



ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ¹

Введение

Все, что сказано в этом введении, запоминать не нужно. Это справочный материал, к которому вы будете обращаться при выполнении лабораторных работ.

1. Как определять погрешности измерений

Выполнение лабораторных работ связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой их результатов.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений.

Прямое измерение — определение значения физической величины непосредственно средствами измерения.

Косвенное измерение — определение значения физической величины по формуле, связывающей ее с другими физическими величинами, определяемыми прямыми измерениями.

Введем следующие обозначения:

A, B, C, \dots — *физические величины*.

$A_{\text{пр}}$ — *приближенное значение физической величины*, т. е. значение, полученное путем прямых или косвенных измерений.

ΔA — *абсолютная погрешность измерения физической величины*.

ε — *относительная погрешность измерения физической величины*, равная:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_{\text{пр}}} \cdot 100\%.$$

$\Delta_{\text{и}} A$ — *абсолютная инструментальная погрешность*, определяемая конструкцией прибора (погрешность средств измерения; см. табл. 1).

$\Delta_{\text{о}} A$ — *абсолютная погрешность отсчета* (получающаяся от недостаточно точного отсчета показаний средств измерения); она равна в большинстве случаев половине цены деления, при измерении времени — цене деления секундомера или часов.

¹ Инструкции к лабораторным работам составлены А. Б. Долицким и А. З. Синяковым при участии Ю. И. Дика и Г. Г. Никифорова.

Таблица 1

**Абсолютные инструментальные погрешности
средств измерений**

№ п/п	Средства измерений	Предел измерения	Цена деления	Абсолютная инструментальная погрешность
1	Линейка			
	ученическая	до 50 см	1 мм	± 1 мм
	чертежная	до 50 см	1 мм	$\pm 0,2$ мм
	инструментальная (стальная)	20 см	1 мм	$\pm 0,1$ мм
	демонстрационная	100 см	1 см	$\pm 0,5$ см
2	Лента измерительная	150 см	0,5 см	$\pm 0,5$ см
3	Измерительный цилиндр	до 250 мм	1 мл	± 1 мл
4	Штангенциркуль	150 мм	0,1 мм	$\pm 0,05$ мм
5	Микрометр	25 мм	0,01 мм	$\pm 0,005$ мм
6	Динамометр учебный	4 Н	0,1 Н	$\pm 0,05$ Н
7	Весы учебные	200 г	—	$\pm 0,01$ г
8	Секундомер	0—30 мин	0,2 с	± 1 с за 30 мин
9	Барометр-анероид	720—780 мм рт. ст.	1 мм рт. ст.	± 3 мм рт. ст.
10	Термометр лабораторный	0—100 °С	1 °С	± 1 °С
11	Амперметр школьный	2 А	0,1 А	$\pm 0,05$ А
12	Вольтметр школьный	6 В	0,2 В	$\pm 0,15$ В

Максимальная абсолютная погрешность прямых измерений складывается из абсолютной инструментальной погрешности и абсолютной погрешности отсчета при отсутствии других погрешностей:

$$\Delta A = \Delta_{\text{и}} A + \Delta_{\text{о}} A.$$

Абсолютную погрешность измерения обычно округляют до одной значащей цифры ($\Delta A = 0,17 \approx 0,2$); числовое значение результата измерений округляют так, чтобы его последняя цифра оказалась в том же разряде, что и цифра погрешности ($A = 10,332 \approx 10,3$).

Результаты повторных измерений физической величины A , проведенных при одних и тех же контролируемых условиях и при использовании достаточно чувствительных и точных (с малыми погрешностями) средств измерения, обычно отличаются друг от друга. В этом случае $A_{\text{пр}}$ находят как среднее арифметическое значение всех измерений, а погрешность ΔA (ее называют случайной погрешностью) определяют методами математической статистики.

В школьной лабораторной практике такие средства измерения практически не используются. Поэтому при выполнении лабораторных работ необходимо определять максимальные погрешности измерения физических величин. Для получения результата достаточно одного измерения.

Относительная погрешность косвенных измерений определяется так, как показано в таблице 2.

Таблица 2

Формулы для вычисления относительной погрешности косвенных измерений

№ п/п	Формула для физической величины	Формула для относительной погрешности
1	$\left. \begin{aligned} A &= BCD \\ A &= \frac{B}{CD} \end{aligned} \right\}$	$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$
2		
3	$A = B + C$	$\varepsilon = \frac{\Delta B + \Delta C}{B + C}$
4	$A = B \sqrt{\frac{C}{D}}$	$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} + \frac{1}{2} \frac{\Delta D}{D}$

Абсолютная погрешность косвенных измерений определяется по формуле $\Delta A = A_{\text{пр}} \varepsilon$ (ε выражается десятичной дробью).

2. О классе точности электроизмерительных приборов

Для определения абсолютной инструментальной погрешности прибора надо знать его *класс точности*. Класс точности $\gamma_{\text{пр}}$ измерительного прибора показывает, сколько процентов составляет абсолютная инструментальная погрешность $\Delta_{\text{и}}A$ от всей шкалы прибора (A_{max}):

$$\gamma = \frac{\Delta_{\text{и}} A}{A_{\text{max}}} \cdot 100\%.$$

Класс точности указывают на шкале прибора или в его паспорте (знак % при этом не пишут). Существуют следующие классы точности электроизмерительных приборов: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4. Зная класс точности прибора ($\gamma_{\text{пр}}$) и всю его шкалу (A_{max}), определяют абсолютную погрешность $\Delta_{\text{и}}A$ измерения физической величины A этим прибором:

$$\Delta_{\text{и}} A = \frac{\gamma_{\text{пр}} A_{\text{max}}}{100}.$$

3. Как сравнивать результаты измерений

1. Записать результаты измерений в виде двойных неравенств:

$$\begin{aligned} A_{1\text{пр}} - \Delta A_1 < A_{1\text{пр}} < A_{1\text{пр}} + \Delta A_1, \\ A_{2\text{пр}} - \Delta A_2 < A_{2\text{пр}} < A_{2\text{пр}} + \Delta A_2. \end{aligned}$$

2. Сравнить полученные интервалы значений (рис. 17.1): если интервалы не перекрываются, то результаты неодинаковы; если перекрываются — одинаковы при данной относительной погрешности измерений.

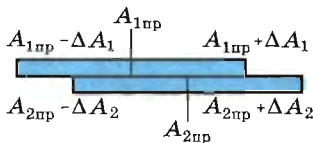


Рис. 17.1

4. Как оформлять отчет о проделанной работе

1. Лабораторная работа №
2. Наименование работы.
3. Цель работы.
4. Чертеж (если требуется).
5. Формулы искомых величин и их погрешностей.
6. Таблица результатов измерений и вычислений.
7. Окончательный результат, вывод и пр. (согласно цели работы).

5. Как записывать результат измерения

$$\begin{aligned} A &= A_{\text{пр}} \pm \Delta A, \\ \varepsilon &= \dots\% . \end{aligned}$$