

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: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ДИАГНОСТИКА ИМПУЛЬСНОЙ ПЛАЗМЫ

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.09 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 3 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 3 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 3 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 3 семестр - 93,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Проверочная работа Эксперимент Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 3 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Казаков Е.Д. |
| | Идентификатор | Rf76f9449-KazakovYD-03b475b5 |

Е.Д. Казаков


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Лукашевский М.В. |
| | Идентификатор | Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab |

М.В.
Лукашевский

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|---|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дедов А.В. |
| | Идентификатор | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4 |

А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины является в изучении основных методик диагностики импульсной плазмы, в том числе плазменных образований с протекающими токами мегаамперного диапазона.

Задачи дисциплины

- проработка теоретического материала по основным физическим явлениям, используемым при формировании импульсных плазменных объектов и их исследовании;;
- знакомство со специфическими условиями и методиками реализации основных методов диагностики импульсной плазмы;;
- формирование навыков расчета параметров диагностических комплексов для импульсных плазменных установок;;
- изучение особенностей обработки экспериментальных данных при исследовании быстро протекающих процессов;;
- получение практических навыков предварительного проектирования и оценки эффективности диагностических комплексов для исследования импульсной плазмы..

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-2 Способен применять расчетно-теоретические методы и экспериментальные навыки исследования процессов, используемых в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках | ИД-бПК-2 Владеет физическим описанием основных плазменных процессов, в исследовательских и промышленных импульсных плазменных установках и способен проводить расчеты параметров специального диагностического оборудования | знать: - особенности исследования импульсных процессов;; - основные современные импульсные плазменные установки;; - физические основы работы диагностического оборудования и основные современные методы диагностики импульсной плазмы;, уметь: - применять полученные знания для оценки параметров установок и оборудования на основе представляемых в научной периодике измерявшихся величин.; - обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, получаемые с помощью типовых диагностик на импульсных плазменных установках;. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Приборы и техника эксперимента

- знать Методы диагностики плазмы
- знать Излучательные свойства и спектроскопия низко- и высокотемпературной плазмы

