

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора Института по научной работе
С.В. Лебедев
« 20 » 02 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ**
основной образовательной программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль: 01.04.08 Физика плазмы

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Принято на Ученом совете
Протокол № 1 от 20 февраля 2015 г.

Санкт-Петербург
2015

Шлепкин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями учебной дисциплины являются:

- формирование у аспирантов комплекса базовых знаний о методах, применяемых при измерении параметров высокотемпературной плазмы, ознакомление с особенностями реализации диагностических систем в экспериментальной практике на установках типа токамак;
- формирование знаний о применимости различных методик в эксперименте, диапазоне измеряемых параметров, точности результатов измерений; формирование навыков интерпретации и сопоставления результатов измерений, полученных различными методами;
- ознакомление аспирантов с последними достижениями в области диагностики плазмы и особенностями диагностического комплекса установки ИТЭР.

Для достижения задач, поставленных при изучении дисциплины, используется набор методических средств: учебная, учебно-методическая литература, информационные ресурсы библиотеки, электронные курсы и др.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Современные методы диагностики высокотемпературной плазмы» является вариативной (дисциплина по выбору) в подготовке аспирантов, обучающихся по профилю 01.04.08 Физика плазмы.

При ее изучении используются знания и навыки, полученные аспирантами при изучении курсов общей и теоретической физики и предшествующих курсов специальных дисциплин по специальности Физика плазмы. Методической основой изучения дисциплины являются курсы физики высокотемпературной плазмы и УТС.

Необходимость получения достоверных сведений о плазме и ее параметрах в экспериментальной практике и потребность в проверке результатов теоретических исследований определяют актуальность изучения дисциплины.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Современные методы диагностики высокотемпературной плазмы» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП:

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность проводить исследования физики переноса энергии и вещества в плазме ловушек с магнитным удержанием, на основе методик, освоенных в процессе прохождения курса, и интерпретировать результаты экспериментальных исследований с применением полученных теоретических знаний (ПК-1);
- способность проводить исследования физики ВЧ и инжекционного нагрева высокотемпературной плазмы на установках с магнитным удержанием, а также оценивать перспективность применения этих методов нагрева в термоядерных реакторах (ПК-2);

- планировать, организовывать работу по проектам, направленным на исследование физики высокотемпературной плазмы в современных установках с магнитным удержанием и на создание установок реакторного масштаба, основанных на современных представлениях о физике термоядерных реакторов (ПК-3);

- способность получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать и обосновывать методы и средства решения поставленных задач (ПК-4).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану 108 часов, 3 ЗЕ.

Наименование разделов и тем	Трудоемкость (в ЗЕТ)	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)			
			лекции	Лаб. / практ	самостоятельная работа	контроль
1	2	3	4	5	6	7
Раздел 1. Пассивные методы диагностики плазмы						
Тема 1.1. Магнитные измерения		9	2		7	
Тема 1.2. Электростатические зонды		9	2		7	
Тема 1.3. Регистрация излучения из плазмы		9	2		7	
Тема 1.4. Потoki атомов перезарядки		8	1		7	
Тема 1.5. Ядерно-физические методы		7	1		6	
Всего по разделу	1	42	8		34	
Раздел 2. Активные методы диагностики плазмы						
Тема 2.1. Методы лазерного зондирования		11	1		10	
Тема 2.2. Зондирование плазмы пучками частиц		11	1		10	
Тема 2.3. СВЧ-зондирование		11	1		10	
Всего по разделу	1	33	3		30	
Раздел 3. Практические аспекты диагностики плазмы на токамаке и реакторе						
Тема 3.1. Обработки и интерпретации экспериментальных данных		11	1		10	
Тема 3.2. Инженерные аспекты диагностики высокотемпературной плазмы		11	1		10	
Тема 3.3. Измерения в условиях современного термоядерного эксперимента		11	1		10	
Всего по разделу	1	33	3		30	

Всего по дисциплине	3	108	14	94	Зачет
----------------------------	----------	------------	-----------	-----------	-------

4.2. Содержание разделов и тем

Раздел 1. Пассивные методы диагностики плазмы

Тема 1.1. Магнитные измерения.

Измерение токов и магнитных полей. Положение и форма плазменного шнура. Применение магнитных зондов для измерений колебаний в плазме. Диамагнитные петли. Факторы, влияющие на измерения.

Тема 1.2. Электростатические зонды.

Одиночный электростатический зонд (Зонд Ленгмюра). Определение параметров плазмы по вольт-амперной характеристике одиночного зонда. Плавающий и эмиссионный зонды. Специальные виды зондов: двойной зонд, тройной зонд, многоэлектродные зонды. Рекомендации по применению ленгмюровских зондов. Электростатический зонд в магнитном поле. Высокочастотный зонд. Измерение шумов и колебаний в плазме.

Тема 1.3. Регистрация излучения из плазмы.

Спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой части спектра. Мягкое и жесткое рентгеновское излучение. Циклотронное излучение электронов. Болومترические измерения.

Тема 1.4. Потoki атомов перезарядки.

Исследование потоков атомов перезарядки из плазмы. Анализаторы потоков атомов.

Тема 1.5. Ядерно-физические методы.

Нейтроны. Гамма-спектрометрия.

Раздел 2. Активные методы диагностики плазмы

Тема 2.1. Методы лазерного зондирования.

