

**ЗАВДАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРУ**  
**III (обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, 2014/15 н.р.**

**УМОВИ ЗАДАЧ**

**8 клас**

**З а д а ч а .** Виміряти густину деревини.

*Обладнання.* Досліджуваний зразок деревини (неправильної форми); циліндрична посудина з водою (густина води  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ ); смужка міліметрового паперу; скотч; ножиці.

**9 клас**

**З а д а ч а .** Виміряти опір резистора.

*Обладнання.* Досліджуваний резистор; дротяний реостат, максимальний опір якого перевищує опір досліджуваного резистора (максимальний опір реостата  $R = 6 \text{ Ом}$ ); джерело струму (батарейка); амперметр; три з'єднувальні провідники; смужка міліметрового паперу.

*Примітка.*

1. Зверніть увагу на те, що у наявності є лише *три* з'єднувальні провідники.
2. Про опір амперметра нічого не відомо.

**10 клас**

**З а д а ч а .** Виміряти коефіцієнт тертя ковзання пластмасового бруска по дерев'яній дошці та знайти масу цього бруска.

*Обладнання.* Досліджуваний брусок з пластмасовими стінками (маса бруска перевищує межу вимірювання динамометра); динамометр на 4 Н; дерев'яна дошка; лінійка; нитка.

**11 клас**

**З а д а ч а .** Виміряти коефіцієнт поверхневого натягу води.

*Обладнання.* Посудина з водою (густина води  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ); піпетка; пробірка; міліметровий папір; скотч; ножиці.

**Увага!** У роботі необхідно відобразити такі компоненти.

1. Теоретичне обґрунтування способу вимірювання (отримання робочої формули, опис досліду).
2. Опис ходу виконання експерименту із наведенням результатів прямих вимірювань.
3. Розрахунки.
4. Оцінка похибок результату вимірювання.
5. Запис кінцевого результату та його аналіз (серед іншого, бажано вказати: чи правдоподібним є результат; які вимірювання, на Ваш погляд, були найменш точними; як можна підвищити їх точність).

## РОЗВ'ЯЗАННЯ

### 8 клас

Для визначення густини деревини проведемо вимірювання маси  $m$  та об'єму  $V$  досліджуваного зразка. Для вимірювання маси покладемо шматок деревини у циліндричну посудину з водою. Відповідно до закону Архімеда маса цього зразка деревини дорівнюватиме масі витісненої ним води

$$m = \rho_0 V_1 = \rho_0 S h_1, \quad (1)$$

де  $\rho_0$  – густина води,  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$V_1$  – об'єм води, що витісняє шматок деревини;

$S$  – площа перерізу циліндричної посудини з водою;

$h_1$  – зміна висоти рівня води у посудині після того, як туди поклали зразок.

Об'єм шматка деревини знайдемо за зміною висоти рівня  $h_2$  води у посудині при повному зануренні цього шматка

$$V = S h_2. \quad (2)$$

З урахуванням формул (1) і (2) знаходимо робочу формулу для густини деревини

$$\rho = \frac{m}{V} = \rho_0 \frac{h_1}{h_2}. \quad (3)$$

Отже, для визначення  $\rho$  потрібно виміряти зміни висоти рівня води, коли брусок плаває на поверхні води –  $h_1$  та у випадку його повного занурення –  $h_2$ . Ці вимірювання проводяться безпосередньо за допомогою смужки міліметрового паперу (для зручності її можна зафіксувати скотчем на бічній поверхні посудини).

Враховуючи вигляд робочої формули (3), межі відносної  $\varepsilon_\rho$  та абсолютної  $\Delta\rho$  похибок вимірювання густини можна оцінити так:

$$\varepsilon_\rho = \varepsilon_{h_1} + \varepsilon_{h_2} = \frac{\Delta h_1}{h_1} + \frac{\Delta h_2}{h_2}, \quad \Delta\rho = \varepsilon_\rho \cdot \rho.$$

### 9 клас

Для визначення опору  $R_x$  досліджуваного резистора спочатку збираємо електричне коло за схемою, наведеною на рис. 1, а. Нехай сила струму, що вимірює амперметр у цьому колі, дорівнює певному значенню  $I_0$ .

Далі замість резистора з невідомим опором підключаємо реостат, максимальний опір  $R$  якого, за умовою задачі, перевищує опір досліджуваного резистора (рис. 1, б). Поступово зменшуючи опір реостата, досягаємо значення сили струму у колі  $I_0$ . При цьому опір ділянки реостата буде дорівнювати опорі  $R_x$  досліджуваного резистора.

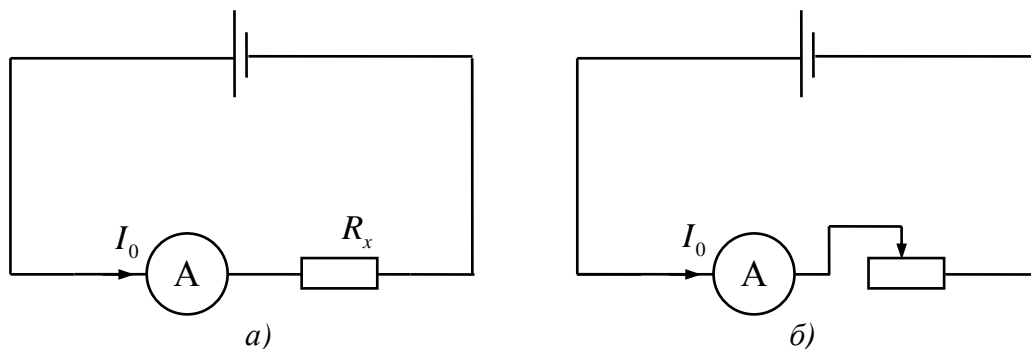


Рис. 1. Електричні схеми дослід з вимірювання опору резистора.

