Физический факультет

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Общий физический практикум

Введение в Технику Эксперимента

Описания задач

http://genphys.phys.msu.ru/rus/ofp/vtek/

Общие сведения о работе практикума ВТЭК

Занятия практикума проходят строго по расписанию.

Учебный план:

- 6 занятий – 6 задач – 6 оценок;
- **7,8,9 (резервные)** занятия – для того, чтобы сдать последние задачи, а также выполнить пропущенные задачи;
- по согласованию **со старшим по смене**, а также **с преподавателем, непосредственно работающим с конкретным студентом**, возможно выполнение пропущенных **по уважительной причине задач с другой группой, но только с тем же преподавателем, который работает с данным студентом**.

Работа в практикуме

- **Подготовиться к занятию** – дома по описанию и дополнительной литературе и сделать конспект в **рабочей тетради.**
- **Сдать допуск** преподавателю в начале занятия, перед практической работой.
- **Выполнить задачу** – на занятии, подписать полученные результаты у преподавателя.
- **Обработать результаты** – представление расчетов косвенных измерений и всех погрешностей обязательно.
- **Сдать задачу** – преподавателю, который принимал допуск в течение 3-х занятий после выполнения задачи.

Примерная схема оформления задачи

Задача №… . Название задачи

Теоретическая часть: цель задачи, схема установки, теоретические основы (из описания задачи, из рекомендованной литературы).

Упражнение 1. Название упражнения

Кратко описать, что выполняете в упражнении, зарисовать схему установки для данного упражнения, записать приборы, используемые в упражнении.

Практическое выполнение: Измерения заносить в таблицы.

N	Измеряемые величины	Погрешности		
1				
…				

Обработка результатов:

В расчетах обязательно записать расчетную формулу, числа, подставленные в эту формулу, после этого можно писать ответ.

Упражнение 2. Название упражнения.

…

Итоги работы: Полученные результаты: …

Выводы:

- сравнить полученные Вами результаты со справочными данными;
- оценить разные методы измерения;
- …

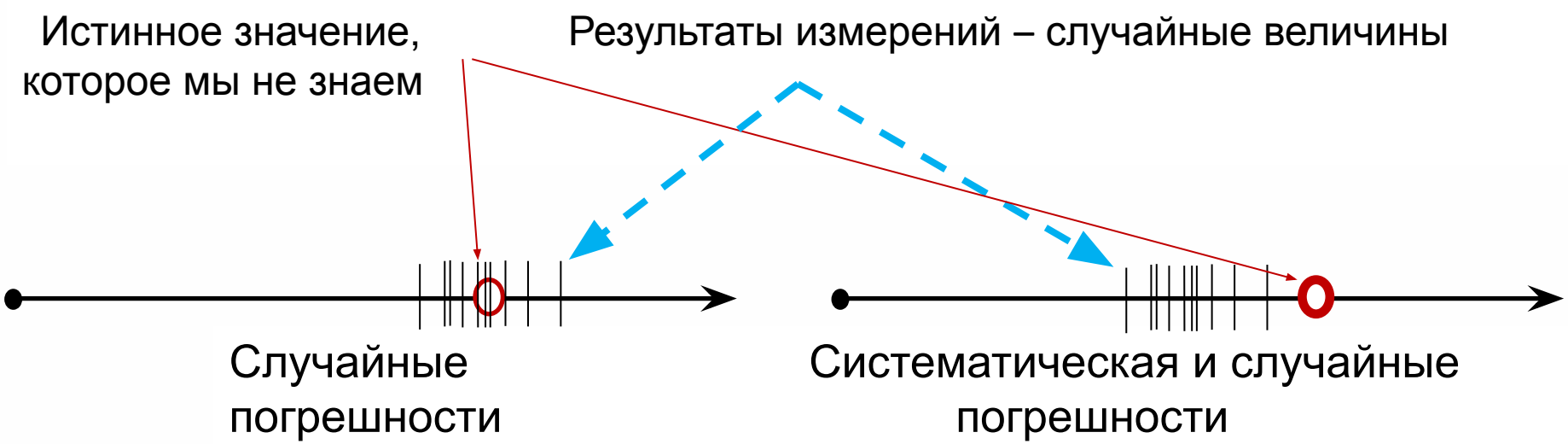
Основные формулы оценки погрешностей измерений

И.В. Митин, В.С. Русаков

«Анализ и обработка экспериментальных данных»

Измерения могут быть **прямые** и **косвенные**.

