

Обработка результатов измерений

Измерительные приборы

Основная задача физического эксперимента – измерение физических величин. Измерить физическую величину – это значит определить, во сколько раз она отличается от одной величины,

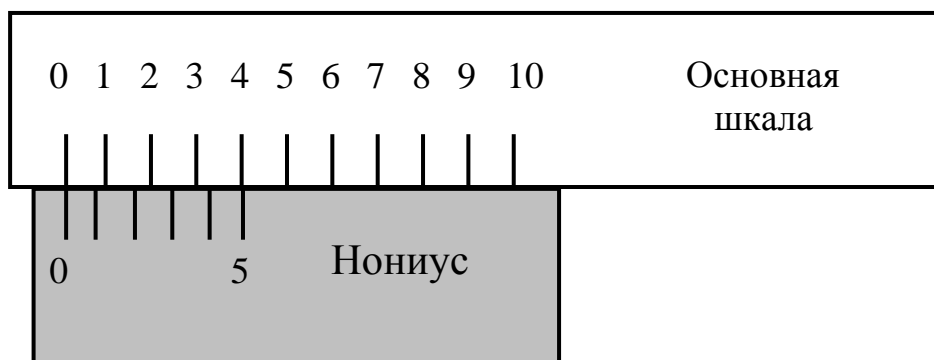


Рис. 1. Нониус

принятой за единицу меры. Измерение линейных величин (длин) обычно производится масштабной линейкой с сантиметровыми или миллиметровыми делениями.

Для отсчета десятых и сотых долей миллиметра основную

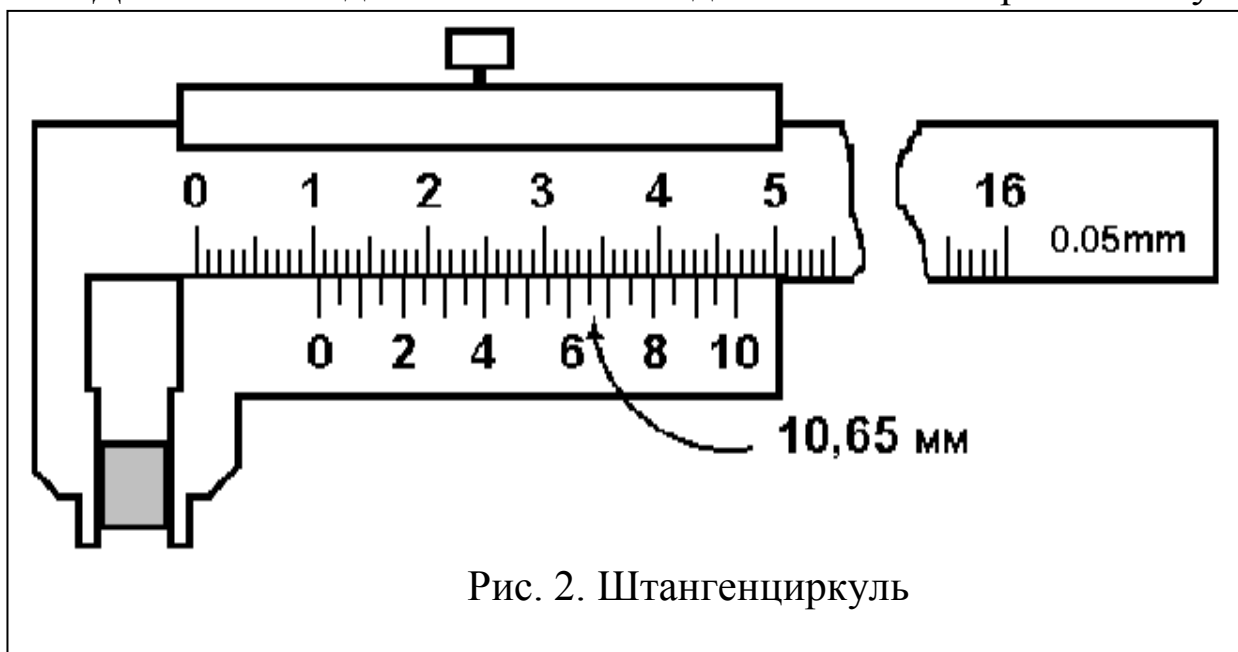


Рис. 2. Штангенциркуль

шкалу снабжают нониусом. Нониус - это небольшая линейка со шкалой, способная свободно перемещаться вдоль основной шкалы (Рис.1). Количество делений нониуса показывает на сколько частей разделено одно деление основной шкалы (масштаба). В нашем

примере одно деление масштаба разделено на 5 делений. Следовательно, цена деления нониуса $1 : 5 = 0,2$ мм.

