

Мал. 5, в

положення. Якщо прибрати заземлений екран, то картина поля відновиться.

Для пояснення механізму електростатичного захисту звернемося до моделей, на яких фіксуються кожен етап цього досліду (мал. 5, а, б, в). Аналіз результатів спостережень і відповідних їм малюнків підводить до висновку про те, що в разі заземлення незаряджений до цього екран утрачає заряд зі своєї поверхні, поверненої до індикатора поля, який за знаком збігається зі знаком заряду джерела поля. Це означає, що зазначена поверхня не може слугувати джерелом поля, інакше кажучи, заземлений металевий екран не пропускає поле за свої межі.

З наведених міркувань випливає, що від'єднаний від Землі екран виявиться зарядженим, причому знак заряду буде протилежним до знака заряду джерела поля. У цьому легко переконатися на досліді.

Якщо до утримуваного на ізолювальній ручці поодинокого металевого екрана піднести кульку-індикатор поля, вона відштовхуватиметься від екрана. Це підтверджує правильність усього ланцюжка міркувань. Саме таким чином відбувається

дослід свідчить про те, що електричне поле проникає крізь внесену пластину й кулька продовжує зазнавати його силового впливу. І, нарешті, внесену металеву пластину заземлюють (мал. 5, в). Електричне поле між пластиною та індикатором у цьому випадку зникає, про що свідчить відповідна реакція індикатора – нитка займає прямовисне

електризація провідника через углив.

1. Усі розглянуті вище модельні досліди достатньо легко й просто можна продемонструвати в умовах будь-якого шкільного фізичного кабінету, а також, що є дуже цінним, власноруч.

2. Хід кожного експерименту зрозумілий в усіх подробицях, а результати настільки певні, що не викликають жодних сумнівів.

3. Демонстрація запропонованих у статті дослідів не потребує будь-якого спеціального устаткування, однак досліди від цього тільки вииграють, оскільки захоплюють увагу учнів своєю простотою, прозорістю, доказовістю і не вимагають від них якогось докладного коментаря.

4. Обговорення дослідів радимо обов'язково супроводжувати схематичними малюнками на дошці, за допомогою яких виділяються й фіксуються істотні, характерні ознаки досліджуваного явища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: в 2 ч. – Ч. 1 / В. А. Буров, Б. С. Зворыкин, А. П. Кузьмин и др.; под ред. А. А. Покровского. – М.: Просвещение, 1978. – 351 с.
2. Песин А. И. Новые приемы демонстрации электрического поля / А. И. Песин, В. Г. Решетняк // Физика в шк. – 1986. – № 6. – С. 67 – 70.
3. Песин О. Чутливий індикатор для вивчення властивостей електричного поля / Олександр Песін, Олексій Свистунов // Фізика та астрономія в шк. – 1998. – № 1. – С. 53 – 55.
4. Песін О. Навчальний експеримент під час вивчення закону Кулона в середній школі / Олександр Песін, Олексій Свистунов // Там само. – 2000. – № 3. – С. 51–52.
5. Песін О. Модель провідника з порожниною для вивчення статичного і стаціонарного електричних полів у шкільному курсі фізики / Олександр Песін, Олексій Свистунов // Там само. – 2002. – № 2. – С. 27–31.
6. Песін О. Про доказову силу експерименту й теоретичних оцінок під час розв'язування якісних завдань з фізики / Олександр Песін, Олексій Свистунов, Н. Кулік // Там само. – 2006. – № 1. – С. 45–46.
7. Шахмаев Н. М. Демонстрационные опыты по электродинамике / Н. М. Шахмаев, С. Е. Каменецкий. – М., 1973. – 352 с.

ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИН ТА ДІАМЕТРІВ РІЗНИХ ПРЕДМЕТІВ

Віктор СЛЮСАРЕНКО, аспірант кафедри фізики та методики викладання Кіровоградського державного педагогічного університету ім. Володимира Винниченка

Мета роботи: набути навичок користування штангенциркулем; дізнатися про відмінності між штангенциркулем і вимірювальною стрічкою; систематизувати вміння і навички вимірювання штангенциркулем зовнішнього і внутрішнього діаметрів, довжини та глибини глухого отвору; розвинути почуття точності під час вимірювання параметрів деталей та точності під час розмітки й виховати почуття відповідальності за якісне виконання практичного завдання.

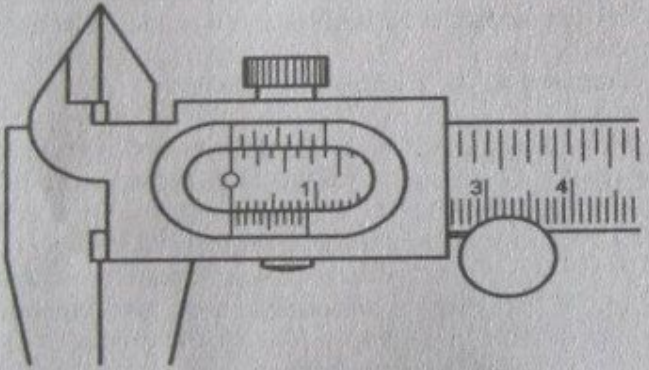
Обладнання: на мал. 1 (с. 3 обкладинки) зображено повний набір комплекту «Фізичне обладнання для виконання лабораторних робіт з механіки». Цифрами позначено обладнання, що його використовуватимуть у даному досліді (1 – штангенциркуль; 2 – мірна стрічка; 3 – металевий стержень; 4 – дерев'яний брусок; 5 – скляний капіляр).

Опис установки

Основним фізичним приладом під час виконання даної лабораторної роботи є штангенциркуль. Розглянемо його призначення та будову.

Штангенциркуль (нім. *Stangenzirkel*) – універсальний інструмент, призначений для вимірювань з високою точністю зовнішніх і внутрішніх розмірів предметів, а також глибини отворів. Штангенциркуль – найпопулярніший інструмент вимірювання в усьому світі. Завдяки простоті конструкції та зручності в роботі він є найуживанішим у прецизійному вимірюванні.

Штангенциркуль має ноніус (або верньєр); ноніусом названий на честь португальського математика П. Нуніша. Сучасна конструкція шкали була запропонована французьким математиком П. Верньє в 1631 р., на честь якого її називають верньєром. Шкала-ноніус зазвичай має ті самі 10 поділок, що й основна шкала, а за довжиною дорівнює тільки 9 її поділкам), це дає змогу виміряти довжину з точністю до 0,1 мм. Ноніус має 10 розподілів довжини масштабу 9 мм. Якщо нульові позначки обох масштабів збігаються (мал. 2), то перша позначка розподілу ноніуса масштабу відхиляється на 0,1 мм від головного масштабу, друга – на 0,2 мм, третя – на 0,3 мм і т. д. Якщо ноніус масштабу переміщений таким чином, що, наприклад, його четверта позначка розміщується над четвертою позначкою вимірювального масштабу, то це означає, що дві нульові позначки відхиляються до 0,4 мм, тобто виміряне значення має бути підвищене до 0,4 мм.



Мал. 2. Розподіл ноніусів штангенциркуля

Складові штангенциркуля (на прикладі ШЦ-1): штанга рухома, рамка, шкала штанги, губки для внутрішніх вимірювань, губки для зовнішніх вимірювань, лінійка глибиноміра, ноніус та гвинт для фіксації рамки.

Порядок відліку вимірювань штангенциркуля зі шкал штанги і ноніуса такий:

1) зчитують число цілих міліметрів: для цього знаходять на шкалі штанги штрих, найбільшій зліва до нульового штриха ноніуса, і запам'ятовують його числове значення;

2) зчитують частки міліметра: для цього на шкалі ноніуса знаходять штрих, найбільшій до нульової поділки і що збігається зі штрихом шкали штанги, перемножують його порядковий номер і ціну поділки шкали (0,1 мм) ноніуса;

3) обчислюють повне значення показань штангенциркуля, для чого до числа цілих міліметрів додають визначені частки міліметра.

