

«Экспериментальные методы исследования плазмы, часть 1».

(4 курс, 7 семестр, 36 часов, экзамен)

Доцент к.ф.-м.н. Аникеев Андрей Витальевич

Программа спецкурса:

1. Электрические и магнитные зонды.

Лекция 1 Одиночный электростатический зонд (Зонд Ленгмюра). Важнейшие характеристики зонда. Определение параметров плазмы по вольт-амперной характеристике одиночного зонда. Методы измерений зондовых характеристик и их производных. Формула Дрювестейна.

Лекция 2 Распределение потенциала вблизи зонда. Формула Бома. 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. Корреляционный анализ.

Лекция 3. Магнитный зонд. Измерение токов и магнитных полей. Применение магнитных зондов для измерений характеристик колебаний в плазме. Диамагнитные петли. Факторы влияющие на измерения.

2. Приемники потоков частиц и излучения.

Лекция 4 Калориметры. Боллометры. Пирозлектрические приемники. Цилиндр Фарадея, особенности работы в магнитном поле. Вторично-электронные умножители. КЭУ. Микроканальные усилители.

Полупроводниковые детекторы. Статистические и импульсные параметры ВЭУ и МКП. Темновой ток и шумы. Особенности измерений корпускулярных потоков.

3. Корпускулярная диагностика плазмы.

Лекция 5 Пассивные методы. Аппаратура для корпускулярной диагностики: обдирочная камера, анализаторы энергий и импульсов частиц. Фокусировка пучков заряженных частиц.

Лекция 6 Активные методы. Взаимодействие диагностического пучка частиц с плазмой. Элементарные процессы. Источники диагностических и атомарных пучков. Многохордовое ослабление пучка.

Лекция 7 Измерение локальных характеристик плазмы. Метод искусственной мишени.

Резерфордское рассеяние быстрых атомов. Измерение электрических и магнитных полей в плазме. Зондирование пучками тяжелых ионов.

Лекция 8 Пучково-спектроскопические диагностики. Диагностика, основанная на изучении профиля интенсивности свечения пучка в плазме. Локальные измерения магнитного поля по динамическому эффекту Штарка (MSE). «Перезарядно-рекомбинационная» спектроскопия (CHERS)

4. Диагностика нейтронов и других продуктов т/я реакций.

Лекция 9 Реакции синтеза как инструмент диагностики. Регистрация нейтронов. Активационные методы. Пузырьковые камеры. Счетчики, основанные на пороговых реакциях. Методы, основанные на регистрации протонов отдачи: ионизационные камеры, сцинтилляционные детекторы. Разделение нейтронов и Гамма-излучения.

Лекция 10 Полупроводниковые детекторы с конвертором. Алмазные детекторы. Нейтронные спектрометры. Регистрация нейтронов и других продуктов реакций синтеза на крупных термоядерных установках (JET, JT-60, ГОЛ-3, ГДЛ)

5. Измерения в плазменном эксперименте.

Лекция 11 Типы источников и приемников сигнала. Электрические наводки и их классификация.

Способы подавления наводок: экранированные комнаты, трансформаторные и оптронные гальванические развязки, оптические линии связи. Измерения в условиях современного термоядерного эксперимента

Лекция 12 Электроника для систем автоматизации эксперимента. Преобразование цифрового кода в аналоговый сигнал, ЦАП. Способы оцифровки электрических сигналов, АЦП. Построение систем автоматизации управления и сбора данных на современных плазменных установках.

6. Методы обработки и интерпретации экспериментальных данных.

Лекция 13 Случайные и систематические ошибки. Статистическая обработка данных. Представление результатов измерений. Метод наименьших квадратов. Определение локальных характеристик плазмы из интегральных соотношений. Преобразование Абеля. Способы абелизации. Использование математических моделей плазмы для интерпретации результатов эксперимента.

Литература:

1. Диагностика плазмы. / Под ред. Р. Хаддлстоуна, С. Леонарда. М.: Мир, 1967.
2. Методы исследования плазмы. / Под ред. В. Лохте-Хольтгревена. М.: Мир, 1971.
3. Давыденко В.И., Иванов А.А., Вайсен Г. Экспериментальные методы исследования плазмы. Часть I. Новосибирский государственный университет, Новосибирск 1999.
4. Чан П., Тэлбот Л., Туряи К. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме. М.: Мир, 1978.
5. Диагностика термоядерной плазмы. / Под ред. С.Ю. Лукьянова. М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Кузнецов Э.И., Щеглов Д.А. Методы диагностики высокотемпературной плазмы. М.: Атомиздат, 1974.
7. Лукьянов С.Ю. Горячая плазма и управляемый ядерный синтез. М.: Наука, 1975.
8. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1978.
9. Айбунд М.Р., Поленов Б.В.. Вторично-электронные умножители открытого типа и их применение. М.: Энергоиздат, 1981.
10. Бутслов М.М., Степанов Б.М., Фанченко С.Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М.: Наука, 1978.
11. Экклз М.; и др. Детекторы слабого излучения в астрономии. М.: Мир, 1986.
12. Справочник по приемникам оптического излучения. / Под ред. Л.З. Криксун ова и Л.С. Кременчукского. Киев: Техника 1985.
13. Микроканальные пластины в экспериментальной физике. ПТЭ, N 2, 1982.
14. Кисляков А.И., Крупник Л.И.. // Физика плазмы. 1981, Т.7, С.866.
15. Обзоры Голанта В.Е. и Голдстона Р.Дж. Основы физики плазмы. Т.2. М.: Энергоатомиздат, 1984.
16. Димов Г.И., Росляков Г.В. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. 1984, N 3(16). С.3-15.
17. Басов Н.Г.(ред.) Диагностика плотной плазмы. М.: Наука, 1989.
18. Barnett, G.F. et al. Atomic data for controlled fusion, research, ORNL-5206, 1977.
19. Князев Б.А. Эксперименты с применением метода резонансной флуоресценции для диагностики плазмы. Препринт ИЯФ СО АН СССР 78-103 (1978).
20. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. М.: Наука, 1979.
21. Зайдель А.И., Шрейдер Е.Я. Вакуумная спектроскопия и ее применение. М.: Наука, 1976.
22. Еоря Л.С., Хазалов Б.И. Позиционно-чувствительные детекторы. М.: Атомиздат, 1981.
23. Афанасьев В. П., Явор С.Я. Электростатические энергоанализаторы для пучков заряженных частиц. М.: Наука, 1978.
24. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1983.
25. Князев Б.А., Росляков Г.В. Методы обработки экспериментальных данных. Метод, указания. Новосибирск: Изд. НГУ, 1985.
26. Лавренчик В.Я. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов. М.: Энергоиздат, 1988.
27. Волков Я.Ф., Дятлов В.Г., Митина Н.И. Диагностика турбулентной плазмы. Киев: Наукова думка, 1983.
28. Янг Ф.С., Голдеи Ж., Капетанакос С. Приборы для научных исследований, N4, С.54(1977).
29. Луманц Н., Пиблс В. Аппаратура для диагностики термоядерной плазмы в установках с магнитным удержанием. Обзор. Приборы для научных исследований, N 3, С.3-63, 1984.
30. Панин В.В., Степанов Б.М. Измерение импульсных магнитных и электрических полей. М.: Энергоиздат, 1987.
31. Orłinski, D.V., Magyr, G. Plasma Diagnostics on large tokamaks. Nuclear Fusion, V.28, P.611, 1988.
32. Review of Scientific Instruments, January 1999, Part II, Vol. 70, N.1.
33. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, М. Мир 2001 г.