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № 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 | Плазменные импульсные системы и особенности их диагностики | 8 | 3 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Плазменные импульсные системы и особенности их диагностики"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр.212-241 [7], стр. 212-541 [9], гл.4</p> |
| 1.1 | Импульсная плазма в природе и лаборатории. | 3 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 1.2 | Инерциальный термоядерный синтез, критерий Лоусона для ИТС. | 2 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 1.3 | Сильноточные плазменные системы, микросекундные и наносекундные пинчи. | 2 | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 1.4 | Сильноточные генераторы. | 1 | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 2 | Особенности обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных исследованиях | 8 | 3 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Особенности обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных исследованиях"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 9-24</p> |
| 2.1 | Применение современных математических пакетов для обработки экспериментальных | 8 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | данных в импульсных плазменных экспериментах: особенности синхронизации, электромагнитные наводки и шумы, косвенные измерения физических величин по средствам математической обработки сигналов. | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Измерения электрических параметров импульсной токонесущей плазмы | 17 | 5 | - | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Измерения электрических параметров импульсной токонесущей плазмы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 25-65 [5], гл. 2, 15 [6], п. 4,5,7</p> |
| 3.1 | Измерения электрических параметров. | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | | |
| 3.2 | Магнитные зонды, пояса Роговского, низкоиндуктивные шунты, согласованные делители. | 5 | 1 | - | 2 | - | - | - | - | 2 | - | | |
| 3.3 | Измерение тока по фарадеевскому вращению плоскости поляризации в световодах. | 4 | 1 | - | 2 | - | - | - | - | 1 | - | | |
| 3.4 | Длинные линии, волновое сопротивление. | 4 | 1 | - | 2 | - | - | - | - | 1 | - | | |
| 3.5 | Требования к регистраторам. | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | | |
| 4 | Регистрация оптического излучения из плазмы | 9 | 3 | - | - | - | - | - | - | 6 | - | | |
| | | | | | | | | | | | | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение теоретического</p> | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 4.1 | Приемники оптического излучения. | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | материала по разделу "Регистрация оптического излучения из плазмы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.100-151 |
| 4.2 | Фотопленка, фотокатоды, энергетическая и спектральная чувствительность, шумы (собственные и дробовые); ПЗС-матрицы. | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 4.3 | Пространственное и временное разрешение, информационные возможности. | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 5 | Методы высокоскоростной фотографии | 13 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Методы высокоскоростной фотографии" |
| 5.1 | Методы высокоскоростной фотографии. | 6 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 5.2 | Механические системы, электронно-оптические методы, Различные типы электронно-оптических преобразователей и камер. Примеры применения. | 7 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 6 | Диагностика импульсной плазмы методами лазерного зондирования | 14.0 | 4.0 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Диагностика импульсной плазмы методами лазерного зондирования" |
| 6.1 | Поглощение, рефракция и фазовый сдвиг электромагнитных | 3.5 | 0.5 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|--|
| 6.2 | волн. Интерферометрические методы: исследования плазмы: а) с визуализацией поля зрения и б) с фотоэлектрической регистрацией фазового сдвига. | 2.5 | 0.5 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | [1], стр.200-240 [3], гл.1 |
| 6.3 | Основные типы интерферометров для диагностики импульсной плазмы. | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 6.4 | Источники подсветки. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 6.5 | Когерентность. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 6.6 | Шлирен-методы. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 6.7 | Фарадеевское вращение плоскости поляризации. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 7 | Рентгеновские методы диагностики | 16.0 | 5 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 9.0 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> |
| 7.1 | Рентгеновское излучение; методы получения, свойства, области применения. | 7.5 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 4.5 | - | Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Рентгеновские методы диагностики" |
| 7.2 | Рентгеновское фотографирование с временным разрешением; импульсная радиография. | 8.5 | 3 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 4.5 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.241-267 [4], гл.3, 7 [8], стр.140-165 |
| 8 | Излучение из плазмы | 8.00 | 2.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | 6.0 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> |
| 8.1 | Элементарные процессы в плазме; модели равновесия. | 1.25 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Излучение из плазмы" |
| 8.2 | Линейчатое, рекомбинационное и тормозное излучение. | 1.25 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.65-99 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|------|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|--|
| 8.3 | Оптически плотная среда, "черное" излучение. | 1.25 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 8.4 | Рентгеновские методы исследования плазмы: диагностика плазмы по спектральным линиям многозарядных ионов. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 8.5 | Измерение электронной температуры по тормозному континууму. | 1.25 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 8.6 | Метод фильтров. | 0.75 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | 0.5 | - | |
| 8.7 | Рентгеновская спектроскопия. | 0.75 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | 0.5 | - | |
| 9 | Уширение спектральных линий | 8.0 | 2.0 | - | - | - | - | - | - | - | 6.0 | - | |
| 9.1 | Основные механизмы уширения спектральных линий: эффекты Доплера, Штарка и Зеемана. | 2.0 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | |
| 9.2 | Измерение температуры ионов и нейтралов по доплеровскому уширению их спектральных линий. | 2.0 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | |
| 9.3 | Определение параметров плазмы по штарковскому уширению спектральных линий водорода. | 2.0 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | |
| 9.4 | Регистрация неравновесных | 2.0 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | |

Самостоятельное изучение теоретического материала:
Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Уширение спектральных линий"

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|---------------|--------------|---|-----------|----------|----------|---|------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | электрических полей по штарковским контурам. | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Диагностика плазмы по рассеянию электромагнитных волн | 7.00 | 2.00 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | - | <u><i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i></u> Самостоятельное изучение теоретического материала по разделу "Диагностика плазмы по рассеянию электромагнитных волн" <u><i>Изучение материалов литературных источников:</i></u> [1], стр.226-231 |
| 10.1 | Рассеяние электромагнитных волн разной природы – рэлеевское, молекулярное. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 10.2 | Лазерная флуоресценция. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 10.3 | Определение параметров сред с помощью лазерного рассеяния. | 1.25 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 10.4 | Томсоновское и коллективное рассеяние. | 1.5 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 10.5 | Рассеяние излучения на неравновесных шумах | 1.25 | 0.25 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.00 | 32.00 | - | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 60.0 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.00 | 32.00 | - | 16 | 2 | - | - | 0.5 | 60.0 | 93.5 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Плазменные импульсные системы и особенности их диагностики

- 1.1. Импульсная плазма в природе и лаборатории.
- 1.2. Инерциальный термоядерный синтез, критерий Лоусона для ИТС.
- 1.3. Сильноточные плазменные системы, микросекундные и наносекундные пинчи.
- 1.4. Сильноточные генераторы.

2. Особенности обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных исследованиях

2.1. Применение современных математических пакетов для обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных экспериментах: особенности синхронизации, электромагнитные наводки и шумы, косвенные измерения физических величин по средствам математической обработки сигналов.