Зазначимо, що згідно з ГОСТ 166 – 89 існують такі види штангенциркулів:

- ШЦ-1 – штангенциркуль з двобічним розташуванням губок для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів і з лінійкою для вимірювання глибин;

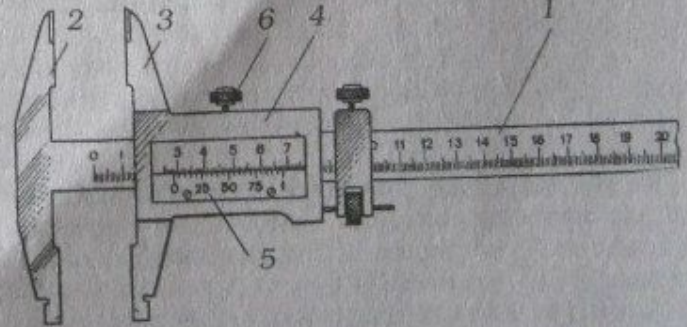
- ШЦ-ІС – штангенциркуль із стрілочним відліком для відліку вимірювань замість ноніуса має відлікову стрілочну головку. У вимці штанги розміщена рейка, з якою зчеплена шестерня головки, тому результати вимірювання штангенциркулем, що відповідають положенню губок, зчитують на круговій шкалі головки за розташуванням стрілки. Це значно простіше, швидше і менш обтяжливо для виконавця, ніж зчитування за ноніусом;

- ШЦТ-1 – з одnobічним розташуванням губок, виготовлених з твердого сплаву для вимірювання зовнішніх розмірів і глибин в умовах підвищеного абразивного зношування;

- ШЦ-ІІ – з двобічним розташуванням губок для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів і для розмітки. Для полегшення розмітки оснащений рамкою мікрометричної подачі;

- ШЦ-ІІІ – з одnobічним розташуванням губок для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів.

Штангенциркуль складається зі сталевій масштабній лінійці 1, яка поділена на сантиметри і міліметри (мал. 3). На початку лінійки закріплено нерухомі губки 2. По лінійці переміщується рамка 4, яка становить єдине ціле з губками 3. Ці губки паралельні губкам 2 і можуть підходити до них впритул. Рамку можна закріпити в потрібному положенні гвинтом 6. У корпусі деяких штангенциркулів також є лінійка глибиноміра, яка дає змогу виміряти глибину предмета.



Мал. 3. Схематичне зображення штангенциркуля

У рамці є вікно 5, нижній край якого розташований напроти поділок масштабної лінійки. На цьому краю нанесено поділки дещо іншого масштабу, ніж поділки основної шкали. Ця додаткова лінійка називається лінійним ноніусом. Шкала найпростішого ноніуса будується так, щоб m поділок ноніуса відповідали $m - 1$ поділкам основної шкали.

Нехай ціна поділки основної шкали становить x_0 , а шкали ноніуса – x . Тоді довжина відрізка до збігу поділок дорівнюватиме: $m x = (m - 1) x_0$.

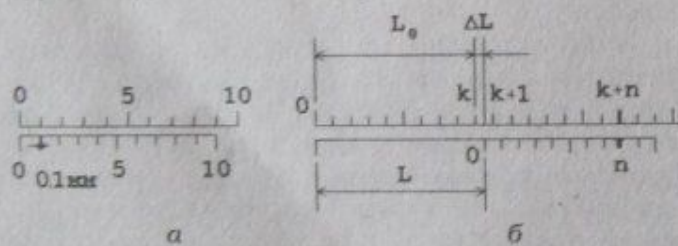
$$\text{звідси } x = x_0 \frac{x_0}{m}.$$

Різниця між ціною поділки основної шкали і ціною поділки ноніуса називається точністю ноніуса:

$$\Delta x = x_0 - x = \frac{x_0}{m}.$$

Як бачимо, точність ноніуса дорівнює ціні поділки шкали масштабної лінійки, поділеної на число поділок ноніуса.

