

Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой физики плазмы
_____ В.А.Рожанский

" ____ " _____ 2009 г

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология

Составлена кафедрой физики плазмы для студентов, обучающихся по направлению 553100 «Техническая физика», специальности 553115 «Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез»

Санкт-Петербург
2009 г.

Программа дисциплины

Метрология

Цели изучения дисциплины

Обработка экспериментальных данных, полученных в ходе измерения, является важной составной частью современных научных исследований. Полная и корректная обработка данных определяет уровень точности и достоверности результатов исследования в целом.

Современные методы обработки экспериментальных данных разрабатываются в прикладной статистике и теории погрешностей измерений; при этом статистика дает математические основы методов обработки, а в теории погрешностей разрабатывается методологический подход к анализу измерительных задач и оцениваются погрешности результатов.

Цель данного курса – дать слушателям необходимые для выполнения научных исследований знания, в первую очередь – основные понятия теории вероятностей, теории случайных процессов и математической статистики, основы теории погрешностей и современных методов цифровой обработки данных применительно к основным видам измерительных задач.

Место дисциплины в учебном плане

Дисциплина изучается в течение 6 семестра. Курс состоит из лекционного курса и практических занятий и заканчивается экзаменом.

Предшествующая дисциплина: Теория вероятностей и математическая статистика.

Объем дисциплины по видам учебной работы и формы контроля

Виды занятий и формы контроля	Объем по семестрам 6-й сем
Лекции, ч/нед	2
Практические занятия, ч/нед	1
Самостоятельные занятия, ч/нед	2
Экзамены, шт/сем	1
Зачеты, шт/сем	1

Общая трудоемкость дисциплины составляет 85 часов.

Содержание дисциплины

Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы программы	Объемы занятий, часов		
	ЛК	ПЗ	Сам
Введение	1		
1. Основы теории погрешностей	2	2	2
2. Теория вероятностей	8	3	8
3. Математическая статистика	8	3	8
4. Методы обработки данных	2	1	2
5. Анализ случайных процессов	10	6	11
6. Сбор и обработка данных	3	2	3
Итого	34	17	34

Содержание разделов дисциплины

1. Основы теории погрешностей

Общие сведения об измерениях. Классификация измерений. Измерение и его структурные элементы. Основные этапы измерений. Постановка задачи и содержание этапа обработки данных. Описание и оценивание погрешности измерений. Принципы описания и оценивания погрешностей. Составляющие погрешностей измерений. Суммирование погрешностей.

2. Теория вероятностей

Описание случайных величин (СВ). Случайные векторы (многомерные СВ). Статистическая независимость случайных величин.

Числовые характеристики случайных величин. Смысл моментов СВ, квантили и процентные точки распределения. Числовые характеристики случайного двумерного вектора. Коэффициент корреляции, его смысл и свойства. Некоррелированность и независимость СВ. Ковариационная матрица. Математическое ожидание и дисперсия суммы СВ. Теорема о МО произведения двух СВ.

Характеристическая функция (ХФ) СВ, ее свойства. Вычисление моментов с помощью ХФ. Представление ХФ через моменты. ХФ и плотность распределения суммы двух независимых СВ.

Законы распределения функций СВ. Случай взаимно-однозначного функционального преобразования случайного вектора.

Законы распределения непрерывных СВ, используемые при моделировании погрешностей (равномерное, двойное экспоненциальное, нормальное). Значимость

нормального распределения, его свойства. Функция Лапласа, интеграл вероятностей, функция ошибок. Законы распределения СВ, связанные с нормальным (распределение χ^2 , t-распределение Стьюдента, F-распределение Фишера).

Предельные теоремы теории вероятностей. Неравенство Чебышева. Сходимость по вероятности. Закон больших чисел. Теоремы Чебышева. Устойчивость выборочных моментов. Центральная предельная теорема, ее содержание. Доказательство ЦПТ для одинаково распределенных независимых СВ.

3. Математическая статистика

Задачи и основные понятия математической статистики. Генеральная совокупность, выборка. Эмпирические аналоги характеристик генеральной совокупности, числовые характеристики выборки.

