

Оптические измерения

Лекция 1

Сорокин Антон
Владимирович
2016

Темы лекции

- Введение.
- Основные термины и определения.
- Погрешности измерений.
- Статистическая обработка результатов измерений.

Зачем нужны оптические измерения?

- Для измерения световых потоков (мощность/интенсивность/яркость, их отношение, длина волны излучения/спектральный состав, фаза, поляризация)
- Для измерения оптических характеристик материалов и сред (показатель преломления, коэффициент пропускания, двулучепреломление)
- Для измерения величин, которые могут быть преобразованы в свет (линейные размеры, температура, давление, напряжение, уровень радиации и др.)
- Для измерений протяженных объектов или измерений на расстоянии

Основные термины и определения

- Измерение – сравнение измеряемой величины с эталоном
- совокупность операций по нахождению количественного значения физической величины опытным путем с помощью технического средства, хранящего единицу физической величины, заключающихся в сравнении (в явном или неявном виде) измеряемой величины с её единицей

Основные термины и определения

- Оптическая величина \leftrightarrow оптическая
- Оптическая \rightarrow физическая \leftrightarrow
физическая
- Физическая \rightarrow оптическая \leftrightarrow оптическая

Основные термины и определения

- Прямые измерения – сравнение непосредственно
- Прямые измерения, разностный метод – разность между измеряемой величиной и эталонной
- Косвенное измерение – сравнение через промежуточную величину

Основные термины и определения

- Единство измерений – состояние, когда погрешности известны с заданной вероятностью
- Эталон - средство, воспроизводящее данную единицу с наивысшей точностью и передающее единицу к рабочим средствам измерений через систему образцовых средств измерений

Основные термины и определения

- Средства измерения – измерительные установки, измерительные меры, приборы.
- Образцовые средства измерений – для поверки и градуировки.
- Рабочие средства измерений – для всех остальных измерений.

Основные термины и определения

Характеристики средства измерения:

- Цена деления шкалы
- Диапазон измерений
- Чувствительность
- Точность прибора

- Чувствительность метода (прибора) – минимальное приращение входного сигнала, способное вызвать минимальную реакцию прибора

Основные термины и определения

- Информативность:
- L – диапазон (мин-макс)
- σ – погрешность

$$I = \frac{L}{\sigma},$$

Погрешности измерений

- Измерение всегда имеет погрешность
- Погрешность – это отклонение результата измерений от реального значения измеряемой величины.
- Т.е. интервал, в который с заданной вероятностью попадает значение измеряемой величины.
- Источники – несовершенство метода, несовершенство прибора, влияние внешних условий

Погрешности измерений

- Абсолютная погрешность
- Относительная погрешность

Погрешности измерений

- Систематическая погрешность – постоянна или закономерно изменяется при повторных измерениях
- Случайная погрешность – изменяется случайным образом
- Промах – неполадки аппаратуры, ошибка экспериментатора

Источники погрешностей

Связанные с объектом:

Шероховатость и качество изготовления
измеряемых поверхностей

Неоднородность свойств материала по
площади или объему

Большие нескорректированные
абберации

Источники погрешностей

Связанные с прибором или методом:

Ограниченная чувствительность

Использование не точных, а приближенных формул, аппроксимации с недостаточной точностью

Инструментальные ошибки – неточность изготовления прибора

Ошибки приемника излучения

Ошибки от нестабильностей условий измерения

Погрешности измерений

- σ – ошибка, отклонение

- Для случайных ошибок:

$$\sigma_{\text{общ}} = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2)}$$

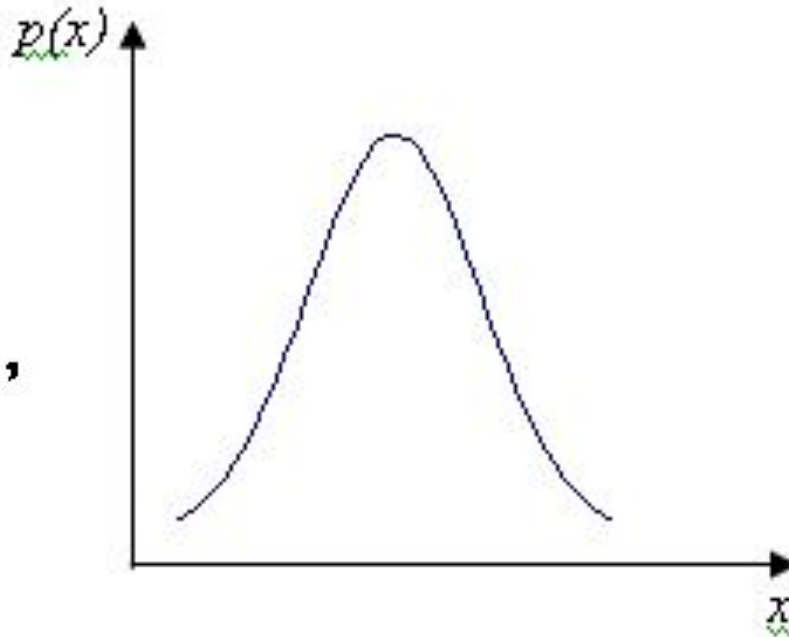
- Для систематических ошибок

$$\sigma_{\text{общ}} = \sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_n$$

