

Лабораторная работа № 1

ПРОСТЕЙШИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Цель работы: ознакомиться с устройством и проведением измерений с помощью штангенциркуля и микрометра; освоить математическую обработку результатов измерений.

Приборы и принадлежности.

1. Штангенциркуль.
2. Микрометр.
3. Плоская пластина.
4. Проволока.

1 ВВЕДЕНИЕ

Линейный нониус

Линейным нониусом называется маленькая линейка с делениями, которая может скользить вдоль большой линейки также с делениями, называемой *масштабом* (рисунок 1.1).

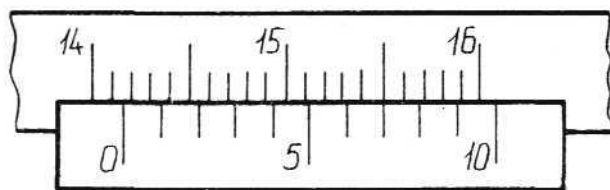


Рисунок 1.1 – Нониус

Деления на нониусе наносятся обычно так, что одно деление нониуса составляет $\frac{m-1}{m} = 1 - \frac{1}{m}$ делений масштаба, где m – число делений нониуса. Именно это позволяет, пользуясь нониусом, производить отсчеты с точностью до $1/m$ части наименьшего

деления масштаба. Пусть расстояние между соседними штрихами масштаба равно y , а между соседними штрихами нониуса – x .

Можно написать, что $x = y - (y/m)$, откуда получаем

$$mx = (m - 1) y.$$

Величина

$$\Delta x = y - x = y/m \quad (1.1)$$

носит название *точности нониуса*, она определяет максимальную погрешность нониуса.

В любом положении нониуса относительно масштаба одно из делений нониуса совпадает с каким-либо делением масштаба. Отсчет по нониусу основан на способности глаза фиксировать это совпадение делений нониуса и масштаба.

2 ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ

Описание штангенциркуля. Штангенциркуль состоит из разделенной на миллиметры масштабной линейки, вдоль которой может перемещаться перпендикулярная к его длине ножка с зажимным винтом, служащим для ее фиксирования. Отсчетным приспособлением у всех конструкций штангенциркулей служит шкала штанги и линейный нониус. При нулевом показании инструмента нули нониуса и масштабной линейки совпадают. Измеряемая деталь зажимается между губками штангенциркуля и производится отсчет. Так как ножка, а следовательно, нуль нониуса, переместилась на длину детали, по масштабной линейке отсчитывают целое число миллиметров до нуля нониуса и смотрят, какое деление нониуса совпадает с некоторым делением масштабной линейки. Измерение обычно повторяют не менее пяти раз.

Штангенциркули рассчитаны на измерение длины, не превышающей 25–30 см, с точностью от 0,10 до 0,05 мм. Для измерения внутренних размеров штангенциркуль снабжен еще одной парой ножек.

2.1 Рабочее задание

1. Изучить устройство и методику измерения с помощью штангенциркуля.
2. Измерить толщину плоской пластины, повторив не менее пяти раз.
3. Провести обработку результатов измерений, в соответствии с теорией погрешностей, и заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

№	$l_i, \text{мм}$	$\langle l \rangle, \text{мм}$	$\Delta l_i, \text{мм}$	$\langle \Delta l \rangle, \text{мм}$	$\varepsilon, \%$
1	6.5				
2	6.3				
3	6.6				
4	6.5				
5	6.4				

Контрольные вопросы

1. Что значит измерить физическую величину?
2. Какие ошибки называются систематическими, случайными и грубыми (промахами)?
3. Какие измерения называются прямыми и косвенными?
4. Как правильно записать результат измерения физических величин?
5. Как рассчитываются среднее арифметическое значение физической величины и абсолютные погрешности отдельных измерений?
6. Как определяется доверительная граница погрешности измерений?
7. Что такое достоверность (вероятность) результата измерений?
8. Как представить полный результат измерений?