Математический аппарат и методы математической статистики. Оценивание параметров моделей. Постановка задачи статистического оценивания. Свойства оценок: состоятельность, смещенность, эффективность. Свойства выборочных оценок. Функция правдоподобия. Методы статистического оценивания неизвестных параметров. Точечные оценки. Статистическое оценивание неизвестных параметров с помощью доверительных интервалов.

Проверка гипотез. Постановка задачи, типы гипотез, логическая схема статистического критерия. Гипотезы о виде закона распределения. Критерий согласия χ^2 Пирсона. Критерии сравнения средних и дисперсий для нормальных выборок.

4. Методы обработки данных

Обработка результатов прямых измерений с однократными и многократными наблюдениями.

Обработка нескольких групп результатов наблюдений.

Обработка результатов косвенных измерений с однократными и многократными наблюдениями. Линейные и нелинейные зависимости.

Обработка результатов совместных измерений. Построение линейной зависимости.

5. Анализ случайных процессов (СП)

Основные определения и модели. Классификация, описание, моменты СП.

Первые и вторые моменты стационарных СП. Некоррелированные СП.

Эргодические СП. Первые и вторые моменты эргодических СП.

Свойства корреляционных функций действительных стационарных СП.

Корреляционная функция суммы двух стационарных СП.

Основные приложения корреляционного и спектрального анализа эргодических СП (принципы):

- обнаружение периодического сигнала с неизвестным периодом на фоне помех;
- обнаружение периодического сигнала с известным периодом на фоне помех;
- выделение периодического сигнала с известным периодом на фоне шума;
- измерение функции плотности одномерного распределения;
- анализ задержанного сигнала регистрируемого на фоне шума.

Спектральный анализ стационарных СП:

- определение спектральной плотности с помощью корреляционных функций (КФ);
- определение спектральной плотности через финитное преобразование Фурье (ФПФ);
- эквивалентность определений спектральной плотности через КФ и ФПФ;
- определение спектральной плотности с помощью фильтрации (Φ);
- эквивалентность определений спектральной плотности через Φ и ФПФ;
- свойства спектральной плотности;
- функция когерентности.

Статистические погрешности оценок параметров СП:

- оценка среднего значения эргодического СП (ограниченный по частоте белый шум);
- оценка среднего квадрата эргодического СП (ограниченный по частоте белый шум);
- оценка корреляционных функций эргодического СП (ограниченный по частоте белый шум);
- оценка спектральной плотности, полученной финитным преобразованием Фурье.

6. Сбор и обработка данных

Сбор данных. Дискретизация аналогового сигнала. Теоремы отсчетов во временной и частотной областях. Погрешность квантования. Аналого-цифровые преобразователи.

Оценивание основных параметров процессов:

- проверка стационарности;
- проверка периодичности;
- проверка нормальности.

Анализ данных:

- удаление тренда;
- быстрое преобразование Фурье;
- дополнение данных нулями;

- обработка данных с использованием “весовых” окон.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

Основная

1. В.А.Грановский, Т.Н.Сирая, Методы обработки экспериментальных данных при измерениях, Л., Энергоатом издат, 1990
2. С.А.Айвазян, И.С.Енюков, Л.Д.Мешалкин, Прикладная статистика. Основы моделтирования и первичная обработка данных, М., Финансы и статистика, 1983
3. Дж. Бендат, А.Пирсол, Прикладной анализ случайных данных, М., Мир, 1989.
4. С.Л.Марпл-мл., Цифровой спектральный анализ и его приложения, М., Мир, 1990.
5. Ж.Макс, Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях, М., Мир, 1983.

Дополнительная

1. С.Г.Рабинович, Погрешности измерений, Л., Энергия, 1978
2. Д.Худсон, Статистика для физиков, М., Мир, 1970
3. П.В.Новицкий, И.А.Зограф, Оценка погрешностей измерений, Л., Энергоатомиздат, 1991
4. Е.С.Вентцель, Теория вероятностей и ее инженерные приложения, М., Наука, 1988.

Программу составил

А.В.Петров, доц., к.ф.-м. н.