

1. Проведите измерения и внесите экспериментальные данные в таблицы.

Таблица экспериментальных данных (штангенциркуль)

№ п/п	h_i , мм	$(h_i - \langle h \rangle)$, мм	$(h_i - \langle h \rangle)^2$, мм ²	d_i , мм	$(d_i - \langle d \rangle)$, мм	$(d_i - \langle d \rangle)^2$, мм ²
1						
2						
3						
4						
5						
	$\langle h \rangle$, мм	$\Sigma(h_i - \langle h \rangle)$, мм	$\Sigma(h_i - \langle h \rangle)^2$, мм ²	$\langle d \rangle$, мм	$\Sigma(d_i - \langle d \rangle)$, мм	$\Sigma(d_i - \langle d \rangle)^2$, мм ²
Итог						

Таблица экспериментальных данных (микрометр)

№ п/п	h_i , мм	$(h_i - \langle h \rangle)$, мм	$(h_i - \langle h \rangle)^2$, мм ²	d_i , мм	$(d_i - \langle d \rangle)$, мм	$(d_i - \langle d \rangle)^2$, мм ²
1						
2						
3						
4						
5						
	$\langle h \rangle$, мм	$\Sigma(h_i - \langle h \rangle)$, мм	$\Sigma(h_i - \langle h \rangle)^2$, мм ²	$\langle d \rangle$, мм	$\Sigma(d_i - \langle d \rangle)$, мм	$\Sigma(d_i - \langle d \rangle)^2$, мм ²
Итог						

2. Заполнение таблицы экспериментальных данных для **штангенциркуля**.

2.1. «Высота цилиндра h »

а) Расчет среднего значения «высоты цилиндра $\langle h \rangle$ »:

$$\langle h \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 h_i}{5} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{5} = \dots \text{ (мм)}$$

Результат внести в таблицу (2-ой столбик, нижняя строка).

б) Расчет «разницы между измеренными значениями и средним значением высоты цилиндра $(h_i - \langle h \rangle)$ »:

$$(h_1 - \langle h \rangle) = \dots, (h_2 - \langle h \rangle) = \dots, (h_3 - \langle h \rangle) = \dots, (h_4 - \langle h \rangle) = \dots, (h_5 - \langle h \rangle) = \dots$$

Внесите данные в таблицу (3-й столбик таблицы).

в) Расчет «суммы разницы между измеренными значениями и средним значением высоты цилиндра $\Sigma(h_i - \langle h \rangle)$ »:

$$\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle) = \dots \text{ (мм)} - \text{просуммируете пять полученных значений из 3-го столбика таблицы.}$$

Результат внести в таблицу (3-й столбик, нижняя строка).

Примечание: должен получиться «0».

г) Расчет «квадрата разницы между измеренными значениями и средним значением высоты цилиндра $(h_i - \langle h \rangle)^2$ »: пять чисел из 3-го столбика таблицы возведите в квадрат и запишите в 4-ый столбик таблицы.

д) Расчет «суммы квадратов разницы между измеренными значениями и средним значением высоты цилиндра $\Sigma(h_i - \langle h \rangle)^2$ »:

$\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2 = \dots$ (мм²) – просуммируете пять полученных значений из 4-го столбика таблицы.

Результат внести в таблицу (4-й столбик, нижняя строка).

2.2. Аналогично для «диаметра цилиндра d »

$$\text{а) } \langle d \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 d_i}{5} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5} = \dots \text{ (мм)}$$

Результат внести в таблицу (5-ой столбик, нижняя строка).

$$\text{б) } (d_1 - \langle d \rangle) = \dots, (d_2 - \langle d \rangle) = \dots, (d_3 - \langle d \rangle) = \dots, (d_4 - \langle d \rangle) = \dots, (d_5 - \langle d \rangle) = \dots$$

Внесите данные в таблицу (6-й столбик таблицы).

в) $\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle) = \dots$ (мм) – просуммируете пять полученных значений из 6-го столбика таблицы. Результат внести в таблицу (6-й столбик, нижняя строка).

Примечание: должен получиться «0».

г) Расчет «квадрата разницы между измеренными значениями и средним значением диаметра цилиндра $(d_i - \langle d \rangle)^2$ »: пять чисел из 6-го столбика таблицы возведите в квадрат и запишите в 7-ый столбик таблицы.

д) $\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2 = \dots$ (мм²) – просуммируете пять полученных значений из 7-го столбика таблицы. Результат внести в таблицу (7-й столбик, нижняя строка).