3. Измерения электрических параметров импульсной токонесущей плазмы

- 3.1. Измерения электрических параметров.
- 3.2. Магнитные зонды, пояса Роговского, низкоиндуктивные шунты, согласованные делители.
- 3.3. Измерение тока по фарадеевскому вращению плоскости поляризации в световодах.
- 3.4. Длинные линии, волновое сопротивление.
- 3.5. Требования к регистраторам.

4. Регистрация оптического излучения из плазмы

- 4.1. Приемники оптического излучения.
- 4.2. Фотопленка, фотокатоды, энергетическая и спектральная чувствительность, шумы (собственные и дробовые); ПЗС-матрицы.

4.3. Пространственное и временное разрешение, информационные возможности.

5. Методы высокоскоростной фотографии

5.1. Методы высокоскоростной фотографии.

5.2. Механические системы, электронно-оптические методы, Различные типы электронно-оптических преобразователей и камер. Примеры применения.

6. Диагностика импульсной плазмы методами лазерного зондирования

6.1. Поглощение, рефракция и фазовый сдвиг электромагнитных волн.

6.2. Интерферометрические методы: исследования плазмы: а) с визуализацией поля зрения и б) с фотоэлектрической регистрацией фазового сдвига.

6.3. Основные типы интерферометров для диагностики импульсной плазмы.

6.4. Источники подсветки.

6.5. Когерентность.

6.6. Шлирен-методы.

6.7. Фарадеевское вращение плоскости поляризации.

7. Рентгеновские методы диагностики

7.1. Рентгеновское излучение; методы получения, свойства, области применения.

7.2. Рентгеновское фотографирование с временным разрешением; импульсная радиография.

8. Излучение из плазмы

8.1. Элементарные процессы в плазме; модели равновесия.

8.2. Линейчатое, рекомбинационное и тормозное излучение.

8.3. Оптически плотная среда, “черное” излучение.

8.4. Рентгеновские методы исследования плазмы: диагностика плазмы по спектральным линиям многозарядных ионов.

8.5. Измерение электронной температуры по тормозному континууму.

8.6. Метод фильтров.

8.7. Рентгеновская спектроскопия.

9. Уширение спектральных линий

9.1. Основные механизмы уширения спектральных линий: эффекты Доплера, Штарка и Зеемана.

9.2. Измерение температуры ионов и нейтралов по доплеровскому уширению их спектральных линий.

9.3. Определение параметров плазмы по штарковскому уширению спектральных линий водорода.

9.4. Регистрация неравновесных электрических полей по штарковским контурам.

10. Диагностика плазмы по рассеянию электромагнитных волн

10.1. Рассеяние электромагнитных волн разной природы – рэлеевское, молекулярное.

10.2. Лазерная флуоресценция.

10.3. Определение параметров сред с помощью лазерного рассеяния.

10.4. Томсоновское и коллективное рассеяние.

10.5. Рассеяние излучения на неравновесных шумах

3.3. Темы практических занятий

1. Методы рентгеновской спектроскопии;
2. Отклонение и поглощение лазерного излучения плазмой;
3. Потоки фотонов. Временное и пространственное разрешение;
4. Получение навыка оценки значений электромагнитного поля вблизи мощных импульсных генераторов тока. Токовые шунты и делители напряжения. Длинные линии;
5. Численная обработка экспериментальных данных;
6. Электронные ускорители и генераторы тока и их диагностические комплексы.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Плазменные импульсные системы и особенности их диагностики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных исследованиях"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Измерения электрических параметров импульсной токонесущей плазмы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Регистрация оптического излучения из плазмы"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы высокоскоростной фотографии"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Диагностика импульсной плазмы методами лазерного зондирования"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Рентгеновские методы диагностики"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Излучение из плазмы"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Уширение спектральных линий"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Диагностика плазмы по рассеянию электромагнитных волн"