Статистическая обработка результатов

- Случайные погрешности подчиняются закону нормального распределения

$$P(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}},$$



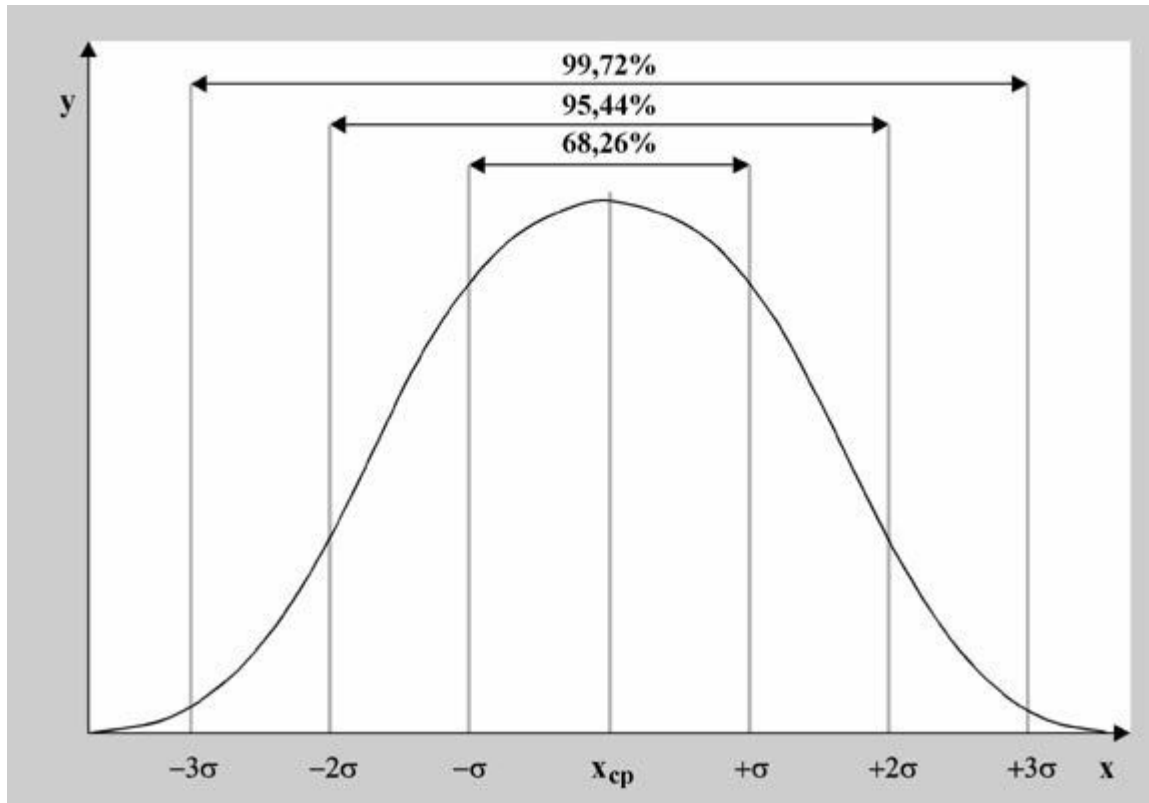
Статистическая обработка результатов

- Среднее квадратическое отклонение – разброс результатов: чем меньше, тем точнее прибор или метод измерения.
- Правило трех сигм

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Статистическая обработка результатов

- Правило трех сигм: $Lx = 3Sx$, интервал $\pm 3\sigma$



Статистическая обработка результатов

- 1) Находим среднее арифметическое результатов $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$
- 2) Находим среднее квадратичное отклонений (σ)
$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}},$$
$$\sum v_i^2 = \sum_{i=1}^n v_i^2.$$
- 3) Определяем доверительный интервал (3σ)

Статистическая обработка результатов

Можно повысить точность, взяв среднее арифметическое от большого числа измерений.

Она увеличивается в \sqrt{n} раз.

Практически делается максимум 10 измерений

Точность результата измерения – среднее квадратичное отклонение среднего ариф

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n(n-1)}} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Погрешности косвенных измерений

Если функция линейная – погрешности влияют согласно вкладу каждого коэффициента

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

$$\sigma_y^2 = a_1\sigma_{x_1}^2 + a_2\sigma_{x_2}^2 + \dots + a_n\sigma_{x_n}^2$$

Т.е. если вклад одного компонента 50%, а второго 10%, то этот компонент надо измерять точнее