

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика и молекулярная физика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ


| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 1 семестр - 5; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 1 семестр - 48 часа; |
| Практические занятия | не предусмотрено учебным планом |
| Лабораторные работы | 1 семестр - 16 часов; |
| Консультации | 1 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 1 семестр - 113,5 часов; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Реферат Интервью Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 1 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Синкевич О.А. |
| | Идентификатор | Rb5988e66-SinkevichOA-cb34fce7 |

(подпись)


О.А. Синкевич

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Синкевич О.А. |
| | Идентификатор | Rb5988e66-SinkevichOA-cb34fce7 |


(подпись)

О.А. Синкевич

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Герасимов Д.Н. |
| | Идентификатор | Ra5495398-GerasimovDN-6b58615 |

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Цель освоения:
 – дать базовые сведения о свойствах плазмы и соответствующие источники информации, ознакомить студентов с основными методами получения и исследования физики плазмы, необходимыми для практической деятельности специалистов теплофизиков, и ознакомить экспериментальными и численными методами исследования систем, использующих плазму в качестве рабочего тела.

Задачи дисциплины

- Задачи дисциплины:

овладении методами диагностики и расчета характеристик экспериментальных и технологических процессов, использующих плазмы в качестве рабочего тела;

– приобретение навыков проведением физического и численного эксперимента, в области прикладной физике плазмы;

– приобретение навыков разработки технологических процессов и компьютерных программ для плазменных систем.;

- Код и наименование компетенции: ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы, используемые в атомной энергетике и плазменных технологиях;

Код и наименование индикатора достижения компетенции:

ИД-2

ПК-1 Способен описывать, анализировать и измерять параметры физических процессов в низкотемпературной плазме;;

- ПК-7 Базовые сведения о процессах, сопровождающих интенсивные энергетические воздействия, и соответствующие источники информации ;;

- ПК-7 Базовые сведения о процессах плазменной турбулентности..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы, используемые в атомной энергетике | ИД-2ПК-1 Способен описывать, анализировать и измерять параметры физических процессов в низкотемпературной плазме | знать: - - базовые сведения о свойствах плазмы и соответствующих источников получения необходимой информации (ПК-1);; - – базовые сведения о плазменных процессах, сопровождающих интенсивные энергетические воздействия, и необходимые источники информации (ИД-2ПК-1);; - – основные принципы описания магнито-плазмо-, газодинамических процессов (ПК-1);. уметь: - – решать задачи по определению свойств низкотемпературной плазмы (ИД-2ПК-1);; - – выбирать методы определения параметров низкотемпературной плазмы; |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | - - применять знания в исследовании процессов с использованием низкотемпературной плазмы(ПК-1);. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика и молекулярная физика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать 1.ПК-7 Базовые сведения о свойствах веществ в слабоионизированной плазме: коэффициенты переноса, коллективные процессы, термодинамика слабонеидеальной плазмы и соответствующие источники информации;
- знать 2.–ПК-7 Базовые сведения о кинетической теории частично ионизированной плазмы во внешних электрических и магнитных полях, о уравнении Больцмана для плазмы и методах его решения, о уравнениях Власова и Фоккера - Планка. о затухании Ландау;
- знать 3.– ПК-7 Основные принципы описания переноса излучения в плазме и газодинамических процессах, включая предельные случаи оптически тонкой и оптически толстой сре4
- знать 4. – ПК-6 Основные принципы описания неустойчивостей в низкотемпературной плазме: акустическая, ионизационная, перегревная;
- знать 5. - ПК-7 Основные принципы описания плазменные турбулентности в низкотемпературной плазме и их влияние на процессы перегрнлса.
- уметь 1. применять современные достижения в области определения свойств и параметров высокотемпературных и высокоэнергетичных процессов, протекающих с участием плазмы (ПК-7);
- уметь 2.—самостоятельно ставить и решать задачи гидродинамики и теплообмена в плазме (ПК-8);
- уметь 3.–выбирать конкретные методы для выбора типа решения Больцмана для частично ионизированной плазмы во внешних электрических и магнитных полях, о выборе способа решения уравнений Власова и Фоккера - Планка, оценивать затухание Ландау (ПК-20);
- уметь 4. - уметь самостоятельно проводить численное решение задачи о переносе излучения в плазме (ПК-82);
- уметь 5. - уметь проводить оценки типов волн в плазме и инкрементов основных неустойчивостей и турбулентности в низкотемпературной плазме (ПК-81);

