивых конфигураций. | 3 | 0,3 |
| 7 | **Задача Гартмана** | Постановка задачи Гартмана. Распределение скорости, эффект Гартмана, гидравлическое сопротивление. Распределение давления, пинч-эффект. Распределения плотности тока и магнитного поля, эффект конвекции магнитного поля. | 3 | 0,3 |
| 8 | **Квазиодномерное приближение** | Уравнения сохранения массы, импульса и энергии среды. Электродинамические уравнения, осреднение гидродинамических параметров потока. Электродинамические параметры канонического потока, осреднение закона Ома, МГД-ускоритель и МГД-генератор. | 3 | 0,3 |
| 9 | III  МГД-ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛАХ | **Обращение воздействий в магнитной гидродинамике** | Уравнения обращения воздействий. Анализ МГД-воздействий на течение в канале постоянного сечения. Генераторный, ускорительный и тормозной режимы течения, эффекты механического и теплового воздействий. M, u – диаграмма, свойства и предельные режимы течения в МГД-устройствах. | 4 | 0,4 |
| 10 | Течение у стенок каналов | Пограничный слой на стенках каналов. Уравнения сохранения и электродинамические соотношения. Граничные условия и сопряжение с уравнениями ядра потока. Особенности течений на электродных и изоляционных стенках. | 3 | 0,4 |
| 11 | **Вторичные течения** | Вторичные течения, механизм генерации вторичных течений токами Холла. Численное моделирование вторичных течений. Магнитоаэротермическая неустойчивость. | 2 | 0,4 |
| 12 | Концевые электродинамические эффекты | Концевые электродинамические эффекты в МГД-каналах. Влияние распределения магнитного поля на концевые эффекты. Эффект Холла в канале с секционированными электродами. | 2 | 0,4 |

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 экзамену и зачету с оценкой | 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. Уравнения Максвелла. Нерелятивистское приближение, преобразование Лоренца. Закон Ома. Электродинамические условия на поверхностях разрыва.
2. Уравнения сохранения электрического заряда, импульса и энергии электромагнитного поля. Пондеромоторная сила, тензор плотности потока импульса, плотность потока энергии, плотность работы поля над веществом.
3. Интегральные и дифференциальные уравнения сохранения массы, импульса и энергии вещества. Условия на поверхности разрыва.
4. Магнитогидродинамическое приближение, физические ограничения и оценка главных членов в уравнениях Максвелла. Уравнение индукции, вмороженность и диффузия магнитного поля. Критерии подобия магнитной гидродинамики.
5. Соотношения на поверхностях разрыва. Классификация поверхностей разрыва. Прямой скачок в идеально проводящей среде, отношение плотностей и допустимые начальные скорости. Ударная адиабата для совершенного газа.
6. Невозмущенное состояние и линеаризация уравнений. Альфвеновские волны. Магнитозвуковые волны. Векторные диаграммы магнитогидродинамических волн. Диссипативное затухание альфвеновских волн.
7. Равновесие проводящей жидкости в магнитном поле. Равновесные цилиндрические конфигурации, z-пинч и θ-пинч. Задача устойчивости скинированного z – пинча. Дисперсионное уравнение. Перестановочная и винтовая моды неустойчивости.
8. Эффект Гартмана, распределения скорости и давления, гидравлическое сопротивление. Пинч-эффект. Распределения плотности тока и магнитного поля, эффект конвекции магнитного поля.
9. Квазиодномерное приближение. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии среды.
10. Обращение воздействий в магнитной гидродинамике. Генераторный, ускорительный и тормозной режимы течения, эффекты механического и теплового воздействий.
11. МГД – течения в каналах. Пограничный слой на стенках каналов. Уравнения сохранения и электродинамические соотношения. Особенности течений на электродных и изоляционных стенках.
12. Вторичные течения, механизм генерации вторичных течений токами Холла. Численное моделирование вторичных течений. Магнитоаэротермическая неустойчивость.
13. Концевые электродинамические эффекты в МГД-каналах. Влияние распределения магнитного поля на концевые эффекты. Эффект Холла в канале с секционированными электродами.
14. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**
    1. **Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет
15. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**
    1. **Основная литература**
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том VIII. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2003.
17. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные методы решения задач газовой динамики. М.: Едиториал УРСС, 2004.

**Дополнительная литература**

1. Шерклиф Дж. Курс магнитной гидродинамики. М.: Мир, 1967. 320с.
2. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика, М.: Физматгиз, 1962. 248с.

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

1. Курс лекций «Физика плазмы», <http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl.ru.shtml>

Программу составил

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (д.т.н., профессор Медин С.А.)

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.