Виберемо $m = 10$, а $x_0 = 1$ мм. Якщо сумістити нульову поділку шкали такого ноніуса з нульовою поділкою основної шкали, то 10-та поділка ноніуса виявиться суміщеною з 9-тою поділкою масштабної лінійки (мал. 4, а). При цьому перша поділка ноніуса не дійде до 1-ї поділки лінійки на 0,1 мм; 2-га поділка ноніуса не дійде до 2-ї поділки шкали лінійки на 0,2 мм і т. д. (мал. 4, а). Шкали штангенциркуля наносяться таким чином, щоб у разі зсунутих губок нуль шкали ноніуса і нуль основної шкали збігалися. Під час вимірювання довжини штангенциркулем предмет поміщають між губками, губки зсувають до стикання з предметом і закріплюють їх у такому положенні гвинтом б; потім проводять відлік за допомогою ноніуса.



Мал. 4

Довжина предмета L дорівнює відстані від нуля основної шкали до нуля зміщеного ноніуса і складається з цілого числа k поділок основної шкали $L_0 = k x_0$ та деякої частини наступної поділки основної шкали – відрізка ΔL (мал. 4, б): $L = L_0 + \Delta L$. Знаходимо поділку ноніуса (наприклад, n), що збігається з поділкою основної шкали ($k + n$), тоді $\Delta L = n x_0 - k x = n \Delta x$.

Отже, $L = k x_0 + n \Delta x$.

Звідси випливає **правило відліку довжини за допомогою ноніуса**: вимірювана довжина L дорівнює сумі числа малих поділок основної шкали ($k x_0$) і точності ноніуса Δx , помноженої на номер n його поділки, яка збігається з поділкою основної шкали.

Якщо під час вимірювання не виявиться жодної поділки ноніуса, яка збігалася б точно з поділкою основної шкали, то відлік починають по тій поділці, що найближче розміщена до одної з поділок основної шкали масштабної лінійки. Значення незбігу не перевищує половини точності ноніуса Δx . Отже, похибка відліку за ноніусом дорівнює половині його точності.

Хід виконання вимірювань

Завдання 1. Вимірювання довжини предмета.

Спочатку за допомогою мірної стрічки тричі виміряйте довжину металевого стержня. Аналогічні вимірювання стержня (якщо можливо за наявної довжини стержня) виконайте за допомогою штангенциркуля (мал. 5 на с. 3 обкладинки). Обчисліть похибки прямих вимірювань довжини стержня. Визначте інструментальну похибку.

Те саме повторіть під час вимірювання довжини дерев'яного бруска (мал. 6 на с. 3 обкладинки).

Завдання 2. Вимірювання внутрішнього та зовнішнього діаметрів скляного капіляра.

За допомогою губок для внутрішніх вимірювань штангенциркуля вимірюємо внутрішній діаметр капіляра (мал. 7 на с. 3 обкладинки). Під час вимірювання капіляр поміщають між губками, губки зсувають до стикання з предметом і закріплюють їх у такому положенні гвинтом, а потім виконують відлік за допомогою ноніуса.

Так само виконується вимірювання і зовнішнього діаметра капіляра (мал. 8 на с. 3 обкладинки).

Завдання 3. Виміряйте глибину металевої трубки.

Маємо металеву трубку, глибину якої потрібно виміряти. Це можна зробити за допомогою лінійки глибиноміра штангенциркуля (мал. 9 на с. 3 обкладинки). Вимірювання повторіть тричі.

Результати вимірювань з усіх трьох завдань, а також похибки для кожного із вимірювань записуємо до таблиці.

Контрольні запитання

1. Яке призначення штангенциркуля? Яка його будова? Назвіть його метрологічні показники.
2. Які правила користування штангенциркулем?
3. Як визначається точність ноніуса?
4. Продемонструйте прийоми вимірювання внутрішніх і зовнішніх розмірів деталей.
5. Яка точність вимірювань штангенциркулем?