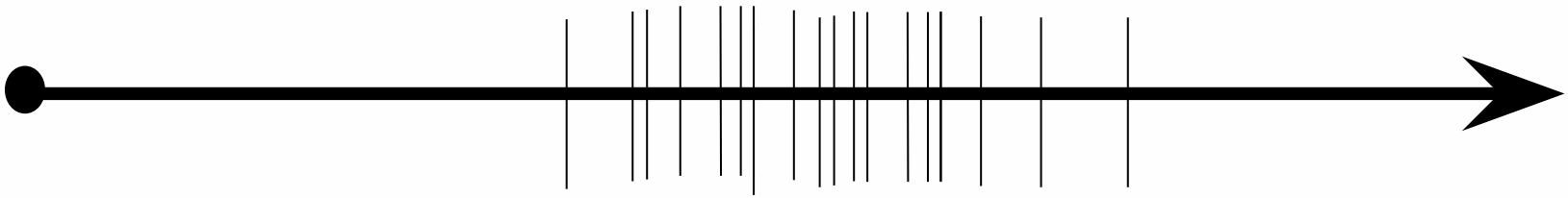
Прямые измерения



Случайные погрешности

Прямые измерения, проведенные в одинаковых условиях:

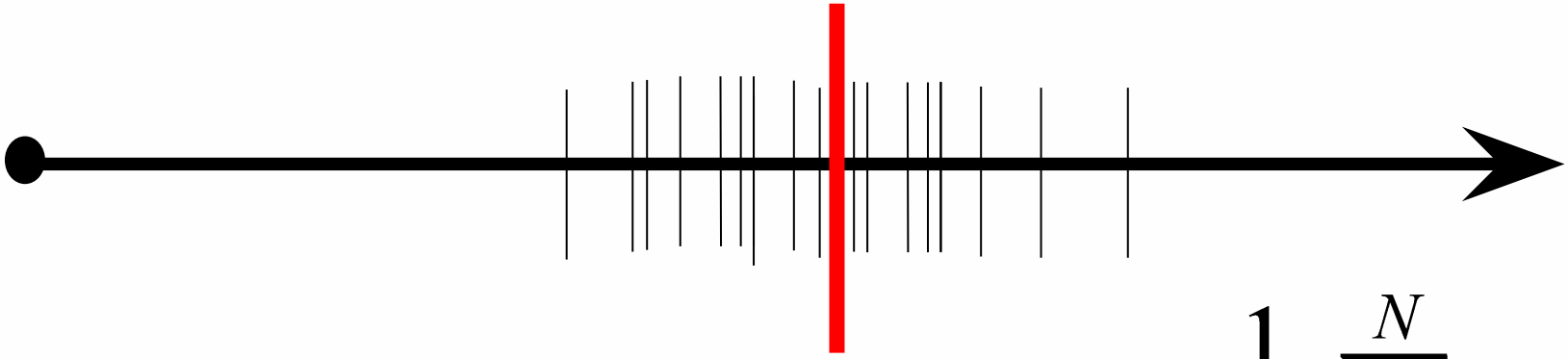
случайная выборка: $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3 \ldots x_N\}$.



Случайные погрешности

Прямые измерения, проведенные в одинаковых условиях:

случайная выборка: $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3 \ldots x_N\}$.