3. Аналогично заполните таблицу экспериментальных данных для **микрометра**.

4. Оценка погрешности при прямых измерениях «высоты цилиндра h » для **штангенциркуля**.

а) оценка систематической погрешности:

$c = \dots$ (мм) – цена деления штангенциркуля (указано на штангенциркуле – 0,1 или 0,05 мм)

$$\Delta_c = k \frac{c}{2} = 1,1 \cdot \frac{c}{2} = \dots$$

б) оценка случайной погрешности:

Из нижней строки 4-го столбика таблицы берем значение $\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2 = \dots$ (мм²) и считаем

$$\sigma_{cl} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{5 \cdot (5-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{20}} = \dots \text{ (мм)}$$

$$\Delta_{cl} = t_c \sigma_{cl} = 2,78 \cdot \sigma_{cl} = \dots \text{ (мм)}$$

в) оценка полной абсолютной погрешности «высоты цилиндра»

$$\Delta h = \sqrt{\Delta_c^2 + \Delta_{cl}^2} = \dots \text{ (мм)}$$

г) оценка относительной погрешности «высоты цилиндра»

$$\delta_h = \frac{\Delta h}{\langle h \rangle} \cdot 100\% = \dots \%$$

д) запись результатов измерения «высоты цилиндра» при помощи **штангенциркуля**:

$$h = \langle h \rangle \pm \Delta h \text{ (мм)}, \quad \delta_h = \dots \%, \quad P = 0,95$$

Пример записи: $h = 21,51 \pm 0,27 \text{ (мм)}, \quad \delta_h = 1,3 \%, \quad P = 0,95$

5. Оценка погрешности при прямых измерениях «диаметра цилиндра d » для **штангенциркуля**.

б) Из нижней строки 7-го столбика таблицы берем значение $\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2 = \dots \text{ (мм}^2\text{)}$ и считаем

$$\sigma_{cl} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2}{20}} = \dots \text{ (мм)}$$

$$\Delta_{cl} = t_c \sigma_{cl} = 2,78 \cdot \sigma_{cl} = \dots \text{ (мм)}$$

в) $\Delta d = \sqrt{\Delta_c^2 + \Delta_{cl}^2} = \dots \text{ (мм)}$ (значение Δ_c берем из п.4а).

$$\text{г) } \delta_d = \frac{\Delta d}{\langle d \rangle} \cdot 100\% = \dots \%$$

д) запись результатов измерения «диаметра цилиндра» при помощи **штангенциркуля**:

$$d = \langle d \rangle \pm \Delta d \text{ (мм)}, \quad \delta_d = \dots \%, \quad P = 0,95$$

6. Оценка погрешности при косвенных измерениях «объема цилиндра V » для **штангенциркуля**.

а) расчет «объема цилиндра» (в формулу подставляются средние значения диаметра $\langle d \rangle$ и высоты $\langle h \rangle$ цилиндра из таблицы для штангенциркуля):

$$\langle V \rangle = \frac{\pi \langle d \rangle^2}{4} \langle h \rangle = \dots \text{ (мм}^3\text{)}$$

б) расчет относительной погрешности «объема цилиндра» (данные для расчета берутся из пунктов 4г и 5г в процентах):

$$\delta_V = \sqrt{(2 \cdot \delta_d)^2 + (1 \cdot \delta_h)^2} = \dots \%$$

в) расчет абсолютной погрешности «объема цилиндра»:

$$\Delta V = \frac{\delta_V}{100\%} \cdot \langle V \rangle = \dots \text{ (мм}^3\text{)}$$

г) запись результатов расчета «объема цилиндра» для **штангенциркуля**:

$$V = \langle V \rangle \pm \Delta V \text{ (мм}^3\text{)}, \quad \delta_V = \dots \%, \quad P = 0,95$$

Аналогично для **микрометра**:

7. Оценка погрешности при прямых измерениях «высоты цилиндра h » для **микрометра**.

