

## Виды погрешностей результатов измерений

Основание классификации	Виды погрешностей		
Способ выражения	Абсолютная		
	Относительная		
	Приведенная		
Источник возникновения	Инструментальная (средства измерения, приборная, аппаратурная)	Основная	Аддитивная Мультипликативная Содержащая аддитивную и мультипликативную составляющие
		Дополнительная	Аддитивная Мультипликативная Содержащая аддитивную и мультипликативную составляющие
	Методическая	Обусловленная использованием элементов экспериментальной установки с ненормированными характеристиками Обусловленная воздействием прибора на исследуемый объект Идеализации Вычислительная	
	Субъективная	Отсчета Интерполяции Реакции Измерительного усилия Промах	
По характеру проявления и способу учета в результирующей погрешности	Систематическая		
	Случайная		

### Общая схема обработки результатов

$$Y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

1. Провести необходимое число раз измерения величин  $x_1, x_2, \dots, x_k$ .
2. Просмотреть ряды измерений, явно сомнительные результаты (промахи) отбросить. В случае необходимости провести добавочные измерения.
3. Внести поправки на систематические ошибки (связанные с постоянно действующими причинами, например, сдвиг нуля шкалы, и т.п.).
4. Алгоритм расчета погрешностей результатов прямых измерений

А) Найти средние арифметические значения всех  $\langle x_i \rangle = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n}$

Б) Найти абсолютные погрешности отдельных измерений  $\Delta x_{ij} = \langle x_i \rangle - x_{ij}$

В) Вычислить среднеквадратичную погрешность серии измерений

$$S_{xi} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\Delta x_{ij})^2}{n(n-1)}}$$

Г) По заданной доверительной вероятности  $\alpha$  взять из таблицы значение коэффициента Стьюдента  $t_{\alpha n}$ , подсчитать величины случайных погрешностей  $\Delta x_{i,сл} = t_{\alpha n} \cdot S_{xi}$

Д) Определить инструментальные (приборные погрешности).

Е) Вычислить абсолютные погрешности серии измерений

$$\Delta x_i = \sqrt{(\Delta x_{i,сл})^2 + (\Delta x_{i,пр})^2}$$

Ж) Найти относительные погрешности величин  $x_i$ .  $\varepsilon_i = \frac{\Delta x_i}{\langle x_i \rangle} 100\%$

З) Записать результаты в виде:  $x_i = \langle x_i \rangle \pm \Delta x_i$

5. Если в расчетную формулу входят постоянные величины, то выбрать их с точностью на одну значащую цифру больше, чем в окончательном результате величины  $\langle x_i \rangle$ , измеренной наименее точно.

6. Подсчитать  $\langle Y \rangle$ , подставляя в расчетную формулу  $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$  средние значения  $\langle x_i \rangle$  и принятые значения констант.

7. Рассчитать погрешности  $Y$ .

Расчет погрешностей результатов косвенных измерений

$$\Delta Y = \sqrt{\left(\frac{df}{dx_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{df}{dx_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{df}{dx_k} \Delta x_k\right)^2}$$

Вид функции	Абсолютная погрешность
$Z = x + y$	$\Delta(x + y) = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$
$Z = x \cdot y$	$\Delta(xy) = \sqrt{(x\Delta y)^2 + (y\Delta x)^2}$
$Z = \frac{x}{y}$	$\Delta\left(\frac{x}{y}\right) = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{y}\right)^2 + \left(\frac{x\Delta y}{y^2}\right)^2}$
$Z = x^n$	$\Delta Z = nx^{n-1}\Delta x$
$Z = \sqrt[n]{x}$	$\Delta Z = \frac{\Delta x}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$
$Z = \frac{x_1^n x_2^m}{x_3^k}$	$\Delta Z = \sqrt{\left(\frac{nx_1^{n-1} x_2^m \Delta x_1}{x_3^k}\right)^2 + \left(\frac{mx_1^n x_2^{m-1} \Delta x_2}{x_3^k}\right)^2 + \left(\frac{kx_1^n x_2^m \Delta x_3}{x_3^{k+1}}\right)^2}$
$Z = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$	$\Delta Z = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x^2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{y^2}\right)^2}$
$Z = \frac{x \pm y}{x}$	$\Delta Z = \sqrt{\left(\frac{\Delta y}{x}\right)^2 + \left(\frac{y\Delta x}{x^2}\right)^2}$
$Z = \sin x$	$\Delta Z = \Delta x \cdot \cos x$
$Z = \cos x$	$\Delta Z = \Delta x \cdot \sin x$
$Z = \operatorname{tg} x$	$\Delta Z = \frac{\Delta x}{\cos^2 x}$
$Z = \lg x$	$\Delta Z = \frac{\Delta x}{x \cdot \ln 10} = \frac{\Delta x}{x} \lg e$

8. Окончательный результат записать в виде:

$$Y = \langle Y \rangle \pm \Delta Y$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta Y}{\langle Y \rangle} 100\%$$

**Литература для подготовки  
к экспериментальному туру олимпиады по физике:**

1. Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.Н. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. – М.: МЦНМО, 2009.
2. Всероссийские олимпиады по физике. 1992-2001: Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. – М.: Вербум – М, 2002.
3. Всероссийские олимпиады школьников по физике / Под ред. С.М. Козела. – М. Центр Ком, 1997.
4. Глейзер Л.Д., Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задачи на физических олимпиадах. – М.: Изд-во МНО, 1992.
5. Довнар Э.А., Курочкин Ю.А., Сидорович П.Н. Экспериментальные олимпиадные задачи по физике. – Минск: Нар. асвета, 1981.
6. Ланге В.Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку. – Наука, 1974.
7. Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные олимпиады по физике. Пособие для уч-ся 8-10 кл. сред. школы. – М.: Просвещение, 1982.
8. Физика. Всероссийские олимпиады. Вып. 1. / Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. – М.: Просвещение, 2008. – (Пять колец).
9. Физика. Всероссийские олимпиады. Вып. 2. / Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. – М.: Просвещение, 2009. – (Пять колец).
10. Слободянюк А.И. Физическая олимпиада: экспериментальный тур.
11. [www.phys.rusolymp.ru](http://www.phys.rusolymp.ru) – сайт Российских олимпиад
12. [www.physolymp.spb.ru](http://www.physolymp.spb.ru) – олимпиады по физике Санкт-Петербурга
13. [www.olympiads.mcsme.ru/mfo/](http://www.olympiads.mcsme.ru/mfo/) - Московские городские олимпиады школьников по физике
14. [www.belfo.org](http://www.belfo.org) – Белорусские олимпиады школьников по физике
15. [foxford.ru](http://foxford.ru) – библиотека курсов и олимпиад