Лабораторная работа № 2

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Цель работы: определить плотности жидкостей и твердых тел произвольной формы; освоить методики обработки результатов косвенных измерений.

Приборы и принадлежности.

1. Штангенциркуль или микрометр.
2. Весы с разновесками.
3. Пикнометр.
4. Сообщающиеся сосуды.
5. Пипетки.
6. Дистиллированная вода.
7. Образцы твердых тел правильной и неправильной формы.
8. Несмешивающаяся с водой жидкость.

1 ВВЕДЕНИЕ

Плотностью вещества называется физическая величина, равная отношению массы тела к его объему

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (2.1)$$

где m и V – соответственно масса и объем тела. В системе СИ единицей измерения плотности является кг/м^3 .

Формула (2.1) справедлива лишь для однородных тел. В неоднородных телах плотность различных участков различна. В этом случае выбирают малый объем ΔV , внутри которого тело можно считать однородным и вычисляют плотность по формуле

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}.$$

Переходя к пределу, получим:

$$\rho = \frac{dm}{dV}.$$

Определение плотности по формуле (2.1) сводится к определению массы тела и его объема. Массу тела можно определить путем его взвешивания. Непосредственно измерить объем тела сложной формы не всегда удастся, поэтому поступают так: тело взвешивают в воде и, пользуясь законом Архимеда, определяют массу воды, вытесненную телом; зная плотность воды, вычислением находят объем. Для точных вычислений плотность воды соответствующей температуры берется из таблиц.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ

1. Масса тела определяется взвешиванием его на рычажных весах. Перед взвешиванием необходимо проверить установку нуля весов. Взвешиваемое тело кладется на левую чашку весов, а разновески на правую, постепенно переходя от более крупных к более мелким. Взвешивание провести не менее трех раз.

2. После взвешивания нужно измерить геометрические размеры a , b и c тела штангенциркулем или микрометром. Измерения следует проводить не менее трех раз.

3. Заполнить таблицу 2.1.

4. По средним значениям геометрических размеров и массы тела найти его плотность.

5. Определить среднее значение плотности по формуле

$$\langle \rho \rangle = \frac{\langle m \rangle}{\langle v \rangle}. \quad (2.2)$$

6. Определить относительную погрешность по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{\langle m \rangle} + \frac{\Delta a}{\langle a \rangle} + \frac{\Delta b}{\langle b \rangle} + \frac{\Delta c}{\langle c \rangle}, \quad (2.3)$$

где Δm , Δa , Δb , Δc – цена деления измерительных приборов (инструментов).

7. Определить среднее значение абсолютной погрешности по формуле

$$\langle \Delta \rho \rangle = \varepsilon \langle \rho \rangle. \quad (2.4)$$

8. Результаты измерений записать в виде:

$$\rho_{уст} = \langle \rho \rangle \pm \langle \rho \rangle; \quad \varepsilon = \dots \%. \quad (2.5)$$

Таблица 2.1 – Результаты измерений

№	$m, \text{ кг}$	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$\langle \rho \rangle, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\langle \Delta \rho \rangle, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\varepsilon, \%$
1							
2							
3							

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ ПИКНОМЕТРОМ

Пикнометр представляет собой сосуд определенного неизменного объема; обычно это – небольшой стеклянный сосуд с кольцевой меткой на узкой шейке. В зависимости от назначения, пикнометры имеют разнообразную форму. Методом пикнометра можно с большой точностью определить плотность твердых тел неправильной формы, или когда они находятся в измельченном (порошкообразном) состоянии: песок, соль, каменный уголь и т. д.

Для измерения плотности твердых тел в пикнометр наливается такая жидкость, в которой вещество тела не растворяется. В процессе измерений необходимо выполнить несколько взвешиваний в ниже следующем порядке.

1. Наполнить пикнометр жидкостью (водой) до метки и, взвесив пикнометр, записать массу m_2 .

2. Опустить в пикнометр кусочки исследуемого твердого тела и, взвесив пикнометр, записать массу m_3 .