Т а б л и ц я

Результати вимірювань та обчислень

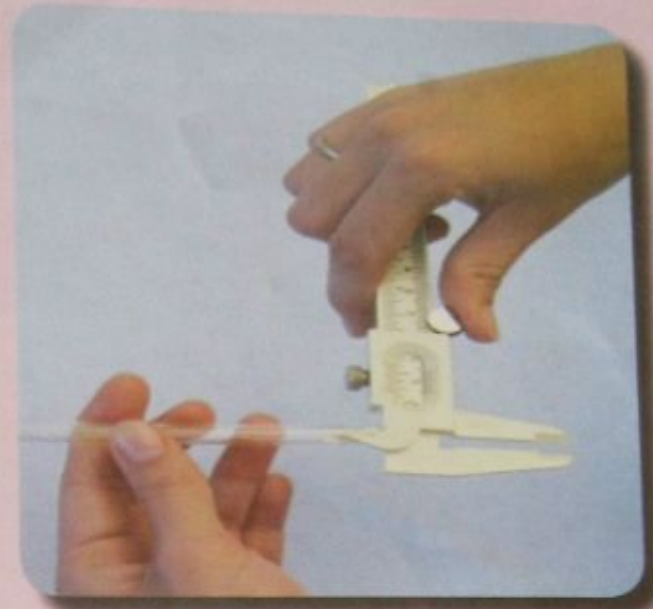
№	$l_{m_1}, \text{ м}$	$\Delta l_{m_1}, \text{ м}$	$l_{m_2}, \text{ м}$	$\Delta l_{m_2}, \text{ м}$	$l_{o_1}, \text{ м}$	$\Delta l_{o_1}, \text{ м}$	$l_{o_2}, \text{ м}$	$\Delta l_{o_2}, \text{ м}$	$d_o, \text{ м}$	$\Delta d_o, \text{ м}$	$d_s, \text{ м}$	$\Delta d_s, \text{ м}$	$l_p, \text{ м}$	$\Delta l_p, \text{ м}$
1														
2														
3														

ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИН І ДІАМЕТРІВ РІЗНИХ ПРЕДМЕТІВ

До статті Віктора Слюсаренка (с. 36 – 38)



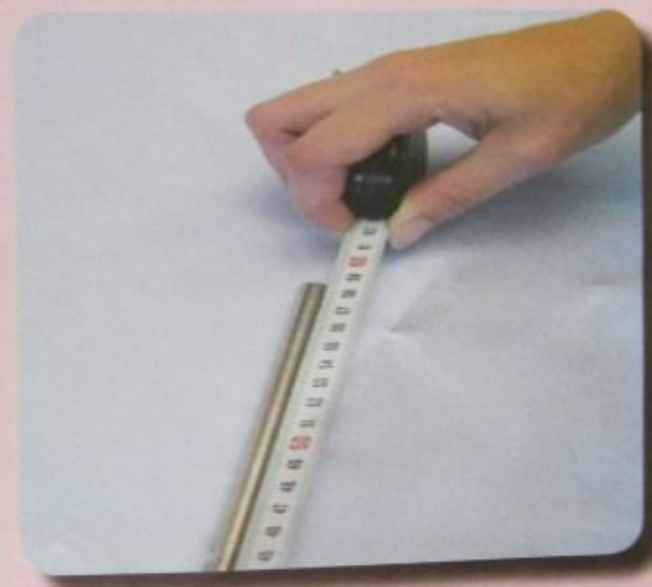
Мал. 1. Комплект з механіки для виконання фронтальних дослідів



Мал. 5. Вимірювання довжини стержня



Мал. 6. Вимірювання довжини бруска



Мал. 7. Вимірювання внутрішнього діаметра капіляра



Мал. 8. Вимірювання зовнішнього діаметра капіляра



Мал. 9. Вимірювання глибини металевої трубки