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме. Коллективные процессы. Термодинамика слабонеидеальной плазмы. | 43 | 1 | 14 | 4 | - | - | - | - | - | - | 25 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Коллективные процессы в плазме: Экранированный электрический потенциал. Плазменные колебания. Параметр не идеальности плазмы. Термодинамика слабонеидеальной плазмы. Различные виды ионизационного равновесия. Термическая ионизация. Уравнение Саха. Влияние неидеальности плазмы на ионизационное равновесие.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> 1.Зная неравновесную функцию распределения электронов по скоростям рассчитать коэффициенты теплопроводности, электропроводности, подвижности и диффузии электронов для определенного состава плазмы и заданного диапазона давлений и температур. 2.Для плазмы аргона при заданном давлении найти распределение температуры по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической дуги, стабилизированной стенками. 3.Для плазмы гелия при различных давлениях найти распределение температуры и концентраций электронов и атомов по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической</p> |
| 1.1 | Элементарные процессы. | 9 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | - | |
| 1.2 | Коллективные процессы. | 18 | | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |
| 1.3 | Термодинамика и состав слабонеидеальной плазмы. | 16 | | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | разряда. 4.Рассчитать потери на излучения и оптически толстого и оптически тонкого слоев плазмы аргона. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 8 -18 |
| 2 | Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизированной плазме. Перенос излучения в плазме | 66 | 18 | 8 | - | - | - | - | - | - | 40 | - | <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизированной плазме. Перенос излучения в плазме". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных заданий, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизированной плазме. Перенос излучения в плазме" <u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизированной плазме. Перенос излучения в плазме" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей | |
| 2.1 | Кинетическая теория плазмы Кинетическая теория частично ионизированной плазмы во внешних электрических и магнитных полях. Уравнение Больцмана для плазмы и методы его решения. Интеграл столкновений. Уравнение Власова. Уравнение Фоккера - Планка. Бесстолкновительное затухание Ландау. б. Коэффициенты переноса в слабоионизированной плазме. | 37 | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | 25 | - | | |
| 2.2 | Перенос излучения в плазме | 29 | 10 | 4 | - | - | - | - | - | - | 15 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | <p>несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | <p>так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме" материалу.</p> <p>Подготовка курсового проекта: Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p>Подготовка расчетно-графического задания: В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p>Проведение исследований: Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p>Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме"</p> <p>Подготовка реферата: В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------------------------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 25 50 |
| 3 | Неустойчивости и волны в низкотемпературной плазме. | 35 | 16 | 4 | - | - | - | - | - | - | 15 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Оценить критерии возникновения следующих неустойчивостей в низкотемпературной плазме: акустическая, перегревная и ионизационно-перегревная. | |
| 3.1 | Основные типы неустойчивостей в низкотемпературной плазме. | 24 | 12 | 2 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка домашнего задания:</u> <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> | |
| 3.2 | Плазменные турбулентности и их влияние на процессы переноса. | 11 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | 5 | - | Ионизационная, ионизационно-перегревная. неустойчивости в низкотемпературной плазме. <u>Подготовка реферата:</u> Реферат на тему "Типы волн малых возмущений". Реферат выполняется по индивидуальному заданию и предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Неустойчивости и волны в низкотемпературной плазме." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Неустойчивости и волны в низкотемпературной плазме. и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------|----|----|---|---|---|---|---|-----|----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 10 -75 [3], 50- 89 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 180.0 | 48 | 16 | - | - | 2 | - | - | 0.5 | 80 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 180.0 | 48 | 16 | - | | 2 | | - | 0.5 | | 113.5 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме. Коллективные процессы. Термодинамика слабонеидеальной плазмы.

1.1. Элементарные процессы.

Плазма в природе и лабораторных исследованиях, плазма как рабочее тело различных технических установок. Механизмы поведения взаимодействующих заряженных частиц во внешних электрических и магнитных полях. Ларморовский радиус и дрейфовая скорость. Роль столкновений. Основные свойства плазмы. 2. Элементарные процессы в плазме. Энергетические уровни атомов и молекул. Процессы возбуждения и ионизации. Сечения столкновений и ионизации. Термически равновесная плазма. Условия возникновения разности температур электронов и тяжелых частиц в термической плазме..