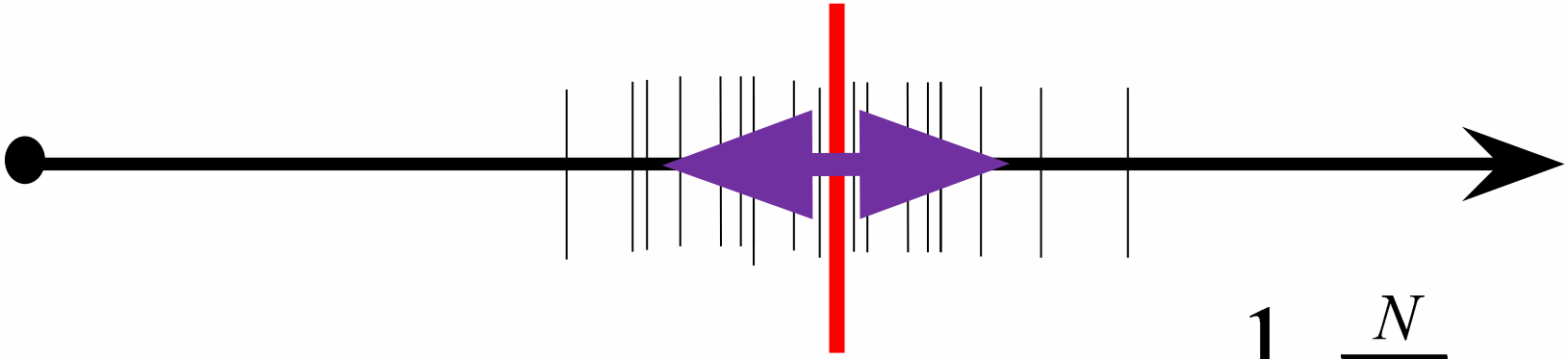
среднее арифметическое

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

Случайные погрешности

Прямые измерения, проведенные в одинаковых условиях:

случайная выборка: $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3 \ldots x_N\}$.



среднее арифметическое

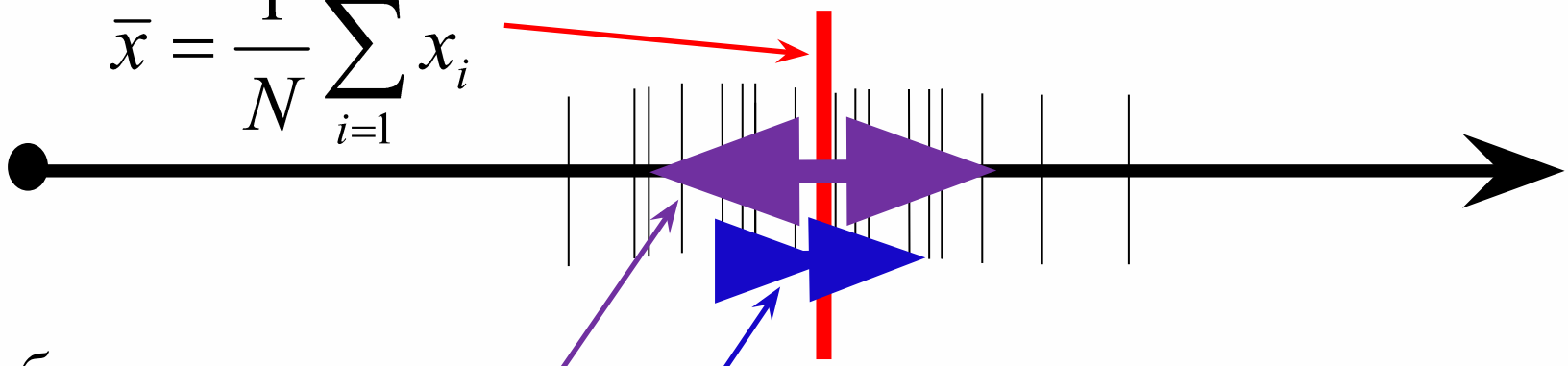
$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

выборочное стандартное отклонение <u>случайной величины</u> $\{x_i\}$ (***среднеквадратичная погрешность***)

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

случайная выборка: $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3 \ldots x_N\}$.