Нониусами снабжаются штангенциркули, теодолиты и многие другие приборы. Нониусы штангенциркулей изготавливаются таким образом, что 1 мм основной шкалы делится на пять делений ($b=0,2$ мм), или на 10 делений ($b=0,1$ мм), или на 20 делений ($b=0,05$ мм).

Рассмотрим процесс снятия показаний штангенциркуля с нониусом (Рис.2). Если $a=1$ мм – цена деления линейки, $b = a : 20 = (1 \text{ мм}) : 20 = 0,05$ мм – цена деления нониуса, то показания определяется по формуле

$$L = na + mb, \quad (15)$$

где n - число делений основной шкалы ($n=10$), m - число делений нониуса ($m=13$).

Так как 13-е деление (соответствующее отметке 65 шкалы нониуса) лучше всего совпадает с одним из делений основной шкалы, а именно с делением 34 мм, то окончательно имеем $L = 10 \cdot 1 + 13 \cdot 0,05 = 10,65$ мм. В случае если ни одно из делений нониуса не совпадает в точности с каким-либо делением масштаба, в качестве m берут номер деления, которое ближе других подходит к одному из делений основной шкалы.

Для еще более точных измерений линейных величин применяют микрометрические винты - винты с малым и точно выдержанным шагом. Такие винты используются, например, в микрометрах. Измеряемое тело помещают между цилиндрами 1 и 2. Затем, держась за трещотку 5, вращают измерительный барабан 4 до первого щелчка. Затем фиксатором застопоривают винт.

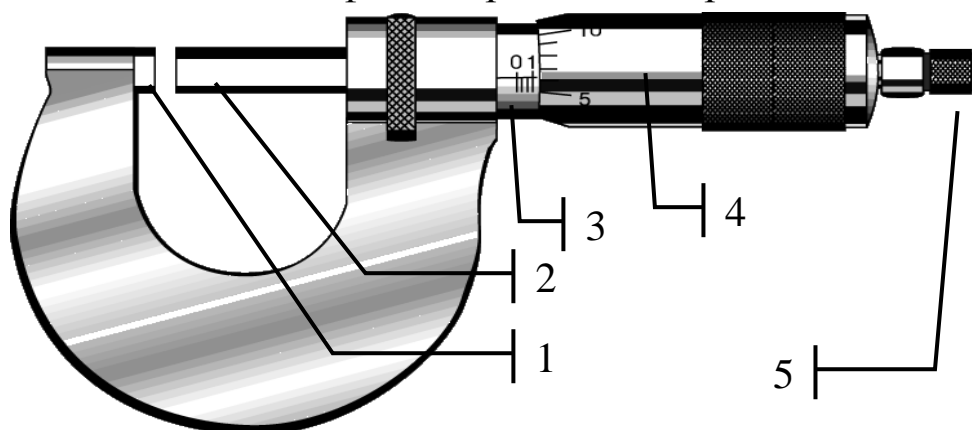


Рис. 3. Микрометр

Полный оборот барабана 4 перемещает цилиндр 2 на 0,5 мм. Так как на барабан 4 нанесено 50 делений, то цена деления барабана 4 равна $(0,5 \text{ мм}) : 50 = 0,01 \text{ мм}$. Основная шкала 3 имеет цену деления 0,5 мм, т.е. расстояние между соседними штрихами (нижним и верхним) равно 0,5 мм.

На рис. 4 показаны два случая:

- ◆ кромка винта перешла за деление нижней миллиметровой шкалы, в этом случае к целому числу миллиметров 5 надо прибавить отсчет сделанный по шкале барабана 0,41 мм, при этом получим значение 5,41 мм;
- ◆ кромка винта перешла за деление верхней миллиметровой шкалы, в этом случае к целому числу миллиметров 5 надо прибавить 0,50 мм, а затем добавить отсчет сделанный по шкале барабана 0,11 мм, в итоге получится значение 5,61 мм.

