

## Измерение линейных величин.

**Цель работы:** изучение измерительных приборов и овладение техникой измерений.

**Приборы и принадлежности:** штангенциркуль, микрометр, измеряемые предметы.

### Теория линейного нониуса. Штангенциркуль.

Для измерения линейных и угловых величин пользуются различными приборами и инструментами. Наиболее простейшие из них : штангенциркуль, микрометр, микроскоп и др. Измерения длин производят масштабной линейкой. Величина наименьшего деления такой линейки равна 1мм. Если измерения длины производят с точностью до долей миллиметров, то пользуются вспомогательной шкалой измерительного инструмента - нониусом. Нониус бывает линейным для измерения линейных величин и угловым - для измерения угловых величин. Линейный нониус представляет собой небольшую линейку со шкалой С,  $m$  делений которой равны  $m-1$  делениям шкалы масштабной линейки А. Нониус С может перемещаться по линейке А (рис.1).

Если  $a$ - цена деления нониуса,  $b$ - цена деления масштабной линейки,  $m$ - число делений на нониусе, то связь между указанными делениями линейки и нониуса следующая:

$$am=(m-1) \cdot b \quad (1)$$

Получаемая из формулы (1) разность  $b - a = \frac{b}{m}$ , называется точностью (погрешностью) нониуса, т.е. точность нониуса равна отношению цены наименьшего деления  $b$  масштаба к числу делений  $m$  на нониусе. Точность нониуса часто бывает равна  $\frac{1}{10}$  мм, в этом случае  $b$  равняется 1мм, а  $m=10$ .

Измерения при помощи нониуса производят следующим образом: к нулевому делению шкалы линейки прикладывают один конец измеряемого тела В, к другому концу тела - нониус С. Из рисунка 2 видно, что искомая длина тела В

$$L=k \cdot b + \Delta L \quad (2),$$

где  $k$  - целое число делений масштабной линейки в миллиметрах, укладываемый в измеряемой длине,  $\Delta L$  - отрезок длины, представляющий доли миллиметра. Обозначим через  $n$  деление нониуса, которое совпадает с любым каким-либо делением масштабной линейки. Тогда

$$\Delta L = nb - na = n(b-a) = n\left(\frac{b}{m}\right) \quad (3)$$

Из формул (2) и (3) находим искомую длину

$$L = kb + n \frac{b}{m}$$

Если положить  $b=1\text{мм}$ ,  $m=10$  делений (что обычно и бывает), то искомая длина

$$L = \left(k + \frac{n}{10}\right) \text{мм} \quad (4)$$

Таким образом, длина измеряемого тела равна целому числу  $k$  мм масштабной линейки плюс десятые доли числа  $n$  нониуса. Число  $n$  показывает тот номер деления нониуса, который первым совпадает с некоторым делением масштабной линейки. На рисунке 2 приведен пример отсчета длины:

$$L = \left(14 + \frac{5}{10}\right) \text{мм} = 14,5 \text{мм.}, \text{ т.к. } k=14, n=5$$

Линейный нониус используется в инструменте, который называется штангенциркулем.

*Штангенциркуль* (рис.3) состоит из миллиметровой линейки А, с одной стороны которой имеется неподвижная ножка В. Вторая ножка D имеет нониус С и может перемещаться вдоль линейки А. Когда ножки В и D соприкасаются, нуль линейки и нуль нониуса должны совпадать. Для того, чтобы измерить длину предмета Н, его помещают между ножками, которые сдвигают до соприкосновения с предметом ( без сильного нажима) и закрепляют винтом Е. После этого делают отчет по линейке и нониусу и вычисляют длину предмета L по формуле (4). В данной работе измерения проводят штангенциркулем, 9 делений миллиметровой шкалы которого равны 10 делениям нониуса (посмотрите на шкалу штангенциркуля). Такая разбивка сделана для того, чтобы деления шкалы нониуса были более крупными (удобнее сделать отчет), точность же нониуса сохраняется обычная, равная 0,1 мм.

### **Измерения штангенциркулем и обработка результатов измерений.**

Штангенциркулем измеряют высоту  $h$  и диаметр  $d$  цилиндра. Измерения проводят следующим образом:

1. Цилиндр помещают между ножками В и D штангенциркуля ( слегка зажав ножки) и закрепляют винт Е.
2. Измеряют длину и диаметр цилиндра и производят отчет по шкале линейки А числа целых мм.  $k$ , расположенных слева от нулевого деления нониуса, и числа делений  $n$  шкалы нониуса, совпадающего с любым делением шкалы А. По формуле (4) делают подсчет.
3. Вычисляют погрешность измерений.

Результаты измерений и вычислений записывают в таблицу. Все вычисления физических величин следует проводить в международной системе единиц СИ.

| п/п | k | n | L | $L_{\text{ср}}$ | $\Delta L$ | $\Delta L_{\text{ср}}$ | E, 100% | k | n | d | $d_{\text{ср}}$ | $\Delta d$ | $\Delta d_{\text{ср}}$ | E, 100% |
|-----|---|---|---|-----------------|------------|------------------------|---------|---|---|---|-----------------|------------|------------------------|---------|
|     |   |   |   |                 |            |                        |         |   |   |   |                 |            |                        |         |

### **Микрометрический винт. Микрометр.**

Микрометрический винт применяется в точных измерительных приборах (микрометр, микроскоп) и дает измерения до сотых долей миллиметра. Микрометрический винт представляет собой стержень, снабженный точной винтовой нарезкой. Высота подъема винтовой нарезки за один оборот называется шагом микрометрического винта.

Микрометр служит для измерения диаметра проволок, небольших толщин пластинок и т. п. Микрометр состоит из двух основных частей: скобы В и микрометрического винта А. Микрометрический винт А проходит через отверстие скобы В с внутренней резьбой. Против микрометрического винта на скобе, имеется упор Е. На микрометрическом винте закрепленный цилиндр (барабан) С с делениями по окружности. При вращении микрометрического винта барабан скользит по линейной шкале, нанесенной на стержне Д. Наиболее распространен микрометр, у которого цена делений шкалы стержня  $b = 0,5$  мм. Верхние и нижние тиски шкалы сдвинуты относительно друг друга на 0,5 мм, цифры проставлены только для делений нижней шкалы, т.е. нижняя шкала представляет собой обычную миллиметровую шкалу. Для того чтобы микрометрический винт А передвинулся на 1 мм., необходимо сделать два оборота барабана С. Таким образом, шаг микрометрического винта равен 0,5 мм. У такого микрометра на барабане С имеется шкала, содержащая 50 делений. Так как шаг винта 0,5мм., а число делений барабана  $n = 50$ , то точность микрометра

$$\frac{b}{m} = \frac{0,5}{50} = \frac{1}{100} \text{ мм}$$

Для измерения микрометром предмет помещают между упором Е и микрометрическим винтом А (рис.) и вращают винт А за головку М до тех пор, пока измеряемый предмет не будет зажат между упором Е и концом винта А ( вращение винта А производится только за головку М, так как в противном случае легко сбить совпадение нулей шкалы стержня Д и барабана С ). Числовое значение  $Z$  измеряемого предмета ( в данной работе измеряют толщину проволоки и пластинки ) находят по формуле

$$Z = kb + n \frac{b}{m} \quad (5),$$

где  $k$  - число наименьших делений шкалы,  $b$  - цена наименьших делений шкалы,  $n$  - число делений барабана, который в момент отсчета совпадает с осью шкалы стебля Д. Так как в данной работе применяется микрометр, у которого  $b=0,5$ мм.,  $m=50$ , то формула (5) примет вид :

$$Z = (0,5 \cdot k + \frac{n}{100}) \text{ мм.}$$

Пример отсчета по микрометру  $k=7$  и  $n=12$ :

$$Z = (0,5 \cdot 7 + \frac{12}{100}) \text{ мм} = ( 3,5 + 0,12) \text{ мм} = 3,62 \text{ мм.}$$

Измерение микрометром и обработка результатов измерений.

1. Измеряемый предмет (толстую проволоку или металлическую пластинку помещают между упором Е и концом микрометрического винта А.
2. Находят значение  $k$  и  $n$  по шкале стержня Д и барабана С. По формуле (2) производят подсчет искомых величин.
3. Вычисляют погрешность измерений. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

| №п/п | $k$ | $n$ | $Z$ | $Z_{\text{ср}}$ | $\Delta Z$ | $\Delta Z_{\text{ср}}$ | $\epsilon, 100\%$ |
|------|-----|-----|-----|-----------------|------------|------------------------|-------------------|
|      |     |     |     |                 |            |                        |                   |

### **Контрольные вопросы.**

1. Как определить цену деления нониуса?
2. Чему равна погрешность нониуса ?
3. В каких случаях следует пользоваться штангенциркулем, в каких микрометром?
4. Какие выводы можно сделать, сравнивая результаты?
5. Как вычислить ошибки измерений ?

### ***Литература.***

1. Физический практикум под ред. Ивероновой В.И..М: Наука, 1969г., стр. 35-41
2. А.В. Кортнев, Ю.В. Рублев, А.Н. Куценко Практикум по физике М: Высшая школа, 1961г., стр. 30-41