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$



выборочное стандартное отклонение ***случайной величины***

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

стандартное отклонение ***среднего арифметического***

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

Косвенные измерения

$$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n),$$

x_i - результаты прямых измерений *n* независимых величин,

$\sigma_{\overline{x_i}}$ - погрешности средних значений прямых измерений.

$$\overline{y} = f(\overline{x}_1, \overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n)$$

$$\sigma_{\overline{y}} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\Big|_{\substack{x_2=\overline{x_2} \\ \ldots \\ x_n=\overline{x_n}}} \cdot \sigma_{\overline{x_1}}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\Big|_{\substack{x_1=\overline{x_1} \\ x_3=\overline{x_3} \\ \ldots \\ x_n=\overline{x_n}}} \cdot \sigma_{\overline{x_2}}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\Big|_{\substack{x_1=\overline{x_1} \\ \ldots \\ x_{n-1}=\overline{x_{n-1}}}} \cdot \sigma_{\overline{x_n}}\right)^2}$$

Приборные погрешности

могут рассчитываться:

- ***от измеренного значения*** (в некоторых стрелочных приборах);
- ***от предела (диапазона) измерения*** (в большинстве стрелочных приборах);
- ***и от предела измерения и от измеренного значения*** (в большинстве цифровых приборах).

Какой именно метод расчета погрешности измерения надо использовать для конкретного прибора, написано в паспорте прибора.

Суммарные погрешности

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{S^2_{случ} + \sigma^2_{прибор} + \sigma^2_{счит} + \sigma^2_{окр} + \ldots}$$

Округление результата

1. ***Значащие цифры:*** все цифры от первой слева, не равной «0», до последней справа.

Примеры: 123,5 – четыре значащие цифры;

0,0023 – две значащие цифры;

1200 – четыре значащие цифры;

1000,00 – шесть значащих цифр.

2. Правила округления

- Сначала округляют погрешность – до одной или двух **значащих цифр**.

- После этого округляют результат так, чтобы последняя значащая цифра результата соответствовала последней значащей цифре погрешности.

При проведении расчетов округлять с запасом (оставлять 1-2 дополнительные значащие цифры)***, чтобы расчеты не вносили дополнительные погрешности.***

Правила округления.

1) Округление следует начинать с погрешности, оставляя 1 (**одну**) или 2 (**две**) значащие[1] цифры. Если первая значащая цифра – **единица** или **двойка**, то после округления оставляют **две** значащие цифры. Если же первая значащая цифра – **тройка и более**, то оставляют **одну** значащую цифру.
2) Далее округляется значение самой величины, причем ее последняя значащая цифра должна находиться на той же позиции, что и последняя значащая цифра погрешности.

Примеры.

До округления	После округления
3,4874±0,17295	3,49±0,17
285,396±4,8329	285±5
19,98281±0,8138	20,0±0,8 (*нули должны быть указаны обязательно – это значащие цифры*)

3) Если при округлении погрешности указан порядок, т.е. 10^n, то такой же порядок должен быть и у самой величины, при этом оба числа заключаются в скобки, и множитель 10^n указывается один раз.

Примеры.

До округления	После округления
0,283984±0,006298	0,284±0,006 или $(284\pm6)\cdot10^{-3}$
72903±384,53	$(72{,}9\pm0{,}4)\cdot10^{3}$
2374±48	$(2{,}37\pm0{,}05)\cdot10^{3}$

---

[1] ***Значащие цифры*** *данного числа - все цифры от первой слева, не равной нулю, до последней справа. При этом нули, следующие из множителя 10^n (n – целое число), не учитывают.*

Примеры:

1) 0,00173 – 3 значащие цифры, первая цифра – 1;
2) 20000 – 5 значащих цифр, первая цифра – 2, все последующие нули – также значащие цифры;
3) $20\cdot10^3$ – 2 значащие цифры, первая цифра – 2, вторая цифра – 0, нули, следующие из множителя 10^3 , не учитывают;