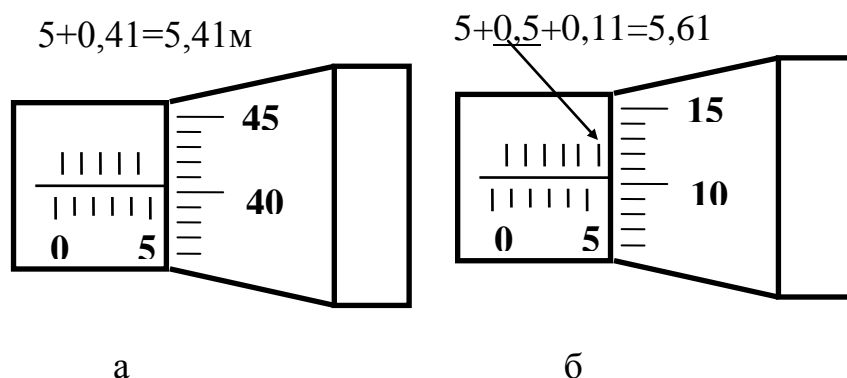


Рис. 4. Показания микрометра

При снятии показаний следует записывать значение того деления, которое ближе всего от отметки считывания. Например, на рис. 5 стрелка расположилась между отметками 75 и 80 В. Будет ошибкой записывать показания в виде 76, или 77, или 78, или 79 В. Необходимо записать то показание, которое отмечено мерительной риской – это будет либо 75 В, либо 80 В. Такие значения соответствуют минимальной цене деления данного вольтметра 5 В. Если требуется измерить напряжение с точностью до 1 В, то необходимо использовать более точный вольтметр.



Рис. 5 Шкала вольтметра

Округление результатов измерений

Если приближенное число содержит лишние знаки, то его следует округлить. Лишние знаки отбрасываются. Причем, если первая отбрасываемая цифра больше 4, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу. Если отбрасываемая часть состоит только из одной цифры 5, то округление обычно делается так, чтобы последняя цифра оставалась четной.

Абсолютная погрешность измеряемой величины округляется до одной значащей цифры всегда в сторону увеличения. Например, полученное при вычислении абсолютной погрешности плотности значение $\Delta D = \pm 0,023$ г/см³ округляется до $\Delta D \approx \pm 0,03$ г/см³.

Если в полученном значении искомой величины содержится большее число десятичных знаков, чем в абсолютной погрешности этой величины после ее округления, то результат округляется до разряда абсолютной погрешности. Например,

$$\Delta D = \pm 0,03 \text{ г/см}^3 \text{ и } D = 2,711 \text{ г/см}^3,$$

результат записывают в виде:

$$D = (2,71 \pm 0,03) \text{ г/см}^3$$

или окончательно в СИ

$$D = (2,71 \pm 0,03) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Правила нахождения и записи окончательного результата:

а) рассчитать среднее значение измеряемой величины и ее абсолютную погрешность по правилам приближенных вычислений;

б) округлить значение абсолютной погрешности до первой значащей цифры (всегда в сторону увеличения);

в) округлить среднее значение измеряемой величины до разряда абсолютной погрешности в соответствии с обычными правилами округления.

В относительной погрешности обычно вычисляют три десятичных знака (десятые, сотые и тысячные).

Графическое изображение результатов измерений

Наглядное представление результатов измерений получают с помощью построения графиков зависимостей величин. Результаты измерений наносят в виде точек, а затем их соединяют плавной линией с учетом абсолютной ошибки измерения. Линию проводят так, чтобы точки, соответствующие отдельным измерениям, располагались симметрично по обе ее стороны (см. рис.6).

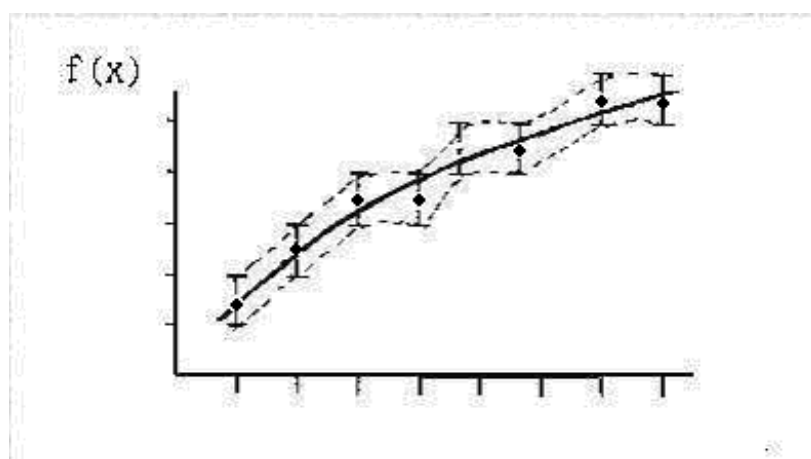


Рис. 6. Результаты измерений в виде графика