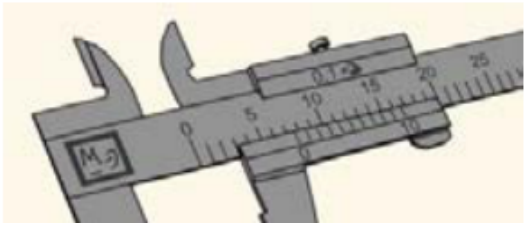
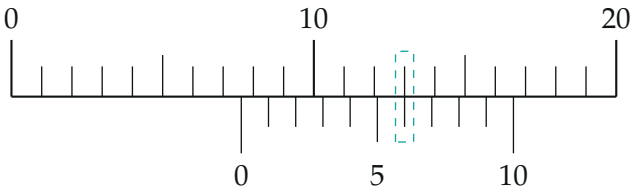
Нониус штангенциркуля

Задача 1. [ИОШ 2014/15, 9 класс, задача 1] Для измерений размеров используется точный измерительный прибор — штангенциркуль, который кроме основной шкалы имеет дополнительную подвижную шкалу — нониус, цена деления которой составляет 0,9 мм. Название — нониус — произошло от фамилии автора — португальского математика Нуниша (пишется Nonius). Нониус позволяет измерять размеры с точностью 0,1 мм. Объясните, как это удаётся сделать.





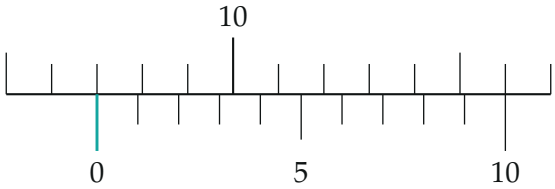
▲ **Решение.** **Что происходит.** Нониус — вторая шкала, деления которой чуть короче миллиметра: 0,9 мм. Поэтому его штрихи «отстают» от миллиметровых штрихов основной шкалы на 0,1 мм на каждом делении. Малую долю миллиметра, которую глазом не оценить, нониус превращает в номер штриха, совпавшего со штрихом основной шкалы, — а совпадение штрихов глаз видит очень точно. Задача на принцип измерительного прибора: разность цен делений двух шкал.

Обозначения. L — размер предмета; N — целое число миллиметров (последний штрих основной шкалы слева от нуля нониуса); x — дробная часть, $L = N + x$ (в мм); k — номер штриха нониуса.

1. Где стоят штрихи нониуса. Нуль нониуса стоит против размера предмета L. Штрих нониуса номер k находится на расстоянии $0{,}9k$ мм от нуля, то есть против отметки

$$L + 0{,}9k = N + x + 0{,}9k \text{ мм}.$$

Всего у нониуса 10 делений, его длина 9 мм. Если L — целое число миллиметров ($x = 0$), со штрихами основной шкалы совпадают нулевой и десятый штрихи нониуса.

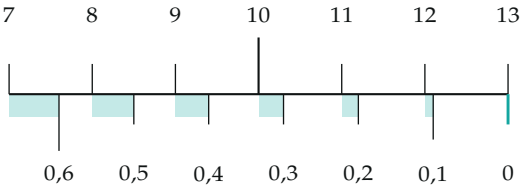


Размер ровно 7 мм: нуль нониуса (бирюзовый) против штриха 7 основной шкалы; совпадает и десятый штрих (против 16).

2. Условие совпадения. Штрих нониуса k совпадает с миллиметровым штрихом $N + k$, если

$$N + x + 0{,}9k = N + k \quad \Rightarrow \quad x = 0{,}1k.$$

Значит, номер совпавшего штриха нониуса равен числу десятых долей миллиметра в дробной части. Пример: при $x = 0{,}6$ мм штрих k стоит правее штриха $N + k$ на $0{,}6 - 0{,}1k$ мм — с каждым делением сдвиг уменьшается на $1 - 0{,}9 = 0{,}1$ мм, и при $k = 6$ штрихи совпадают.

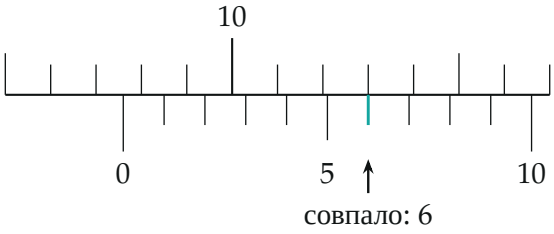


Увеличено: под каждым штрихом нониуса — на сколько миллиметров он правее «своего» штриха основной шкалы (подписи сверху); сдвиг убывает на 0,1 мм за деление и при $k = 6$ обращается в нуль.

3. Как читать показания. Размер равен числу целых миллиметров, которое «перешагнул» нуль нониуса, плюс столько десятых миллиметра, каков номер штриха нониуса, совпавшего со штрихом основной шкалы:

$$L = N + 0{,}1k \text{ мм}.$$

На рисунке условия нуль нониуса прошёл штрих 7, совпал штрих 6 нониуса (против 13 мм): $L = 7 + 0{,}6 = 7{,}6$ мм. Проверка: $7{,}6 + 0{,}9 \cdot 6 = 7{,}6 + 5{,}4 = 13{,}0$.



Отсчёт по рисунку условия: целые миллиметры — 7, совпал штрих 6 нониуса — ещё 0,6 мм; размер 7,6 мм.

Обратите внимание. Точность 0,1 мм — это разность цен делений шкал $1 - 0{,}9$, а не цена деления нониуса. Глазу не нужно делить миллиметр на десять частей «на глаз»: достаточно увидеть, какие два штриха стоят на одной линии.

Проверка. Совпадает ровно один штрих: при $x = 0{,}1k$ штрих k точно на миллиметровом, а соседние смещены на $\pm 0{,}1$ мм. Крайние случаи: $x = 0$ — совпал штрих 0 (и 10); $x = 0{,}9$ мм — совпал штрих 9, он против отметки $N + 0{,}9 + 8{,}1 = N + 9$. Если дробная часть, например, 0,65 мм, то ближе всех окажутся штрихи 6 и 7 (сдвиги 0,05 мм), и отсчёт делается с точностью до половины цены нониуса 0,05 мм — поэтому и говорят о точности 0,1 мм.

Ответ. Деление нониуса на 0,1 мм короче миллиметра, поэтому при дробной части размера $0{,}1k$ мм со штрихом основной шкалы совпадает ровно k-й штрих нониуса: размер = (целые миллиметры до нуля нониуса) + 0,1·(номер совпавшего штриха), например 7,6 мм.