1.2. Коллективные процессы.

3. Коллективные процессы Коллективные процессы в плазме: Экранированный электрический потенциал. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, описывающее распространение электромагнитных волн. Плазменные колебания и их влияние на распространение электромагнитной волны в плазме. 4. Термодинамика слабонеидеальной плазмы Теория Дебая и экранированный электрический потенциал. Энергия кулоновского взаимодействия частиц. Термодинамика слабонеидеальной плазмы. Параметр не идеальности плазмы. Различные виды ионизационного равновесия. Термическая ионизация. Уравнение Саха. Влияние неидеальности плазмы на ионизационное равновесие. Параметр вырождения. Фазовый переход металл – диэлектрик..

1.3. Термодинамика и состав слабонеидеальной плазмы.

Термодинамика слабонеидеальной плазмы Теория Дебая и экранированный электрический потенциал. Энергия кулоновского взаимодействия частиц. Термодинамика слабонеидеальной плазмы. Параметр не идеальности плазмы. Различные виды ионизационного равновесия. Термическая ионизация. Уравнение Саха. Влияние неидеальности плазмы на ионизационное равновесие. Параметр вырождения. Фазовый переход металл – диэлектрик..

2. Кинетическая теория плазмы. Потoki и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме

2.1. Кинетическая теория плазмы Кинетическая теория частично ионизированной плазмы во внешних электрических и магнитных полях. Уравнение Больцмана для плазмы и методы его решения. Интеграл столкновений. Уравнение Власова. Уравнение Фоккера - Планка. Бесстолкновительное затухание Ландау. 6. Коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме.

Кинетическая теория плазмы Кинетическая теория частично ионизированной плазмы во внешних электрических и магнитных полях. Уравнение Больцмана для плазмы и методы его решения. Интеграл столкновений. Уравнение Власова. Уравнение Фоккера - Планка. Бесстолкновительное затухание Ландау. Коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Расчет коэффициентов переноса в слабоионизованной плазме. Влияние магнитного поля на коэффициенты переноса. Эффекты Холла и Риги=Людока. Вывод уравнений гидродинамики для плазмы из электронов, ионов и атомов..

2.2. Перенос излучения в плазме

Перенос излучения в плазме Механизмы генерации излучения. Уравнение переноса излучения. Оптическая толщина излучающего слоя. Метод решения уравнения переноса

излучения. Потери на излучения в оптически толстом и оптически тонком слоях. Перенос излучения в линиях. Уравнение Бибермана-Холстейна. Уравнение Абея и метод его решения..

3. Неустойчивости и волны в низкотемпературной плазме.

3.1. Основные типы неустойчивостей в низкотемпературной плазме.

Акустическая, перегревная, ионизационная, ионизационно-перегревная. Типы волн в плазме. Ионизационные волны в плазме с магнитным полем..

3.2. Плазменные турбулентности и их влияние на процессы переноса.

Плазменные турбулентности. Высокотемпературная плазма Плазменная турбулентность. Слабая турбулентность. Основные понятия о свойствах высокотемпературной, полностью ионизованной плазма в космосе и лабораторных установках. Методы удержания плазмы. Основные методы получения высокотемпературной плазмы и исследования её свойств и процессов в ней. Турбулентность и её влияние на процессы переноса энергии и частиц. Турбулентные коэффициенты переноса. Неклассические механизмы переноса частиц и энергии..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. 1. Измерения спектров излучения плазмы и распределения температуры по радиусу электрической дуги, горящей плазматрона (4 часа).;
2. 2. Исследование эффекта Холла в газоразрядной плазме. (4 часа);
3. 3. Измерение энергетических уровней атомов гелия и неона методом Герца (4 часа).;
4. 4. Измерения заряда электрона методом Милликена.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме."
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме."