а) оценка систематической погрешности:

$c = 0,01$ (мм) – цена деления микрометра

$$\Delta_c = k \frac{c}{2} = 1,1 \cdot \frac{0,01}{2} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ (мм)}$$

б) оценка случайной погрешности:

Из нижней строки 4-го столбика таблицы берем значение $\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2 = \dots$ (мм²) и считаем

$$\sigma_{cl} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{5 \cdot (5-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{20}} = \dots \text{ (мм)}$$

$$\Delta_{cl} = t_c \sigma_{cl} = 2,78 \cdot \sigma_{cl} = \dots \text{ (мм)}$$

в) оценка полной абсолютной погрешности «высоты цилиндра»

$$\Delta h = \sqrt{\Delta_c^2 + \Delta_{cl}^2} = \dots \text{ (мм)}$$

г) оценка относительной погрешности «высоты цилиндра»

$$\delta_h = \frac{\Delta h}{\langle h \rangle} \cdot 100\% = \dots \%$$

д) запись результатов измерения «высоты цилиндра» при помощи **микрометра**:

$$\Delta h = \langle h \rangle \pm \Delta h \text{ (мм)}, \quad \delta_h = \dots \%, \quad P = 0,95$$

8. Оценка погрешности при прямых измерениях «диаметра цилиндра d » для **микрометра**.

б) Из нижней строки 7-го столбика таблицы берем значение $\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2 = \dots$ (мм²) и считаем

$$\sigma_{cl} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_i - \langle d \rangle)^2}{20}} = \dots \text{ (мм)}$$

$$\Delta_{cl} = t_c \sigma_{cl} = 2,78 \cdot \sigma_{cl} = \dots \text{ (мм)}$$

в) $\Delta d = \sqrt{\Delta_c^2 + \Delta_{cl}^2} = \dots$ (мм) (значение Δ_c берем из п.7а).

$$\text{г) } \delta_d = \frac{\Delta d}{\langle d \rangle} \cdot 100\% = \dots \%$$

д) запись результатов измерения «диаметра цилиндра» при помощи **микрометра**:

$$\Delta d = \langle d \rangle \pm \Delta d \text{ (мм)}, \quad \delta_d = \dots \%, \quad P = 0,95$$

9. Оценка погрешности при косвенных измерениях «объема цилиндра V » для **микрометра**.

$$\text{а) } \langle V \rangle = \frac{\pi \langle d \rangle^2}{4} \langle h \rangle = \dots \text{ (мм}^3\text{)}$$

б) расчет относительной погрешности «объема цилиндра» (данные для расчета берутся из пунктов 7г и 8г в процентах):

$$\delta_V = \sqrt{(2 \cdot \delta_d)^2 + (1 \cdot \delta_h)^2} = \dots \%$$

в) расчет абсолютной погрешности «объема цилиндра»:

$$\Delta V = \frac{\delta_V}{100\%} \cdot \langle V \rangle = \dots \text{ (мм}^3\text{)}$$

г) запись результатов расчета «объема цилиндра» для *микрометра*:

$$V = \langle V \rangle \pm \Delta V \text{ (мм}^3\text{)}, \delta_V = \dots \%, P = 0,95$$

10. Записать вывод о проделанной работе и полученные результаты:

Пример:

Вывод: в ходе выполнения данной лабораторной работы на примере объекта цилиндрической формы я изучил (изучила) порядок оценки погрешности при прямых и косвенных измерениях физических величин, а также ознакомился (ознакомилась) с устройством и принципом действия простейших измерительных приборов (штангенциркуль и микрометр).

По результатам проделанной работы мною получены следующие данные:

Для *штангенциркуля*:

$$h = \langle h \rangle \pm \Delta h \text{ (мм)}, \delta_h = \dots \%, P = 0,95$$

$$\Delta d = \langle \Delta d \rangle \pm \Delta d \text{ (мм)}, \delta_d = \dots \%, P = 0,95$$

$$V = \langle V \rangle \pm \Delta V \text{ (мм}^3\text{)}, \delta_V = \dots \%, P = 0,95$$

Для *микрометра*:

$$h = \langle h \rangle \pm \Delta h \text{ (мм)}, \delta_h = \dots \%, P = 0,95$$

$$\Delta d = \langle \Delta d \rangle \pm \Delta d \text{ (мм)}, \delta_d = \dots \%, P = 0,95$$

$$V = \langle V \rangle \pm \Delta V \text{ (мм}^3\text{)}, \delta_V = \dots \%, P = 0,95$$

Примечание:

1) при записи окончательных результатов полученные числа округлять, оставляя **не более** двух значащих цифр (например, $0,0234522 \approx 0,023$ – если первое значащее число меньше «4» или $0,05834522 \approx 0,06$ – если первое значащее число больше или равно «4»)

2) при записи результатов расчета полученные числа округлять, оставляя на одно значащее число больше, чем при записи окончательного результата (например, $0,0234522 \approx 0,0234$ – если первое значащее число меньше «4» или $0,05834522 \approx 0,058$ – если первое значащее число больше или равно «4»)