



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 **прямыми** и **косвенными**.

Прямые

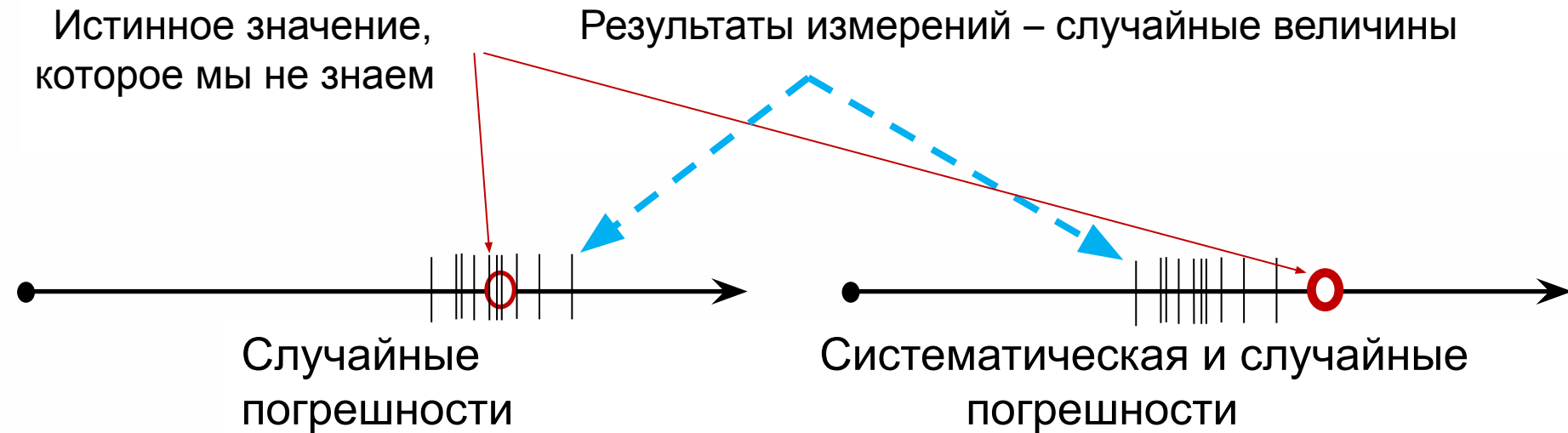
измерения

Истинное значение,
которое мы не знаем

Результаты измерений – случайные величины

Случайные
погрешности

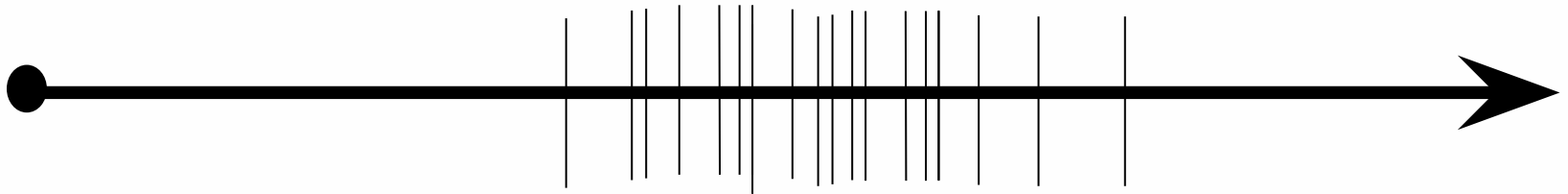
Систематическая и случайные
погрешности



Случайные погрешности

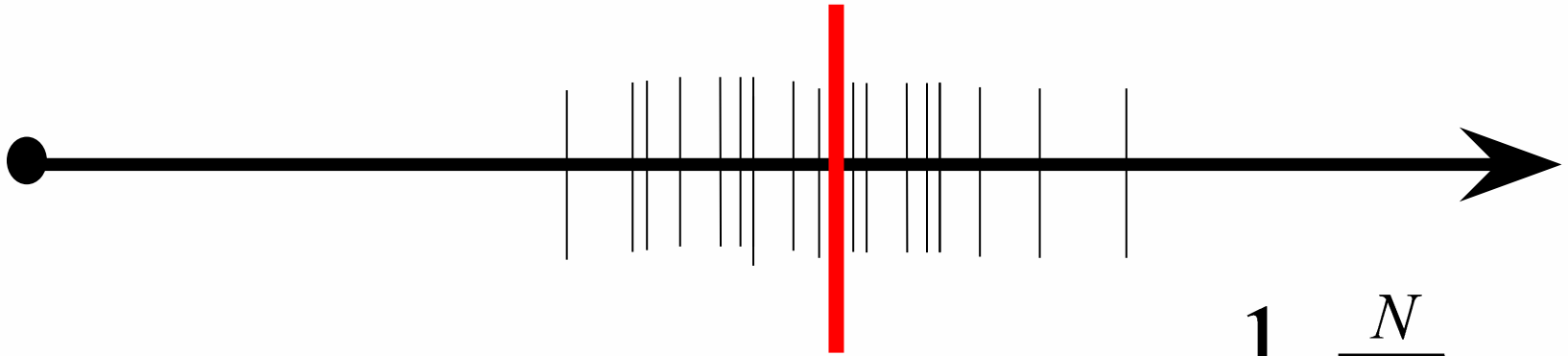
Прямые измерения, проведенные в одинаковых условиях:

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



Случайные погрешности

Прямые измерения, проведенные в одинаковых условиях:
случайная выборка: $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3 \dots x_N\}$.



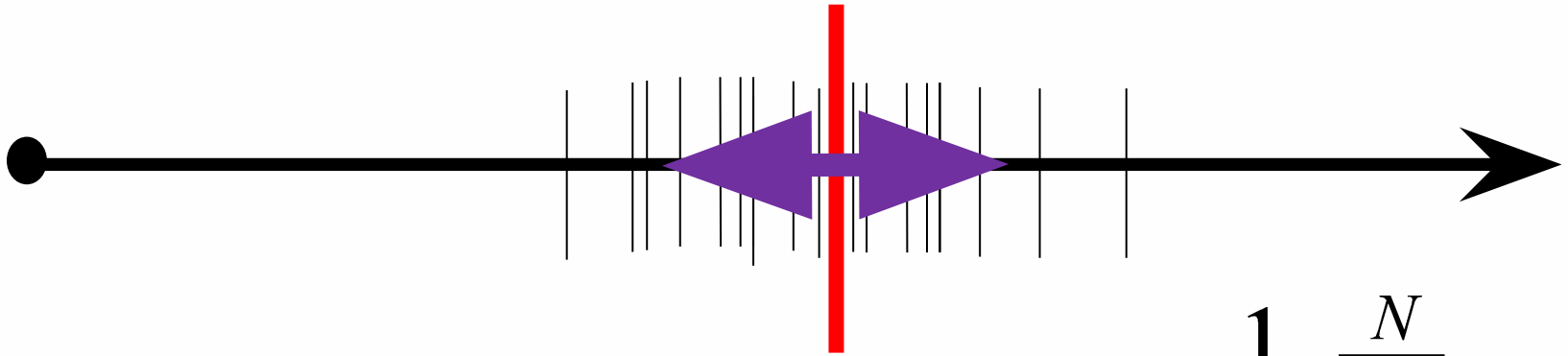
среднее арифметическое

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

Случайные погрешности

Прямые измерения, проведенные в одинаковых условиях:

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



среднее арифметическое

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

выборочное стандартное отклонение

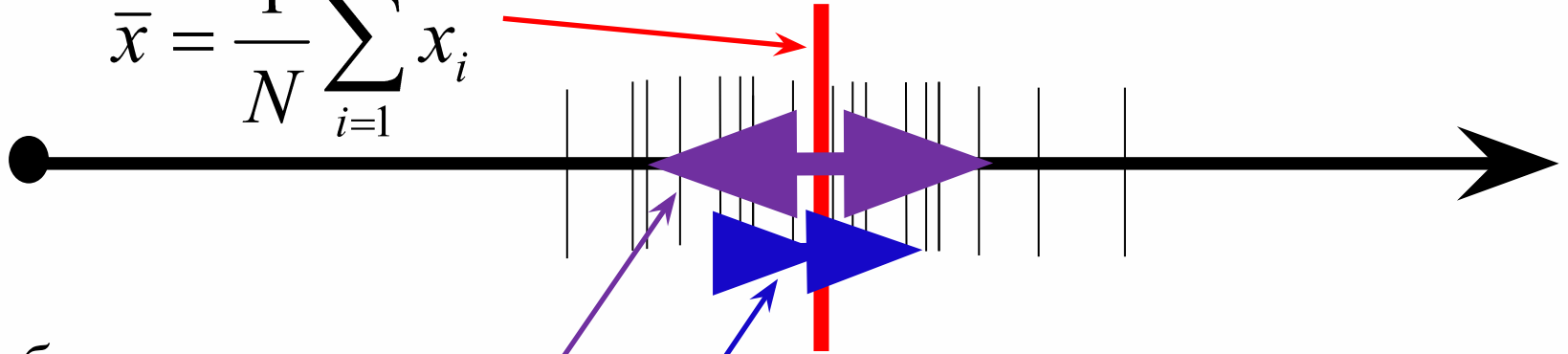
случайной величины $\{x_i\}$

(среднеквадратичная погрешность)

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

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

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



выборочное
стандартное
отклонение
случайной
величины

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

стандартное
отклонение
среднего
арифметическог
о

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

Косвенные измерения

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

x_i - результаты прямых измерений n независимых величин,

$\sigma_{\bar{x}_i}$ - погрешности средних значений прямых измерений.

$$\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$$

$$\sigma_{\bar{y}} =$$

$$\sqrt{\left(\left. \frac{\partial f}{\partial x_1} \right|_{\substack{x_2 = \bar{x}_2 \\ \dots \\ x_n = \bar{x}_n}} \cdot \sigma_{\bar{x}_1} \right)^2 + \left(\left. \frac{\partial f}{\partial x_2} \right|_{\substack{x_1 = \bar{x}_1 \\ x_3 = \bar{x}_3 \\ \dots \\ x_n = \bar{x}_n}} \cdot \sigma_{\bar{x}_2} \right)^2 + \left(\left. \frac{\partial f}{\partial x_n} \right|_{\substack{x_1 = \bar{x}_1 \\ \dots \\ x_{n-1} = \bar{x}_{n-1}}} \cdot \sigma_{\bar{x}_n} \right)^2}$$

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

$$\sigma_{\Sigma} =$$

$$\sqrt{S_{\text{случ}}^2 + \sigma_{\text{прибор}}^2 + \sigma_{\text{чит}}^2 + \sigma_{\text{окр}}^2 + \dots}$$

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) значащие¹ 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
$3,4874 \pm 0,17295$	$3,49 \pm 0,17$
$285,396 \pm 4,8329$	285 ± 5
$19,98281 \pm 0,8138$	$20,0 \pm 0,8$ <i>(нули должны быть указаны обязательно – это значащие цифры)</i>

- 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
$0,283984 \pm 0,006298$	$0,284 \pm 0,006$ или $(284 \pm 6) \cdot 10^{-3}$
$72903 \pm 384,53$	$(72,9 \pm 0,4) \cdot 10^3$
2374 ± 48	$(2,37 \pm 0,05) \cdot 10^3$

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) $20 \cdot 10^3$ - 2 значащие цифры, первая цифра - 2, вторая цифра - 0, нули, следующие из множителя 10^3 , не учитывают;