

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
2006

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 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, укреплённую 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.

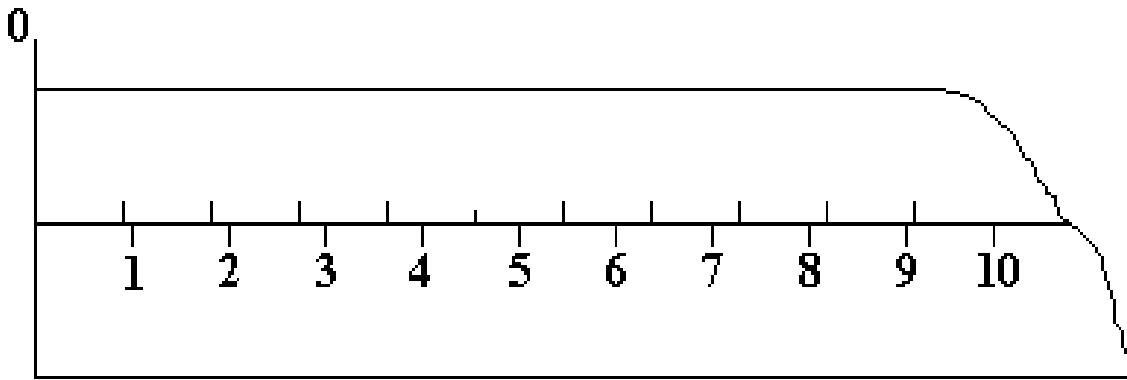


Рис. 1.1

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

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 на нём указывается. Измеряемое тело помещается между нулевыми делениями основной шкалы и шкалы нониуса. В общем случае конец измеряемого тела окажется где-то 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.

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 —

2. Вывод рабочих формул

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. С одной стороны целые миллиметры, а с другой полумиллиметры. Сотые доли миллиметра отсчитываются по шкале барабана. Измеряемый предмет зажимается 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 вещества, заключённая в единице объёма:

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

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

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

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

Плотность сплошного цилиндра:

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

Плотность пластинки:

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

Плотность шара:

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

3. Выполнение работы

1. Ознакомиться с устройством измерительных приборов.
2. Перед началом измерений проверить правильность установки и равновесие весов, нулевые отсчёты штангенциркуля и микрометра, установить погрешность приборов.
3. Прделав 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.
5. Измерить линейные размеры тела. Небольшие линейные размеры — микрометром, остальные штангенциркулем.
6. Измерение каждой величины необходимо провести не менее 7-ми раз в нескольких местах, вычислить среднее значение измеряемых величин и их средние абсолютные ошибки.
7. Результаты измерений, для указанного преподавателем тела, занести в приведённую таблицу.

3. Выполнение работы

Таблица 1

Наименование тела: пластина, цилиндр, полый цилиндр, чертёж тела с указанием основных размеров (оставить место)

№ Измерений i	[М]	[М]	[М]	m [КГ]	ρ_i [$\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$]	$\Delta\rho_i = \bar{\rho} - \rho_i$ [$\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$]		$\Delta\rho_i^2$ []
						+	-	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
n =	Номера измерений, оказавшихся промахами K = Число промахов j =				$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i =$	$\sum \Delta\rho_i = +$	$\sum \Delta\rho_i = -$	$\sum_{i=1}^n \Delta\rho_i^2 =$
						$\sum_{i=1}^n \Delta\rho_i =$		
n-j =	Номера измерений, оказавшихся промахами K = Число промахов j =				$\bar{\rho} = \frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^{n-j} \rho_i =$	$\sum \Delta\rho_i = +$	$\sum \Delta\rho_i = -$	$\sum_{i=1}^{n-j} \Delta\rho_i^2 =$
						$\sum_{i=1}^{n-j} \Delta\rho_i =$		
и т. д. до исключения всех промахов								

3.1. Источники возможных ошибок

1. Отсутствие равновесия ненагруженных весов.
2. 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, таблица результатов, оценка погрешности измерений.

4. Контрольные вопросы

1. Как устроен каждый из измерительных приборов ?
2. Что такое нониус и как измерять с его помощью?
3. Какова точность измерения штангенциркулем, микроциркулем, микрометром и техническими весами, применяемыми в работе?
4. Каковы пределы измерения данными приборами?
5. Как определяется абсолютная погрешность отдельных измерений?
6. Как оценить погрешность косвенных измерений?
7. Совпадают ли между собой — в пределах ошибок ответы — измерения одного и того же тела, произведённые на различных участках?
8. Как можно установить, что отклонение формы измеряемого тела от правильной носит случайный, или, напротив, регулярный характер?

5. Литература

1. Кортнен А. В. и др. Практикум по физике. 1965 г., с. 45-49
2. Физпрактикум под редакцией Ивероновой В. И. 1967 г., с. 40-45
3. Авдусь и др. Практикум по общей физике. М., 1971, с. 6-30