2. Консультации проводятся по разделу "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме"
Текущий контроль (ТК)
1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Знать: | | | | | |
| – основные принципы описания магнито-плазмо-, газодинамических процессов (ПК-1); | ИД-2ПК-1 | | + | + | Реферат/Коллективные процессы в плазме |
| – базовые сведения о плазменных процессах, сопровождающих интенсивные энергетические воздействия, и необходимые источники информации (ИД-2ПК-1); | ИД-2ПК-1 | | + | | Контрольная работа/Волны и неустойчивости в низкотемпературной плазме. Контрольная работа/Расчет распределение температуры по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической дуги, стабилизированной стенками. |
| - базовые сведения о свойствах плазмы и соответствующих источниках получения необходимой информации (ПК-1); | ИД-2ПК-1 | + | + | + | Контрольная работа/Расчет распределение температуры по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической дуги, стабилизированной стенками. |
| Уметь: | | | | | |
| - применять знания в исследовании процессов с использованием низкотемпературной плазмы(ПК-1); | ИД-2ПК-1 | + | + | | Интервью/Двух температурная плазма |
| – выбирать методы определения параметров низкотемпературной плазмы | ИД-2ПК-1 | + | | + | Реферат/Коллективные процессы в плазме |
| – решать задачи по определению свойств низкотемпературной плазмы (ИД-2ПК-1); | ИД-2ПК-1 | + | + | + | Реферат/Коллективные процессы в плазме Контрольная работа/Расчет распределение температуры по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической дуги, стабилизированной стенками. |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Двух температурная плазма (Интервью)

Форма реализации: Письменная работа

1. Волны и неустойчивости в низкотемпературной плазме. (Контрольная работа)
2. Коллективные процессы в плазме (Реферат)
3. Расчет распределение температуры по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической дуги, стабилизированной стенками. (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Учет результатов БАРС и экзаменов.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Синкевич, О. А. Физика плазмы: Стационарные процессы в частично ионизованном газе : Учебное пособие для инженерно-физических и физико-технических специальностей вузов / О. А. Синкевич, И. П. Стаханов . – М. : Высшая школа, 1991 . – 191 с.;
2. Артемов, В. И. Неустойчивости и турбулентность в низкотемпературной плазме / В. И. Артемов, Ю. С. Левитан, О. А. Синкевич . – М. : Изд-во МЭИ, 1994 . – 412 с. - ISBN 5-7046-0037-9 : 800.00 .;
3. Синкевич, О. А. Волны и неустойчивости в сплошных средах : учебное пособие по курсам "Волны и неустойчивости в сплошных средах", "Физика плазмы" по направлению "Техническая физика" / О. А. Синкевич, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 264 с. - ISBN 978-5-7046-1772-3 .;
4. Синкевич О.А.- "Акустические волны в плазме и твердом теле", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014288.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. База данных **ВИНИТИ online** - <http://www.viniti.ru/>
2. Электронные ресурсы издательства **Springer** - <https://link.springer.com/>
3. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Т-417, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Т-417, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Т-416, Учебная лаборатория физики плазмы | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, оборудование учебное |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Т-417, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для самостоятельной работы | Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники | стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Т-205, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Т-213, Подсобное помещение | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика плазмы

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Коллективные процессы в плазме (Реферат)
 КМ-2 Двух температурная плазма (Интервью)
 КМ-3 Расчет распределение температуры по радиусу плазменного цилиндра и построить вольт – амперную характеристику (ВАХ) электрической дуги, стабилизированной стенками. (Контрольная работа)
 КМ-4 Волны и неустойчивости в низкотемпературной плазме. (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 15 | 8 | 3 | 14 |
| 1 | Введение в физику плазмы. Элементарные процессы в плазме. Коллективные процессы. Термодинамика слабонеидеальной плазмы. | | | | | |
| 1.1 | Элементарные процессы. | | + | | + | |
| 1.2 | Коллективные процессы. | | + | | + | |
| 1.3 | Термодинамика и состав слабонеидеальной плазмы. | | + | + | + | |
| 2 | Кинетическая теория плазмы. Потоки и коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. Перенос излучения в плазме | | | | | |
| 2.1 | Кинетическая теория плазмы Кинетическая теория частично ионизированной плазмы во внешних электрических и магнитных полях. Уравнение Больцмана для плазмы и методы его решения. Интеграл столкновений. Уравнение Власова. Уравнение Фоккера - Планка. Бесстолкновительное затухание Ландау. 6. Коэффициенты переноса в слабоионизованной плазме. | | + | + | + | + |
| 2.2 | Перенос излучения в плазме | | + | | + | |
| 3 | Неустойчивости и волны в низкотемпературной плазме. | | | | | |
| 3.1 | Основные типы неустойчивостей в низкотемпературной плазме. | | + | | + | |
| 3.2 | Плазменные турбулентности и их влияние на процессы переноса. | | + | | + | |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |