

# ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Фамилия и номер группы.
2. Название лабораторной работы и ее номер.
3. Краткое теоретическое введение.
4. Принципиальная схема установки.
5. Спецификация измерительных приборов:
  - ♦ название прибора;
  - ♦ тип измеряемой величины;
  - ♦ система измерительного прибора;
  - ♦ пределы измерения;
  - ♦ цена деления;
  - ♦ класс точности прибора.
6. Перечень данных, указанных на установке.
7. Измерения, собранные в таблицу.
8. Пример расчета, сделанный по схеме:
  - ♦ расчетная формула;
  - ♦ подстановка численных значений в формулу;
  - ♦ последовательный расчет каждого члена формулы;
  - ♦ результат расчета;
  - ♦ размерность рассчитанной величины.
9. Расчет погрешности измерений:
  - ♦ определение случайных и систематических погрешностей отдельных измерений;
  - ♦ вывод расчетной формулы для ошибок и вычисление суммарной относительной и абсолютной погрешности результата измерений.
10. Графики, сделанные на миллиметровке (см. плакат «Построение графиков»).
11. Результаты и выводы лабораторной работы.
12. Дата оформления лабораторной работы и подпись студента.



# ОШИБКИ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемая величина:  $X$

Абсолютная ошибка величины:  $\Delta X$

Относительная ошибка величины:  $E = \Delta X / X$

**СЛУЧАЙНАЯ ОШИБКА:  $\Delta X_{\text{сл}}$**

**СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ  
ОШИБКА:  $\Delta X_{\text{сист}}$**

## ПРОЯВЛЕНИЕ ОШИБОК

При последовательных измерениях прибор дает разные результаты:  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

При последовательных измерениях прибор дает одинаковые результаты:  $X_1 = X_2 = X_3 = \dots = X_n$

## ОЦЕНКА ОШИБОК

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\Delta X_i = X_i - X_{\text{ср}} \quad \Delta X_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_i (\Delta X_i)^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta X_{\text{сл}} = \alpha_{n,p} \Delta X_{\text{кв}}$$

$\alpha_{n,p}$  – коэффициент Стьюдента

$n$  – число измерений

$p$  – доверительная вероятность

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10
$p=0,5$	0,82	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70
$p=0,7$	1,39	1,25	1,19	1,16	1,13	1,12	1,11	1,10
$p=0,9$	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,89	1,86	1,83

### Ошибки прибора:

- 1)  $\Delta X = \Delta X_{\text{приб}}$
- 2)  $\Delta X = 0,5$  деления шкалы
- 3)  $\Delta X = \Delta X_{\text{весов}}$  (минимальный разновес)

### Стрелочного прибора:

$$\Delta X = \frac{k}{100} A$$

$k$  – класс точности прибора

$A$  – максимальное значение измеряемой величины

### Ошибка константы:

половина единицы последнего значащего разряда. Например:

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2, \text{ то } \Delta g = 0,05 \text{ м/с}^2$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2, \text{ то } \Delta g = 0,005 \text{ м/с}^2$$

## ПРОЦЕСС ИЗМЕРЕНИЙ

Увеличение числа измерений уменьшает случайную погрешность

Систематическая ошибка не зависит от числа измерений

**В КАЧЕСТВЕ ИТОГОВОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБЫЧНО БЕРУТ:**

$$\Delta X = \sqrt{(\Delta X_{\text{сл}})^2 + (\Delta X_{\text{сист}})^2}$$

ДЛЯ ОЦЕНОК МОЖНО ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ФОРМУЛОЙ  $\Delta X = \text{MAX}\{\Delta X_{\text{сл}}, \Delta X_{\text{сист}}\}$

Целесообразно число измерений выбирать так, чтобы ошибка определялась точностью прибора, т.е. чтобы  $\Delta X_{\text{сл}}$  была много меньше  $\Delta X_{\text{сист}}$



# ОШИБКА КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Нахождение величины  $P=f(X, Y, Z)$ , являющейся функцией непосредственно измеряемых физических величин  $X, Y, Z$  называется косвенным измерением.

Абсолютная ошибка величины:  $\Delta P$

Относительная ошибка величины:  $E=\Delta P/P$

## ОЦЕНКА ОШИБКИ ПРИ КОСВЕННОМ ИЗМЕРЕНИИ

АБСОЛЮТНАЯ ОШИБКА	ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОШИБКА
$\Delta P = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial X} \Delta X\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Y} \Delta Y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Z} \Delta Z\right)^2}$	$E = \frac{\Delta P}{P} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial X} \Delta X\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial Y} \Delta Y\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial Z} \Delta Z\right)^2}$
Для оценок можно также пользоваться формулами	
$\Delta P = \left  \frac{\partial f}{\partial X} \Delta X \right  + \left  \frac{\partial f}{\partial Y} \Delta Y \right  + \left  \frac{\partial f}{\partial Z} \Delta Z \right $	$E = \frac{\Delta P}{P} = \left  \frac{\partial \ln f}{\partial X} \Delta X \right  + \left  \frac{\partial \ln f}{\partial Y} \Delta Y \right  + \left  \frac{\partial \ln f}{\partial Z} \Delta Z \right $

## ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ

ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ	КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
$X = X_{\text{ср}} \pm \Delta X,$ $\Delta X = \sqrt{(\Delta X_{\text{сл}})^2 + (\Delta X_{\text{сист}})^2}$	$P = P_{\text{ср}} \pm \Delta P,$ $\Delta P = E P_{\text{ср}}$

При записи погрешность округляется до одной значащей цифры (если это цифра 1, то до двух значащих цифр)

## ПРИМЕРЫ ЗАПИСЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

ВЕРНО	НЕВЕРНО
$r = (1,2 \pm 0,3) \times 10^3 \text{ кг/м}^3$	$r = (1,23 \pm 0,33) \times 10^3 \text{ кг/м}^3$
$t = (23,0 \pm 0,2) \text{ с}$	$t = (23,04 \pm 0,22) \text{ с}$
$A = 1280 \pm 70$	$A = 1278,3 \pm 67,94$
$l = (7,23 \pm 0,12) \text{ м}$	$l = (7,2 \pm 0,1) \text{ м}$
$m = (1,78 \pm 0,03) \text{ кг}$	$m = (1,783 \pm 0,029) \text{ кг}$



# ОШИБКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

## ЦИФРОВЫЕ ПРИБОРЫ

Если показания прибора, например,

1.453 В

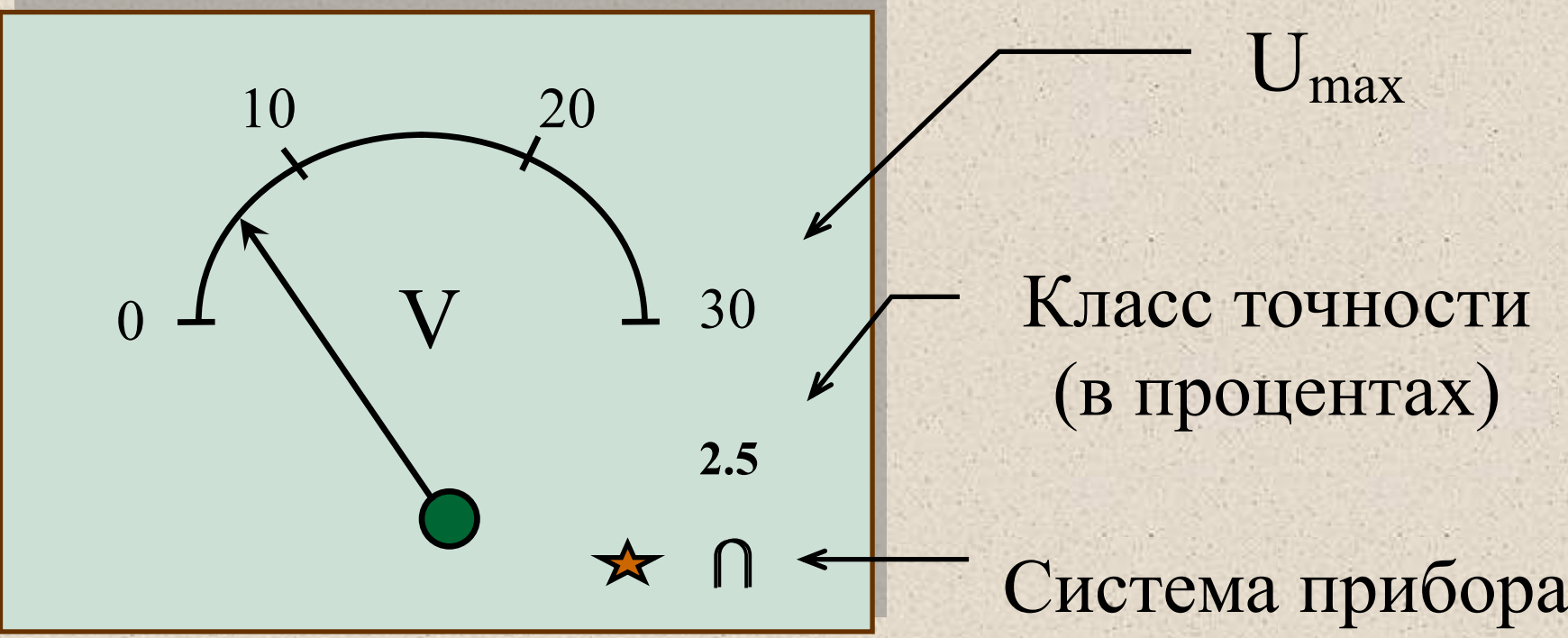
и с течением времени не изменяются, тогда **случайная ошибка** равна нулю, **приборная ошибка** равна половине единицы последнего разряда показания прибора. В приведенном примере абсолютная ошибка вольтметра:

Если показания прибора, например,

1.453 В

и различны при каждом последующем измерении, тогда **случайная ошибка** превышает **приборную ошибку**. Расчет случайной ошибки производится по стандартной методике (см. плакат «Ошибки прямых измерений»). Значения измеряемой величины записывают с точностью до разряда: 1,453 В; 1,457 В; 1,451 В и т. д.

## СТРЕЛОЧНЫЕ ПРИБОРЫ



### Относительная погрешность

$$E = \frac{\Delta U}{U} = \frac{(k/100) U_{\max}}{U}$$

$U$  — значение измеряемой величины

$\Delta U$  — абсолютная ошибка

$k$  — класс точности прибора

$U_{\max}$  — максимальное значение установленного предела измерений

В рассматриваемом примере:

$$E = \frac{\Delta U}{U} = \frac{(2,5/100) \times 30}{8} = 0,09$$

### Системы приборов

- магнитоэлектрическая
- электромагнитная
- электродинамическая
- тепловая
- электростатическая

## СПЕЦИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Тип измеряемой величины	Название прибора	Система прибора	Пределы измерений	Цена деления	Класс точности
напряжение	вольтметр		30 В	1 В	2,5