3. Удалить из пикнометра избыток жидкости (воды), который поднялся над меткой пикнометра при опускании твердого тела. Объем удаленной воды будет равен объему твердого тела. Взвесив пикнометр с содержимым снова, записать их массу m_4 . Масса исследуемого тела равна разности

$$m_T = m_3 - m_2 . \quad (2.6)$$

4. Объем тела равен

$$V_T = \frac{(m_3 - m_4)}{\rho} , \quad (2.7)$$

где ρ – плотность жидкости (воды) при температуре опыта.

Плотность воды при $t = 20^\circ\text{C}$ равна $998,2 \text{ кг/м}^3$.

5. Плотность исследуемого твердого тела определяется по формуле

$$\rho_T = \frac{m_T}{V_T} = \frac{(m_3 - m_2)}{(m_3 - m_4)} \rho . \quad (2.8)$$

Если пикнометр наполняется не водой, а другой жидкостью, то в формуле (2.8) ρ – плотность соответствующей жидкости.

Измерения провести не менее трех раз, и результаты занести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты измерений

№	$m_2, \text{ кг}$	$m_3, \text{ кг}$	$m_4, \text{ кг}$	$\rho_{\partial}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\langle \rho_{\partial} \rangle, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\langle \Delta \rho_{\partial} \rangle, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\varepsilon, \%$
1							
2							
3							

7. Найти среднеарифметическое значение измеренной плотности твердого тела

$$\langle \rho_{\partial} \rangle = \frac{\rho_{\partial 1} + \rho_{\partial 2} + \rho_{\partial 3}}{3} . \quad (2.9)$$

8. Найти абсолютные погрешности отдельных измерений и их среднеарифметическое значение:

$$\Delta\rho_{\dot{\alpha}i} = \rho_{\dot{\alpha}i} - \langle \rho_{\dot{\alpha}} \rangle, \quad (2.10)$$

$$\langle \Delta\rho \rangle = \frac{|\Delta\rho_{\dot{\alpha}1}| + |\Delta\rho_{\dot{\alpha}2}| + |\Delta\rho_{\dot{\alpha}3}|}{3}. \quad (2.11)$$

9. Найти относительную погрешность измерений:

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta\rho_{\dot{\alpha}} \rangle}{\langle \rho_{\dot{\alpha}} \rangle} 100\%. \quad (2.12)$$

10. Результаты измерений записать в виде:

$$\rho = \langle \rho_{\dot{\alpha}} \rangle \pm \langle \Delta\rho_{\dot{\alpha}} \rangle, \quad \varepsilon = \dots\%.$$

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ ПИКНОМЕТРОМ

Для определения плотности жидкости необходимо провести следующие измерения не менее трех раз.

1. Взвесить пустой пикнометр и записать его массу m_1 .
2. Наполнить пикнометр водой до метки и, взвесив, записать массу m_2 .
3. Освободив пикнометр от воды, наполнить его исследуемой жидкостью до метки и, взвесив, записать массу m_3 .
4. Плотность исследуемой жидкости определяется по формуле

$$\rho_{\alpha} = \frac{(m_3 - m_1)\rho_{\hat{a}}}{(m_2 - m_1)}. \quad (2.13)$$

5. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица 2.3 –Результаты измерений

№	$m_1, \text{ кг}$	$m_2, \text{ кг}$	$m_3, \text{ кг}$	$\rho_{\text{ж}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
1				
2				
3				

6. По формулам (2.9)–(2.12) найти среднее значение плотности жидкости и соответствующие погрешности.

7. Результаты измерений записать в виде:

$$\rho = (< \rho_{\text{ж}} > \pm < \Delta \rho_{\text{ж}} >), \text{ кг/м}^3 \quad \varepsilon = \dots \%$$

Контрольные вопросы

1. Каков физический смысл массы? Что такое плотность?
2. В чем заключается метод определения плотности твердых тел и жидкостей методом пикнометра?
3. Как определяется объем тела правильной формы?
4. Как можно определить объем тела неправильной формы?