Диагностика томсоновского рассеяния. Лазерная флуоресценция.

Тема 2.2. Зондирование плазмы пучками частиц.

Активная корпускулярная диагностика и Резерфордское рассеяние. Измерения по динамическому эффекту Штарка (MSE). «Перезарядно-рекомбинационная» спектроскопия (CHERS). Зондирование пучками тяжелых ионов.

Тема 2.3. СВЧ-зондирование.

Интерферометрия и поляриметрия. Рефлектометрические методы диагностики.

Раздел 3. Практические аспекты диагностики плазмы на токамаке и реакторе

Тема 3.1. Обработки и интерпретации экспериментальных данных.

Случайные и систематические ошибки. Определение локальных характеристик плазмы из интегральных соотношений. Преобразование Абеля. Использование математических моделей плазмы для интерпретации результатов эксперимента.

Тема 3.2. Инженерные аспекты диагностики высокотемпературной плазмы.

Изменение механических, электрических и оптических свойств материалов. Электрические наводки и способы их подавления. Электроника для систем автоматизации эксперимента.

Тема 3.3. Измерения в условиях современного термоядерного эксперимента.

Диагностический комплекс установки ИТЭР.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Современные методы диагностики высокотемпературной плазмы» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа студентов;
- в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Современные методы диагностики высокотемпературной плазмы» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

Комплект оценочных средств для текущего контроля

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов реализуется в виде выступлений на семинарах по индивидуальным домашним заданиям, ответам на тестовые вопросники, проведением теоретических зачетов.

Перечень контрольных вопросов, позволяющих оценить качество усвоения учебного материала:

- 1) Измерение тока плазмы и напряжения на обходе в токамаке. Диаманитный сигнал.
- 2) Определение положения и формы плазменного шнура. Код EFIT.
- 3) Измерения колебаний в плазме с помощью магнитных зондов.
- 4) Определение параметров пристеночной плазмы с помощью одиночного электростатического зонда.
- 5) Измерения с помощью многоэлектродных зондов.
- 6) Применение оптической спектроскопии для измерений параметров плазмы.
- 7) Мягкое и жесткое рентгеновское излучение.
- 8) Циклотронное излучение электронов.
- 9) Измерения потоков энергии. Болометры.

- 10) Измерения потоков атомов перезарядки из плазмы.
- 11) Измерения потоков и спектров нейтронов.
- 12) Гамма-спектрометрия.
- 13) Диагностика томсоновского рассеяния.
- 14) Лазерная флуоресценция.
- 15) Активная корпускулярная диагностика и Резерфордское рассеяние.
- 16) Измерения магнитного поля по динамическому эффекту Штарка (MSE).
- 17) Применение «перезарядно-рекомбинационной» спектроскопии (CHERS).
- 18) Зондирование пучками тяжелых ионов.
- 19) СВЧ-интерферометрия
- 20) Рефлектометрические методы диагностики плазмы
- 21) Обработка результатов измерений. Случайные и систематические ошибки.
- 22) Определение локальных характеристик плазмы из интегральных соотношений.
Преобразование Абеля.
- 23) Изменение механических, электрических и оптических свойств материалов в плазменном эксперименте.
- 24) Электрические наводки и способы их подавления. Измерения в условиях современного термоядерного эксперимента.
- 25) Построение систем автоматизации, управления и сбора данных на современных плазменных установках.
- 26) Диагностический комплекс установки ИТЭР.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Мирнов С.В. Физические процессы в плазме токамака. – М., «Энергоатомиздат», 1985
2. Стрелков В.С., Физические основы методов диагностики плазмы в токамаке // М., Изд. МИФИ, 2004

7.2. Дополнительная литература

3. Готт Ю.В., Курнаев В.А., Вайсберг О.Л. Корпускулярная диагностика лабораторной и космической плазмы: Учебное пособие // М., Изд. МИФИ, 2008

7.2. Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

Физика плазмы (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8251; доступ с 2007 по текущий год)

Отечественные журналы в переводе:

1. Plasma Physics Reports (<http://link.springer.com/journal/11452>; доступ с 2000 по текущий год)
2. Radiophysics and Quantum Electronics (<http://www.springer.com/astronomy/journal/11141>; доступ с 1965 по текущий год)

Иностранные журналы:

1. Contributions to Plasma Physics (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291521-3986>; доступ с 1960 по текущий год)
2. EPL (Europhysics Letters) (<http://iopscience.iop.org/0295-5075/>; доступ с 1986 по текущий год)

3. Nature (<http://www.nature.com/nature/index.html>; доступ с 1940 по текущий год)
4. Physics of Fluids B: Plasma Physics (<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/pofb>; доступ за 1989-1993)
5. Physics of Plasmas (<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/pop>; доступ с 1994 по текущий год)
6. Plasma Physics and Controlled Fusion (<http://iopscience.iop.org/0741-3335/>; доступ с 1967 по текущий год)
7. Plasma Chemistry and Plasma Processing (<http://link.springer.com/journal/11090>; доступ с 1981 по текущий год)
8. Plasma Science and Technology (<http://iopscience.iop.org/1009-0630/>; доступ с 1999 по текущий год)
9. Plasma Sources Science and Technology (<http://iopscience.iop.org/0963-0252/>; доступ с 1992 по текущий год)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕУЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер
4. Компьютерный класс