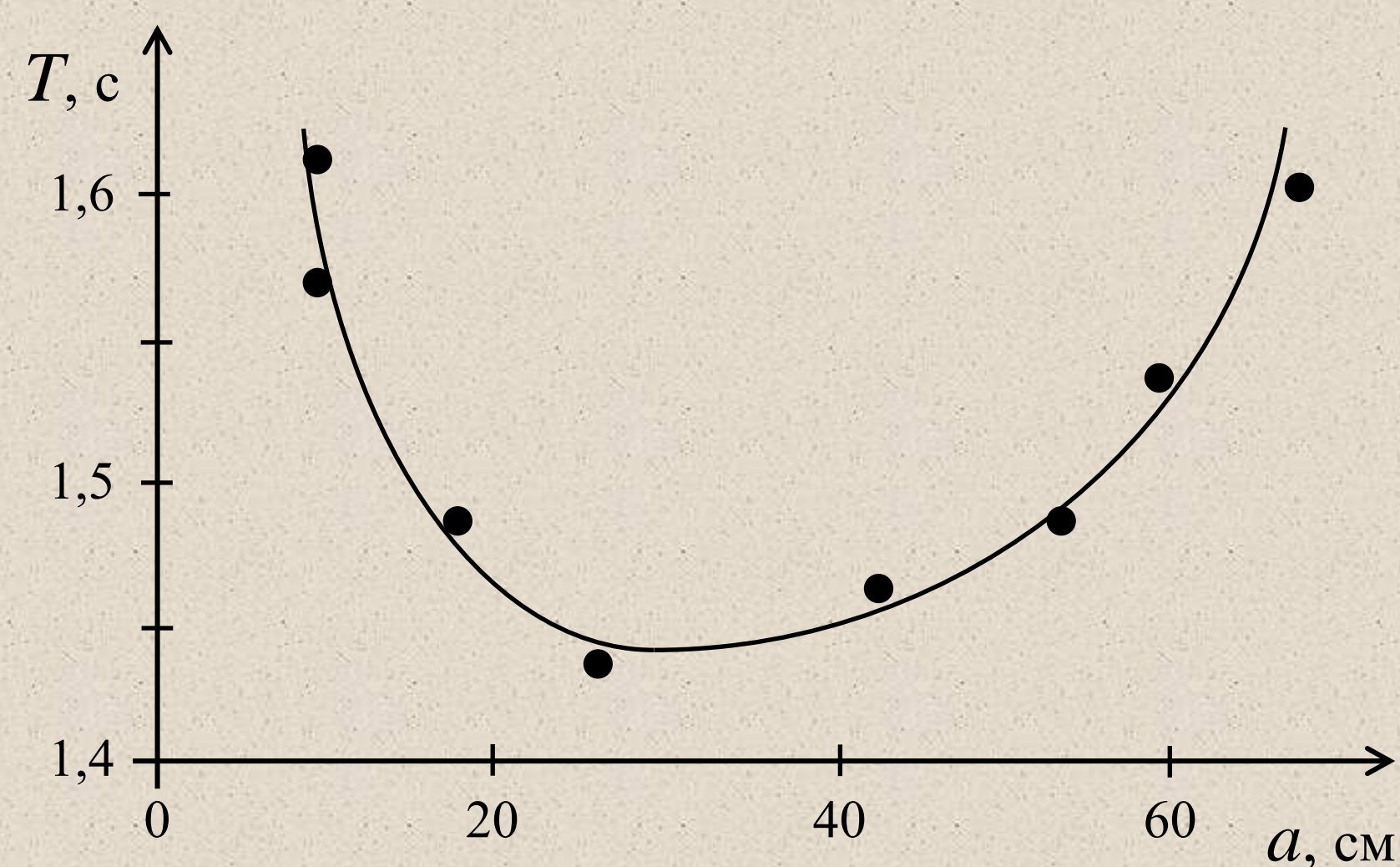


# ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ

1. Графики выполняются карандашом на миллиметровой бумаге размером с тетрадный лист.
2. Используется прямоугольная система координат с равномерной разметкой осей. Значения аргумента откладываются по оси X, а значения функции по оси Y.
3. Масштаб и начало координат выбираются так, чтобы экспериментальные точки располагались по всей площади рисунка.
4. Единица масштаба должна быть кратна  $1 \times 10^n$ ,  $2 \times 10^n$ ,  $3 \times 10^n$  и так далее, где  $n = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$
5. Рядом с осью дается буквенное обозначение, порядок и размерность физической величины.
6. Никаких линий и отметок, поясняющих построение точек на графике, наносить нельзя.

## ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ

**ВЕРНО**



**НЕВЕРНО**

