

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
«МАТИ - РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени К.Э. Циолковского»

---

Кафедра «Моделирование систем и информационные технологии»

## **Определение плотности тел правильной формы измерением и взвешиванием**

Методические указания к лабораторной работе  
по курсу «Общая физика»

Москва 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Приборы для измерения длины.

**Штангенциркуль** состоит из прочной негнущейся масштабной линейки  $M$ , разделенной на сантиметры и миллиметры (см. Рис.1). В начале линейки укреплены неподвижные губки  $A$  и  $A'$ . По линейке перемещается движок  $D$ , составляющий одно целое с губками  $E$  и  $E'$ . Эти губки параллельны губкам  $A$  и  $A'$  и могут подходить к ним вплотную. Движок можно закреплять в нужном положении винтом  $B$ .

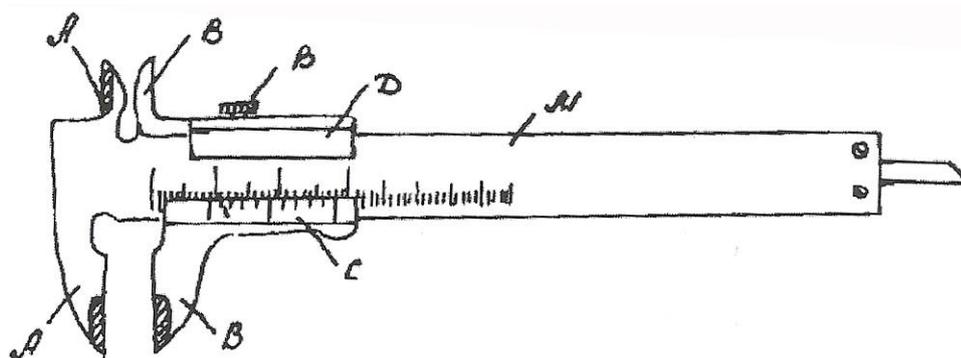


Рис.1

В вырезе движка имеется скос  $C$ , край которого приходится против делений масштабной линейки. На нем нанесены деления несколько меньшего масштаба, чем деления основной шкалы. Это дополнение к масштабной линейке позволяет повысить точность измерений и является линейным нониусом.

*Линейным нониусом* называется небольшая дополнительная линейка, скользящая вдоль основной масштабной линейки. Шкала нониуса строится так, чтобы  $m$  делений нониуса соответствовали  $m - 1$  делению основной шкалы. Обозначим цену деления основной шкалы через  $x_0$ , а шкалы нониуса - через  $x$ , тогда очевидно что:

$$m x = (m - 1) x_0$$

Откуда:

$$x = x_0 \frac{m - 1}{m}$$

Разность между ценой деления основной шкалы и ценой деления нониуса:

$$x_0 - x = x_0 / m$$

называется *точностью нониуса*.

Как следует из выражения для  $x$ , точность нониуса равна цене деления шкалы масштабной линейки, деленной на число делений нониуса.

Ниже будет выяснено, что точность нониуса определяет максимальную погрешность отсчета по соответствующему измерительному прибору.

Положим для определенности  $m = 10$ , а  $x_0 = 1$  мм. Если совместить нулевое деление шкалы такого нониуса с нулевым делением основной шкалы, то 10-е деление нониуса окажется совмещенным с 9-м делением масштабной линейки. При этом 1-е деление нониуса не дойдет до 1-го деления линейки на 0,1 мм, 2-е деление нониуса не дойдет до 2-го деления линейки на 0,2 мм и т.д. (см. рис. 2а). Сдвинув нониус так, чтобы его 1-ое деление совпало с 1-м делением линейки, мы создадим между нулевыми делениями обеих шкал расстояние 0,1 мм; поместив друг с другом вторые деления обеих шкал, мы увидим расстояние между нулевыми делениями до 0,2 мм, Вообще, совместив  $n$ -е деление шкалы нониуса с  $n$ -м делением основной шкалы, мы сдвинем начало шкалы нониуса относительно начала основной шкалы на  $n$  десятых долей (см. рис. 2б).

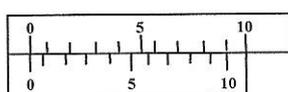


рис.2а

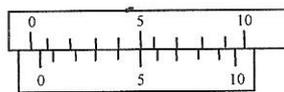


рис.2б

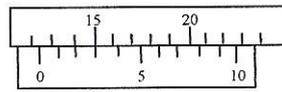


рис.2в

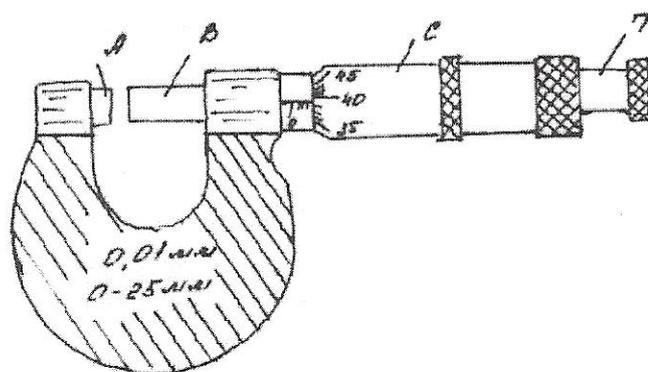


Рис.3

**Микрометр** представляет собой массивную стальную скобу (см.рис.4), на концах которой находятся друг против друга неподвижный упор **А** и микрометрический винт **В**. Винт вращается во втулке, вдоль которой снаружи нанесена шкала с делениями через 0,5 мм. Шаг винта обычно бывает равен 0,5 мм. На винт насажен барабан **С**, край которого при вращении винта перемещается относительно шкалы, нанесенной на втулке. По краю барабана нанесена шкала, подразделяющая окружность барабана на 50 равных делений. На конце

винта имеется приспособление Т для вращения, называемое *трещеткой*. Вращение передается от трещетки к винту посредством трения, вследствие чего при достижении определенной силы нажима винта на упор или на измеряемый предмет дальнейшее вращение винта прекращается.

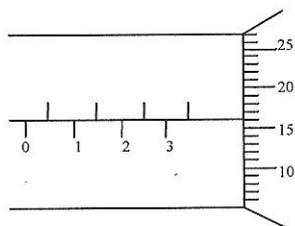


Рис.4

Если винт и упор привести в соприкосновение с помощью трещетки, край барабана придется против нулевого деления шкалы, а нулевое деление шкалы барабана совпадет с продольной чертой, нанесенной на втулке. Если затем повернуть винт на один оборот, то между винтом и упором образуется просвет 0,5мм.

При этом нулевое деление шкалы барабана снова совпадет с чертой на втулке, край же барабана окажется против первого полумиллиметрового деления шкалы, нанесенной на втулке. Если бы винт повернуть не на полный оборот, а лишь на одно деление шкалы барабана (т.е. на 1/50 часть оборота), то просвет между винтом и упором составил бы всего 0,01мм.

При работе с микрометром измеряемый предмет зажимается с помощью трещетки между упором и винтом, после чего на шкале втулки отсчитывается целое или полуцелое число миллиметров; к этому отсчету должно быть добавлено число сотых долей миллиметра, отсчитанное по шкале барабана. Из сказанного следует, что точность отсчета по микрометру составляет 0,01мм.

На рис.4 изображено для примера положение барабана, соответствующее длине 3,67мм. Как видно из рисунка, для удобства отсчета миллиметровые и полумиллиметровые деления шкалы втулки нанесены по разные стороны черты, по которой делается отсчет на шкале барабана.

Прежде чем приступить к измерениям с помощью микрометра, нужно убедиться в том, что при доведении винта до упора с помощью трещетки получается по обеим шкалам нулевой отсчет.

Необходимо иметь в виду, что правильный результат можно получить лишь в том случае, если измеряемый предмет зажимается с помощью трещетки.

**Приборы измерения массы.** Для определения массы тел применяют весы. Одним из наиболее распространенных типов весов являются коромысловые рав-ноплечие весы. В лабораторной практике обычно встречаются весы двух типов: аналитические и технические весы. Аналитические весы позволяют взвешивать тела, имеющие массу не более 200г, с точностью 0,1мг. На технических весах можно производить взвешивание с точностью от 0,01г до 0,1г.

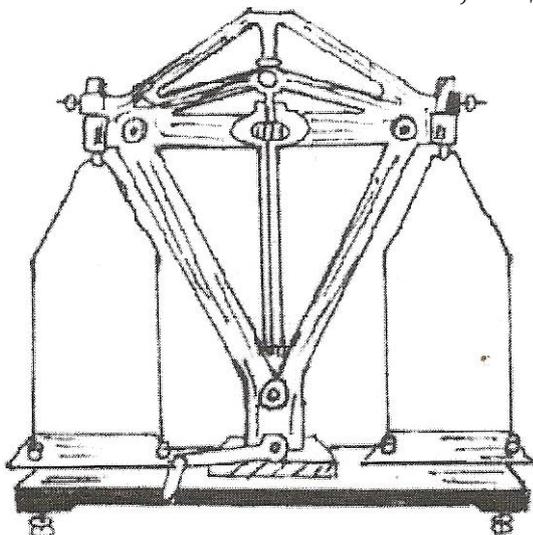


Рис.5

*Технические весы* состоят из коромысла, на концах которого укреплены грузонесущие призмы. На призмы подвешены при помощи дужек и серег чашки весов (см.рис.5). В середине коромысла имеется опорная призма, ребром которой оно опирается на арретирующее устройство. Назначение этого устройства заключается в том, чтобы предохранить призмы весов от толчков, которыми сопровождается перемещение грузов на чашки весов, а также от износа в промежутках между взвешиванием. Арретир включается и выключается с помощью рукоятки, помещающейся в нижней части рамы весов. На ось рукоятки насажен эксцентрик, в который упирается через ролик шток арретира. При повороте рукоятки эксцентрик поднимает либо опускает шток, производя тем самым выключение или включение арретирующего устройства.

Рама весов укреплена на подставке, снабженной установочными винтами. С помощью этих винтов весы устанавливаются по отвесу.

С коромыслом весов скреплена длинная стрелка, нижний конец которой приходится против отсчетной шкалы, укрепленной у основания рамы весов. На концах коромысла имеются винты с навинченными на них

регулируемыми гайками, с помощью которых добиваются того, чтобы стрелка нагруженных весов колебалась около середины шкалы.

Для всяких весов имеется предельная нагрузка, которая обычно указывает-  
ся на самих весах.

Основной величиной, характеризующей весы, является их чувствительность.

*Чувствительностью весов* называется отношение тангенса угла отклонения стрелки (или пропорционального ему числа делений, на которое перемещается стрелка по шкале) к весу того добавочного перегрузка, который вызывает это отклонение.

На практике чувствительность весов часто характеризуют величиной груза, отклоняющего стрелку весов от положения равновесия на одно деление. Очевидно, что чем меньше этот груз, тем выше чувствительность весов.

Чувствительность весов, вообще говоря, зависит от нагрузки, причем с увеличением нагрузки чувствительность снижается.

При взвешивании необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Пользуясь установочными винтами, установить весы по отвесу.
2. Открывание и закрывание арретира производить осторожным плавным вращением его ручки.
3. Открыв арретир, установить, находятся ли весы в равновесии. Если равновесия нет, добиться его с помощью регулировочных гаек коромысла.

Перемещение

гаек производить только при закрытом арретире.

4. Взвешиваемое тело помещают, как правило, на левую чашку весов, а разновески - на правую. Нужно стараться размещать грузы на чашках так, чтобы их центр тяжести находился по возможности на середине чашки.
5. Разновески разрешается брать только пинцетом и помещать их только на чашку весов или в соответствующее гнездо футляра. Больше никуда класть разновески не разрешается.
6. Помещать взвешиваемое тело и разновески на чашки весов, а также снимать их можно только при арретированных весах.
7. Пока приблизительного равновесия не достигнуто, не следует полностью отк-

рывать арретир. Если при открывании арретира обнаружится, что стрелка весов явно отклоняется в сторону, нужно тотчас же закрыть арретир и изменить вес гирь, в соответствии с направлением отклонения стрелки.

8. По достижении равновесия производится арретирование весов и съемка разно-весок, начиная с более крупных, с одновременной записью разновесок в рабочий журнал.
9. Каждое взвешивание производится несколько раз.

### **Задание 1**

#### Определение объема трубки с помощью штангенциркуля

*Приборы и принадлежности:*

1. Металлическая трубка
2. Штангенциркуль

*Порядок работы*

1. Записать в тетрадь номер металлической трубки, а также техническую характеристику и номер штангенциркуля.
2. Измерить длину трубки. Измерение произвести несколько раз, поворачивая трубку на некоторый угол (например, на угол порядка  $45^\circ$ )
3. Измерить наружный  $d_1$  и внутренний  $d_2$  диаметры трубки. Измерение произвести на обоих концах трубки в нескольких направлениях, поворачивая трубку каждый раз также на угол около  $45^\circ$ . Запись результатов измерений производить в заранее заготовленные таблицы 1-1.
4. Найти среднее значение длины и диаметров трубки и оценить их погрешности в зависимости от того, какие ошибки играют основную роль при измерениях.
5. Вычислить объем трубки по известной формуле:

$$V = \frac{\pi (d_1^2 - d_2^2) l}{4}$$

Оценить погрешность найденного значения объема.

### **Задание 2**

#### Определение объема цилиндра

*Приборы и принадлежности:*

1. Цилиндр
2. Микрометр

*Порядок выполнения:*

1. Запись в тетрадь номер цилиндра, а также техническую характеристику и номер микрометра
2. Измерить с помощью микрометра длину , диаметр цилиндра. Измерение каждой величины производить несколько раз в различных местах цилиндра.

Запись

результатов производить в таблицы 1-1.

3. Найти среднее значение измеренных величин и оценить их погрешности в соответствии с видом ошибок, имевших место при измерениях.
4. Вычислить объем цилиндра по известной формуле:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} l$$

и оценить его погрешность.

Таблица 1-1

№№ измерений	l, мм	D, мм
1		
...		
10		

**Задание 3**

Определение плотности трубки (цилиндра) с помощью технических весов

*Приборы и принадлежности:*

1. Металлическая трубка (или цилиндр)
2. Технические весы с разновесом.

*Порядок выполнения:*

1. Записать в тетрадь техническую характеристику и номер весов и комплекта разновесок.
2. Взвесить не менее трех раз трубку (или цилиндр) на технических весах. Погреш-

шность при взвешивании принять равной 0,01г.  
3, Определить плотность материала трубки (или цилиндра) по известной формуле:

$$\rho = m/V$$

и вычислить погрешность  $\rho$ .  
4. Сравнить полученное значение плотности с табличными значениями плотности металлов и определить материал трубки (или цилиндра).