

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Линник Оксана Владимировна
Должность: Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 12.10.2023 14:40:30
Уникальный программный ключ:
d85fa2f259a0913da9b08799985891736430181f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Снежинский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СФТИ НИЯУ МИФИ)»**

«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. руководителя по учебной
и научно-методической работе
« _____ » _____ 2020 г.
_____ П.О.Румянцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Плазменные установки

Код и направление подготовки (специальность) 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

Профиль подготовки (специализация) «Физика атомного ядра и частиц»

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины Плазменные установки является усвоение основных положений физики высоких энергий, более узко – физики токамаков, в том числе: общие свойства токамаков, разновидности токамаков, обзор конструкций токамаков, характеристики, кинетика и динамика установок типа токамак.

Задача изучения дисциплины «Плазменные установки» – получение представления о типах плазменных установок, особенностях их функционирования и основных характеристиках, применении и перспектив новых разработок плазменных установок.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Плазменные установки» относится к части «Дисциплины по выбору» блока Б1 (Б1.В.ДВ.08.02) ООП ВО 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и является частью профессионального модуля. «Плазменные установки» изучается на четвертом курсе в седьмом семестре обучения.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины:

- 2.1. Общие курсы физики и математики в объеме средней школы.
- 2.2. Курсы физики плазмы, физики высоких плотностей энергии.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии».

Данная дисциплина способствует формированию следующих компетенций, предусмотренных ООП ВО по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»:

ОПК-1 – умение использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-1 – способность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области.

ПК-3 – готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций.

ПК-6 – способность к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования.

ПК-19.1 – готовность разрабатывать способы применения ядерно-энергетических установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

Знать:

- 31. Основы теории физики токамаков
- 32. Режимы удержания плазмы в экспериментах с дополнительным нагревом;
- 33. Методы дополнительного нагрева плазмы.

Уметь:

У1. Пользоваться современными методами обработки данных эксперимента, оценивать погрешности расчетов и экспериментов.

Владеть:

- В1. Навыками самоорганизации и самообучения;
- В2. Навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии;
- В3. Программным обеспечением для работы с физической и технической информацией и основами Интернет - технологий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| Семестр | Трудоемкость, кредит | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Экз., час. | СРС, час. | Форма контроля, Экз./зачет |
|---------|----------------------|-------------------------|--------------|------------------------|------------|-----------|----------------------------|
| 7 | 3 | 108 | 36 | 36 | 27 | 9 | экзамен |

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 кредитов, 108 часов.

| № п/п | Раздел учебной дисциплины | Недели | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | Текущий контроль успеваемости (неделя, форма) | Аттестация раздела (неделя, форма) | Макс. балл за раздел* |
|------------------|--|--------|--|-------------------------|-------------|---|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Лекции | Практ. занятия/семинары | Лаб. работы | | | |
| 7 семестр | | | | | | | | |
| 1 | Принципиальная схема установки «Токамак» | 1 | 2 | 2 | | | | |
| 2 | Сценарий плазменного разряда | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 3 | Омический режим: основные особенности и характеристики | 3 | 2 | 2 | | | | |
| 4 | Область рабочих параметров современных токамаков | 4 | 2 | 2 | | ДЗ | | |
| 5 | Процессы переноса в плазме токамака | 5 | 2 | 2 | | ДЗ, конспект лекций | 5 неделя Контр. работа | 5+5 |
| 6 | L-мода | 6 | 2 | 2 | | | | |
| 7 | H-мода | 7 | 2 | 2 | | | | |
| 8 | RI-мода | 8 | 2 | 2 | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--|----|----|----|--|---------------------------|--------------------------------|------|
| 9 | Режимы с внутренним транспортным барьером | 9 | 2 | 2 | | | | |
| 10 | Гибридные режимы | 10 | 2 | 2 | | ДЗ, конспект лекций | 10 неделя Контр. работа | 5+5 |
| 11 | Предел по плотности | 11 | 2 | 2 | | | | |
| 12 | Предел по давлению плазмы. Резистивная мода, стабилизируемая стенкой (RWM) | 12 | 2 | 2 | | | | |
| 13 | Предел по давлению плазмы. Неоклассический тиринг моды | 13 | 2 | 2 | | ДЗ | | |
| 14 | Нагрев и генерация тока с помощью электронно-циклотронных волн | 14 | 2 | 2 | | | | |
| 15 | Нагрев и генерация тока с помощью нижегибридных волн | 15 | 2 | 2 | | конспект лекций | 15 неделя Контр. работа | 5+5 |
| 16 | Ионный циклотронный нагрев | 16 | 2 | 2 | | | | |
| 17 | Инжекция нейтральных атомов | 17 | 2 | 2 | | ДЗ | | |
| 18 | Управление потоками энергии и частиц | 18 | 2 | 2 | | конспект лекций | 18 неделя Итог. сдача ДЗ | 5+15 |
| Всего: | | | 36 | 36 | | | | 50 |
| Экзамен | | | | | | | | 50 |
| Итого за 7 семестр: | | | | | | | | 100 |

Программа дисциплины "Плазменные установки"

Тема 1. Основные понятия и определения

Принципиальная схема установки «Токамак». Сценарий плазменного разряда. Омический режим: основные особенности и характеристики. Область рабочих параметров современных токамаков.

Тема 2. Перенос энергии и частиц

Процессы переноса в плазме токамака: неоклассический транспорт, коэффициенты переноса, бутстреп-ток, нерешенные вопросы.

Турбулентный транспорт. Транспорт частиц: влияние неоклассического и турбулентного переносов на формирование профиля плотности, перенос трития, перенос примесей, управление профилем плотности основной плазмы и примесей.

Электронный тепловой транспорт: методы исследования, результаты исследований.

