

ГОУ ВПО “Ярославский государственный педагогический
университет им. К. Д. Ушинского”

Кафедра общей физики
Лаборатория механики

Лабораторная работа № 1.
Определение плотности
твёрдых тел правильной
геометрической формы

Ярославль
2010

Оглавление

1. Описание приборов	3
2. Вывод рабочих формул	5
3. Выполнение работы	6
3.1. Источники возможных ошибок	7
3.2. Содержание отчёта	8
4. Контрольные вопросы	8
5. Литература	9

Лабораторная работа № 1

Определение плотности твёрдых тел правильной геометрической формы

Цель работы: освоение измерительных приборов, определение плотности.

Приборы и принадлежности: технические и аналитические весы, штангенциркуль, микрометр, измеряемые тела.

1. Описание приборов

1. Технические весы применяются для измерения массы тел с точностью до 0,1 г. Основной частью технических весов является рычаг (коромысло), на концах которого на призмах подвешены чашки. Середина рычага с помощью стальной призмы опирается на пластинку, укрепленную наверху колонки и связанную с арретиром. С помощью арретира поднимают коромысло весов или опускают его на опоры, предохраняющие призмы весов от изнашивания. В нерабочем состоянии и в процессе нагрузки или снятия грузов с чашек коромысло весов должно быть опущено. Для грубой проверки равновесия весов при взвешивании коромысло слегка приподнимается. **Освободить от арретира полностью можно только уравновешенные весы.** Перед взвешиванием необходимо с помощью установочных винтов и отвеса обеспечить вертикальную установку колонки, а при помощи регулировочных гаек добиться равновесия ненагруженных весов.

2. Штангенциркуль служит для измерения линейных размеров тел с точностью до 0,1–0,05 мм. Штангенциркуль состоит из стальной линейки с миллиметровой шкалой, вдоль которой может перемещаться небольшая дополнительная линейка с делениями, называемая **нониусом**.

Число целых **миллиметров** отсчитывается по основной шкале, доли — по шкале нониусов. Рассмотрим процесс измерения с помощью нониуса, который устроен так, чтобы суммарная длина делений была равна $(n - 1)$ делениям основной шкалы. Например, на рис. 1.1 десять делений нониуса соответствуют девяти делениям основной шкалы.

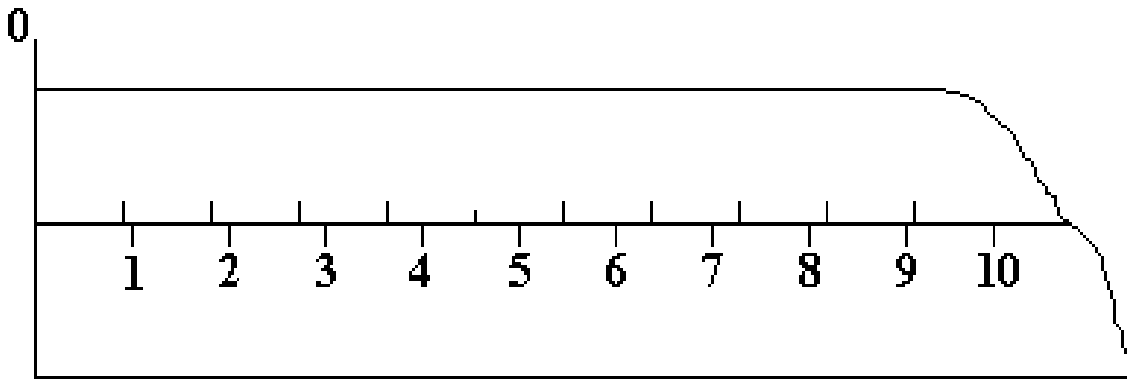


Рис. 1.1

$$(n - 1)y = nx,$$

где x — цена деления нониуса,
 y — цена деления основной шкалы,
 n — число делений шкалы нониуса;

отсюда
$$x = \frac{(n - 1)}{n} \cdot y;$$

разность $y - x = \frac{y}{n}$ называется точностью нониуса.

Точность нониуса обычно указывается на нём. Измеряемое тело помещается между нулевыми делениями основной шкалы и шкалы нониуса. В общем случае конец измеряемого тела окажется между $K - m$ и $(K + 1) - m$ делением основной шкалы, а m деление нониуса совпадает с каким-либо делением основной шкалы.

Тогда длина тела определяется по формуле:

$$L = Ky + m \frac{y}{n}.$$

Таким образом, длина измеряемого отрезка равна числу содержащихся в нём целых делений основной шкалы плюс точность нониуса, умноженная на номер деления нониуса, совпадающего с некоторым делением шкалы. Если полного совпадения одного из делений нониуса с делением шкалы нет, то берут номер деления нониуса, которое ближе всего подходит к какому-либо делению шкалы. При этом допускается погрешность, равная половине цены деления нониуса.

Аналогично определяется длина штангенциркулем, точность которого равна 0,05 мм (шкала нониуса имеет 20 делений).

2. Вывод рабочих формул

3. Микрометр применяется для измерения небольших линейных размеров тел с точностью до 0,01 мм и состоит из массивной стальной скобки, на одном конце которой находится неподвижный упор, на другой — микрометрический винт, вращающийся в неподвижной втулке с внутренней резьбой. Вместе с винтом перемещается насаженный на винт барабан с делениями.

При достижении достаточного нажима винта на упор или на измеряемое тело начинается проскальзывание трещётки относительно винта, сопровождающиеся треском. **Дальше вращать винт НЕЛЬЗЯ!** Шаг винта у большинства микрометров равен 0,5 мм. На шкале барабана нанесено 50 делений. При полном обороте винта перемещается поступательно на 0,5 мм. Следовательно, при обороте винта на одно деление барабана смещение винта относительно упора равно 0,01 мм. Шкала полных оборотов нанесена на втулке по обе стороны от продольного штриха, внизу — целые миллиметры, вверху — полумиллиметры. Сотые доли миллиметра отсчитываются по шкале барабана. Измеряемый предмет помещается между измерительными поверхностями неподвижного упора и винта. Затем производится отсчёт: к числу миллиметров и полумиллиметров, выступающих из-под среза барабана, прибавляются сотые доли миллиметра, отсчитанные по круговой шкале.

Перед началом измерения необходимо привести к соприкосновению винт и упор и проверить получается ли в этом случае по обеим шкалам нулевой отсчёт. В случае небольших неточностей начальный отсчёт следует учесть при записи окончательного результата. При грубых отклонениях микрометр должен быть отрегулирован.

2. Вывод рабочих формул

Плотностью вещества называется масса единицы объема вещества:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m — масса,
 V — объем.

Измеряемыми телами служат полый и сплошной цилиндры, шар и пластинка. Плотность полого цилиндра:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi\ell(D^2 - d^2)}, \quad (2.1)$$

где ℓ — высота цилиндра,
 m — масса,
 D и d — наружный и внутренний диаметры основания.

Плотность сплошного цилиндра:

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 \ell}, \quad (2.2)$$

где ℓ — высота,
 m — масса,
 d — диаметр основания.

Плотность пластинки:

$$\rho = \frac{m}{abc}, \quad (2.3)$$

где a, b, c — линейные размеры.

Плотность шара:

$$\rho = \frac{6m}{\pi \cdot D^3}, \quad (2.4)$$

где D — диаметр шара.

3. Выполнение работы

1. Ознакомиться с устройством измерительных приборов.
2. Перед началом измерений проверить правильность установки и равновесие весов, нулевые отчёты штангенциркуля и микрометра, установить погрешность приборов.
3. Проведя несколько предварительных измерений, научиться работать с приборами.
4. Измерить массу тел. Взвешивание каждого производится один раз. Абсолютная ошибка при взвешивании массы Δm равна половине точности весов.

3. Выполнение работы

- Измерить 5-7 раз в нескольких местах линейные размеры тел, указанных преподавателем; малые размеры — микрометром, остальные штангенциркулем. Результаты измерений занести в таблицы (табл. 1) для каждого тела.
- Рассчитать в каждой строке таблиц значения плотности тел ρ_i , найти их сумму и среднее значение плотности $\bar{\rho}$.
- Найти абсолютные погрешности расчетов плотности $\Delta\rho_i$, возвести каждое значение в квадрат и просуммировать их.
- Провести обработку результатов с помощью коэффициентов Стьюдента и записать результаты для каждого тела в виде:

$$\rho_{\text{эксп}} = \bar{\rho} \pm \Delta\rho_{\text{дов}}; \quad \mathcal{E} = \pm \frac{\rho_{\text{дов}}}{\bar{\rho}} \cdot 100\%; \quad \text{при надежности } \alpha = \dots$$

- Сравнить полученные значения с табличными.

Таблица 1

№ измерения	м	м	м	m кг	ρ_i кг/м ³	$\Delta\rho_i$ кг/м ³	$(\Delta\rho_i)^2$ (кг/м ³) ²
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
Сумма	X	X	X	X		X	
Среднее	X	X	X	X		X	X

3.1. Источники возможных ошибок

- Отсутствие равновесия ненагруженных весов.
- Грубое обращение с весами в процессе взвешивания.

3. Чрезмерное усилие зажима измеряемого образца при вращении микрометрического винта.
4. При измерениях микрометром не учтён начальный отсчёт или не учтена $\frac{1}{2}$ деления по верхней шкале микрометрического винта.

3.2. Содержание отчёта

Формулы для расчёта плотности, таблицы результатов измерений и вычислений, выводы о достоверности полученных значений.

4. Контрольные вопросы

1. Как устроен каждый из измерительных приборов?
2. Что такое нониус и как измерять длины с его помощью?
3. Какова точность измерения штангенциркулем, микрометром, аналитическими и техническими весами, применяемыми в работе?
4. Каковы пределы измерения данных приборов?
5. Как определяется абсолютная погрешность прямых измерений: при однократных опытах? многократных опытах?
6. Как оценить погрешность косвенных измерений?
7. Совпадают ли между собой — в пределах ошибок результаты измерений одного и того же тела, проведённые на различных участках?
8. Как можно установить, что отклонение формы измеряемого тела от правильной носит случайный, или, напротив, регулярный характер?
9. Каков физический смысл полученных значений плотности?
10. Какое соотношение существует между плотностью в $\text{кг}/\text{м}^3$ и в $\text{г}/\text{см}^3$?

5. Литература

1. Детлаф А.А. Курс физики. М., 2007.
2. Физические величины. Справочник. М., 1991.
3. Физический практикум под редакцией Ивероновой В.И. 1967.
4. Яворский Б.М.; Детлаф А.А. Справочник по физике. М., 1980.

Редактор — Т.Н. Спиридонова

Компьютерный набор — Е.Н. Шевелева