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 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| Знать: | | | | | | | | | | | | | |
| физические основы работы диагностического оборудования и основные современные методы диагностики импульсной плазмы; | ИД-бПК-2 | | | + | + | + | + | + | + | | | | Контрольная работа/Физические основы работы диагностического оборудования и измерительной техники и основные современные методы диагностики импульсной плазмы |
| основные современные импульсные плазменные установки; | ИД-бПК-2 | + | + | + | | | | | | | | | Проверочная работа/Основные современные импульсные плазменные установки |
| особенности исследования импульсных процессов; | ИД-бПК-2 | | + | + | + | + | + | + | | | | | Проверочная работа/Особенности исследования импульсных процессов |
| Уметь: | | | | | | | | | | | | | |
| обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, получаемые с помощью типовых диагностик на импульсных плазменных установках; | ИД-бПК-2 | | + | + | + | + | | | | | | | Эксперимент/Обработка и анализ экспериментальных данных |
| применять полученные знания для оценки параметров установок и оборудования на основе представляемых в научной периодике измерявшихся величин. | ИД-бПК-2 | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Контрольная работа/Оценки параметров установок и оборудования на основе представляемых в научной периодике измерявшихся величин |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Обработка и анализ экспериментальных данных (Эксперимент)
2. Основные современные импульсные плазменные установки (Проверочная работа)
3. Особенности исследования импульсных процессов (Проверочная работа)
4. Оценки параметров установок и оборудования на основе представляемых в научной периодике измерявшихся величин (Контрольная работа)
5. Физические основы работы диагностического оборудования и измерительной техники и основные современные методы диагностики импульсной плазмы (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Пергамент, М. И. Методы исследований в экспериментальной физике : учебное пособие для вузов по направлению "Прикладные математика и физика" / М. И. Пергамент . – Долгопрудный : Интеллект, 2010 . – 304 с. – (Физтеховский учебник) . - ISBN 978-5-91559-026-6 .;
2. Зельдович, Я. Б. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений / Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер . – 3-е изд., испр . – М. : Физматлит, 2008 . – 656 с. – (Фундаментальная и прикладная физика) . - ISBN 978-5-922109-38-3 .;
3. Зайдель, А. Н. Лазерные методы исследования плазмы / А. Н. Зайдель, Г. В. Островская, Акад. наук СССР. Физико-технический ин-т им. А.Ф. Иоффе ; ред. М. А. Ельяшевич . – Л. : Наука, 1977 . – 221 с.;
4. Методы исследования плазмы. Спектроскопия, лазеры, зонды : пер. с англ. / Ю. Рихтер, [и др.] ; ред. В. Лохте-Хольтгревен . – М. : Мир, 1971 . – 552 с.;
5. Месяц, Г. А. Импульсная энергетика и электроника / Г. А. Месяц, Рос. акад. наук, Уральское отд-ние, ин-т электрофизики . – М. : Наука, 2004 . – 704 с. - ISBN 5-02-033049-3 .;
6. Баскаков, С. И. Лекции по теории цепей / С. И. Баскаков . – М. : Изд-во МЭИ, 1991 . – 224 с.;
7. Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер- "Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений", (3-е изд., испр.), Издательство: "Физматлит", Москва, 2008 - (653 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68799;>

8. Блохин, М. А. Методы рентгено-спектральных исследований / М. А. Блохин . – М. : Физматгиз, 1959 . – 386 с.;

9. В. Е. Фортов- "Физика высоких плотностей энергии", Издательство: "Физматлит", Москва, 2013 - (712 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275471>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Б-302, Специализированная учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Б-302, Специализированная учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Б-302, Специализированная учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования |
| Помещения для самостоятельной работы | А-110, Вычислительная лаборатория | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования |
| Помещения для консультирования | А-208, Преподавательская | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер |
| Помещения для хранения оборудования и | А-025, Кладовка лабораторного оборудования | стеллаж, оборудование специализированное |

| | | |
|--------------------|--|--|
| учебного инвентаря | | |
|--------------------|--|--|

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Диагностика импульсной плазмы

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные современные импульсные плазменные установки (Проверочная работа)
- КМ-2 Обработка и анализ экспериментальных данных (Эксперимент)
- КМ-3 Особенности исследования импульсных процессов (Проверочная работа)
- КМ-4 Физические основы работы диагностического оборудования и измерительной техники и основные современные методы диагностики импульсной плазмы (Контрольная работа)
- КМ-5 Оценки параметров установок и оборудования на основе представляемых в научной периодике измерявшихся величин (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 2 | 6 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Плазменные импульсные системы и особенности их диагностики | | | | | | |
| 1.1 | Импульсная плазма в природе и лаборатории. | | + | | | | |
| 1.2 | Инерциальный термоядерный синтез, критерий Лоусона для ИТС. | | + | | | | |
| 1.3 | Сильноточные плазменные системы, микросекундные и наносекундные пинчи. | | + | | | | |
| 1.4 | Сильноточные генераторы. | | + | | | | |
| 2 | Особенности обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных исследованиях | | | | | | |
| 2.1 | Применение современных математических пакетов для обработки экспериментальных данных в импульсных плазменных экспериментах: особенности синхронизации, электромагнитные наводки и шумы, косвенные измерения физических величин по средствам математической обработки сигналов. | | + | + | + | | + |
| 3 | Измерения электрических параметров импульсной токнесущей плазмы | | | | | | |
| 3.1 | Измерения электрических параметров. | | + | + | + | + | + |
| 3.2 | Магнитные зонды, пояса Роговского, низкоиндуктивные шунты, согласованные делители. | | + | + | + | + | + |
| 3.3 | Измерение тока по фарадеевскому вращению плоскости поляризации в световодах. | | + | + | + | + | + |

| | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 3.4 | Длинные линии, волновое сопротивление. | + | + | + | + | + |
| 3.5 | Требования к регистраторам. | + | + | + | + | + |
| 4 | Регистрация оптического излучения из плазмы | | | | | |
| 4.1 | Приемники оптического излучения. | | + | + | + | + |
| 4.2 | Фотопленка, фотокатоды, энергетическая и спектральная чувствительность, шумы (собственные и дробовые); ПЗС-матрицы. | | + | + | + | + |
| 4.3 | Пространственное и временное разрешение, информационные возможности. | | + | + | + | + |
| 5 | Методы высокоскоростной фотографии | | | | | |
| 5.1 | Методы высокоскоростной фотографии. | | + | + | + | + |
| 5.2 | Механические системы, электронно-оптические методы, Различные типы электронно-оптических преобразователей и камер. Примеры применения. | | + | + | + | + |
| 6 | Диагностика импульсной плазмы методами лазерного зондирования | | | | | |
| 6.1 | Поглощение, рефракция и фазовый сдвиг электромагнитных волн. | | | + | + | + |
| 6.2 | Интерферометрические методы: исследования плазмы: а) с визуализацией поля зрения и б) с фотоэлектрической регистрацией фазового сдвига. | | | + | + | + |
| 6.3 | Основные типы интерферометров для диагностики импульсной плазмы. | | | + | + | + |
| 6.4 | Источники подсветки. | | | + | + | + |
| 6.5 | Когерентность. | | | + | + | + |
| 6.6 | Шлирен-методы. | | | + | + | + |
| 6.7 | Фарадеевское вращение плоскости поляризации. | | | + | + | + |
| 7 | Рентгеновские методы диагностики | | | | | |
| 7.1 | Рентгеновское излучение; методы получения, свойства, области применения. | | | + | + | + |
| 7.2 | Рентгеновское фотографирование с временным разрешением; импульсная радиография. | | | | + | + |
| 8 | Излучение из плазмы | | | | | |
| 8.1 | Элементарные процессы в плазме; модели равновесия. | | | | + | + |
| 8.2 | Линейчатое, рекомбинационное и тормозное излучение. | | | | + | + |
| 8.3 | Оптически плотная среда, "черное" излучение. | | | | + | + |

| | | | | | | |
|------------|--|----|----|----|----|----|
| 8.4 | Рентгеновские методы исследования плазмы: диагностика плазмы по спектральным линиям многозарядных ионов. | | | | + | + |
| 8.5 | Измерение электронной температуры по тормозному континууму. | | | | + | + |
| 8.6 | Метод фильтров. | | | | + | + |
| 8.7 | Рентгеновская спектроскопия. | | | | + | + |
| 9 | Уширение спектральных линий | | | | | |
| 9.1 | Основные механизмы уширения спектральных линий: эффекты Доплера, Штарка и Зеемана. | | | | | + |
| 9.2 | Измерение температуры ионов и нейтралов по доплеровскому уширению их спектральных линий. | | | | | + |
| 9.3 | Определение параметров плазмы по штарковскому уширению спектральных линий водорода. | | | | | + |
| 9.4 | Регистрация неравновесных электрических полей по штарковским контурам. | | | | | + |
| 10 | Диагностика плазмы по рассеянию электромагнитных волн | | | | | |
| 10.1 | Рассеяние электромагнитных волн разной природы – рэлеевское, молекулярное. | | | | | + |
| 10.2 | Лазерная флуоресценция. | | | | | + |
| 10.3 | Определение параметров сред с помощью лазерного рассеяния. | | | | | + |
| 10.4 | Томсоновское и коллективное рассеяние. | | | | | + |
| 10.5 | Рассеяние излучения на неравновесных шумах | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | 15 | 15 | 15 | 25 | 30 |