Ионный тепловой транспорт. Перенос момента вращения: тороидальное вращение, перенос тороидального момента, полоидальное вращение плазмы. Результаты анализа безразмерных параметров: нерешенные вопросы.

Тема 3. Режимы удержания плазмы в экспериментах с дополнительным нагревом.

L-мода. H-мода. Основные особенности режимов с H-модой. Механизм L-H перехода. ELM – граничные локализованные моды: классификация ELM, роль ELMs, теория ELMs. Время удержания плазмы. H-мода в токамаке-реакторе: нерешенные задачи.

RI-мода.

Режимы с внутренним транспортным барьером: используемая терминология и классификация внутренних транспортных барьеров.

Механизм формирования ВТБ. Управление ВТБ в реальном времени. ВТБ в условиях, удовлетворяющих требованиям реактора. Взаимодействие внешнего и внутреннего транспортного барьеров. Внутренние транспортные барьеры: нерешенные вопросы.

Гибридные режимы.

Тема 4. Работа вблизи предельных параметров

Предел по плотности: появление MARFE, отрыв дивертора, Н-L переход, изменение характеристик Н-моды, срыв разряда при достижении предельной плотности, удержание плазмы при плотности, близкой к предельной.

Предел по давлению плазмы. Резистивная мода, стабилизируемая стенкой. Неоклассический тиринг моды.

Тема 5. Методы дополнительного нагрева плазмы

Нагрев и генерация тока с помощью электронно-циклотронных (ЭЦ) волн. Основные закономерности и особенности использования электронно-циклотронных волн. Эффективность генерации ЭЦ-тока. Методы определения величины генерируемого тока.

Сравнение достигнутых значений эффективности генерации тока с предсказаниями теории. Роль запертых частиц в снижении генерации тока. Достоинства и недостатки метода генерации тока с помощью ЭЦ-волн. Применение ЭЦ-нагрева генерации тока.

Нагрев и генерация тока с помощью нижнегибридных волн. Основные закономерности и особенности использования нижнегибридных волн. Использование нижнегибридных волн в современных экспериментах.

Ионный циклотронный нагрев (ИЦРН): механизм распространения волн в плазме, области применения ИЦРН.

Инжекция нейтральных атомов: механизм взаимодействия пучка нейтральных атомов с плазмой, механизм генерации тока, применение инжекционного нагрева и генерации тока.

Тема 6. Процессы в периферийной плазме

Управление потоками энергии и частиц: особенности переноса в SOL, устройство и режимы работы дивертора, выбор материала первой стенки и дивертора, удаление гелиевой золы.

Заключение. Международный термоядерный экспериментальный реактор-токамак (ИТЭР, International Thermonuclear Experimental Reactor) – следующий шаг.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВО 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

2. На практических занятиях, главным образом, изучаются методы оценок и расчетов характеристик плазменных установок.

Для закрепления лекционного и практического материала предлагаются задачи, решение которых предполагается в рамках самостоятельной работы студентов.

3. Домашние задания выдаются преподавателем студентам на практическом занятии 4, 5, 10, 13, 17 недель. Содержанием домашнего задания является решение задач студентом. Тематика задач направлена, в основном, на закрепление пройденного материала. Домашние задания в письменном виде сдаются преподавателю в течение семестра на проверку. Защита домашних заданий предусмотрена на 18 учебной неделе семестра. Приём заданий возможен как в рукописном, так и в печатном виде.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Контроль усвоения материала студентами осуществляется на 5, 10, 15 неделях в виде контрольных работ.

Текущий контроль посещаемости проводится посредством проверки наличия конспекта лекции.

Экзамен проводится в традиционной форме – по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание, аналогичное домашним задачам.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

А) Основная литература:

7.1 Глухих В.А., Беляков В.А., Минеев А.Б. Физико-технические основы управляемого термоядерного синтеза. Учебное пособие для вузов. 2006.

7.2 Мирнов С.В. Физические процессы в плазме токамака. М.: Энергоатомиздат, 1985.

7.3 Кадомцев Б.Б. Основы физики плазмы токамака. Изд-во ВИНТИ, серия «Физика плазмы», т.10, ч.1, М., 1991.

7.4 Кирнева Н.А. Современные исследования на установках «Токамак». М.: МИФИ, 2008. — 188 с.

7.5 Баско М. М. Физические основы инерциального термоядерного синтеза: Учебное пособие. — М.: НИЯУ МИФИ, 2009, 172 с.

Б) Дополнительная литература:

7.6 Галлеев А.А., Сагдеев Р.З. Вопросы теории плазмы. М.: Атомиздат, 1973, вып. 7.

7.7 Андреев В.Ф., Днестровский Ю.Н., Лысенко С.Е., Разумова К.А., Сушков А.В. // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2000. Вып. I. С.116.

7.8 В.М. Леонов, Физика плазмы, 20 (1994) 381.

7.9 Аликаев В.В. и др. Физика плазмы 26 (2000) 991.

В) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.ph4s.ru>, раздел Математика, электронный курс по математическому анализу «Дифференциальное исчисление», разработанный кафедрой ВМ НИЯУ МИФИ: <http://80.250.160.82/index.php>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Мультимедийная аудитория (Л-315). Компьютерный класс, оснащённый компьютерами с выходом в Интернет, а также принтером, сканером, ксероксом:

- Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) - 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) - 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.
- Ноутбук Samsung (2008)
- Проектор ACER X1260 (2008)

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 31.05.2018 г., протокол №18/03.

Автор: преподаватель Бабань С.А.

Рецензент к.ф.-м.н., доцент, Хмельницкий Д.В.

Программа одобрена на заседании кафедры Ядерной физики и спецтехнологий
г., протокол №