Враховуючи формули для максимального опору реостата

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

та для його ділянки (опір якої дорівнює шуканому опору резистора)

$$R_x = \rho \frac{l_x}{S},$$

знаходимо формулу для опору досліджуваного резистора

$$R_x = R \frac{l_x}{l}. \quad (1)$$

У формулі (1)  $l_x$  та  $l$  – відповідно довжини дроту ділянки та всього реостата. Для зручності відношення  $l_x/l$  можна замінити відношенням довжини ділянки обмотки  $L_x$  до довжини всієї обмотки  $L$  реостата

$$R_x = R \frac{L_x}{L}. \quad (2)$$

Формула (2) є робочою формулою у даному експерименті. Довжини  $L_x$  та  $L$  вимірюються безпосередньо за допомогою смужки міліметрового паперу.

Слід зазначити, що формулу (1) можна записати і через відношення кількості витків  $N_x$  ділянки реостата до загальної кількості витків  $N$ :

$$R_x = R \frac{N_x}{N}.$$

В останньому випадку в експерименті можна обійтись без міліметрового паперу.

Враховуючи вигляд робочої формули (2), межі відносної  $\varepsilon_{R_x}$  та абсолютної  $\Delta R_x$  похибок можна оцінити так:

$$\varepsilon_{R_x} = \varepsilon_{L_x} + \varepsilon_L = \frac{\Delta L_x}{L_x} + \frac{\Delta L}{L}, \quad \Delta R_x = \varepsilon_{R_x} \cdot R_x.$$

### 10 клас

*Вимірювання коефіцієнта тертя ковзання.*

Скористаємось дерев'яною дошкою як похилою площиною. Поступово збільшуючи кут її нахилу, знаходимо такий мінімальний кут  $\alpha$ , при якому брусок починає ковзати (рис. 1).

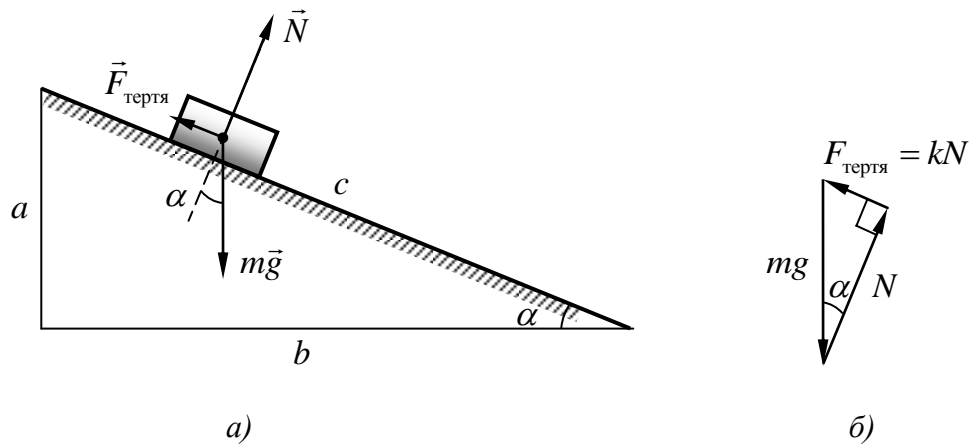


Рис. 1. Вимірювання коефіцієнта тертя ковзання.

Оскільки брусок рухається без прискорення, сума сил тяжіння  $m\vec{g}$ , реакції опори  $\vec{N}$  та тертя  $\vec{F}_{\text{тертя}}$  має дорівнювати нулеві:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тертя}} = \vec{0}.$$

Графічно останню рівність показано на рис. 1,б. З трикутника сил дістаємо

$$k = \tan \alpha.$$

Для обчислення  $k$  можна скористатись робочою формулою (див. рис. 1,а)

$$k = \frac{a}{b}. \quad (1)$$

де  $a$  – висота похилої площини – визначається шляхом прямих вимірювань;

$b$  – довжина основи похилої площини,  $b = \sqrt{c^2 - a^2}$  ( $c$  – довжина похилої площини – визначається прямими вимірюваннями).

Враховуючи вигляд робочої формули (1), межі відносної  $\varepsilon_k$  та абсолютної  $\Delta k$  похибок можна оцінити так:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_a + \varepsilon_b = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}; \quad \Delta k = \varepsilon_k \cdot k.$$

*Вимірювання маси бруска.*

За допомогою динамометра рівномірно переміщуємо брусок у горизонтальній площині по дошці. При цьому, очевидно,

$$F = k \cdot mg.$$

Звідки отримуємо робочу формулу для маси бруска

$$m = \frac{F}{kg}. \quad (2)$$

Межі відносної  $\varepsilon_m$  та абсолютної  $\Delta m$  похибок можна оцінити за формулами:

$$\varepsilon_m = \varepsilon_F + \varepsilon_k = \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta k}{k}; \quad \Delta m = \varepsilon_m \cdot m.$$

## 11 клас

**Метод відриву крапель.** Відомо, що з вузьких трубок рідина може витікати окремими краплями, форма яких близька до кулеподібної. При виході з трубки розмір краплі поступово зростає (її відриву протидіють сили поверхневого натягу). Перед відривом краплі утворюється шийка, радіус якої дещо менший, ніж внутрішній радіус трубки. Вздовж кола цієї шийки і діє сила поверхневого натягу (рис. 1, а). Відрив краплі відбувається при певному її розмірі, коли сила тяжіння стає рівною за модулем силі поверхневого натягу

$$mg = \pi d \cdot \sigma, \quad (1)$$

де  $m$  – маса краплі;  $d$  – діаметр шийки (наближено його можна вважати рівним діаметру отвору піпетки);  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу рідини.

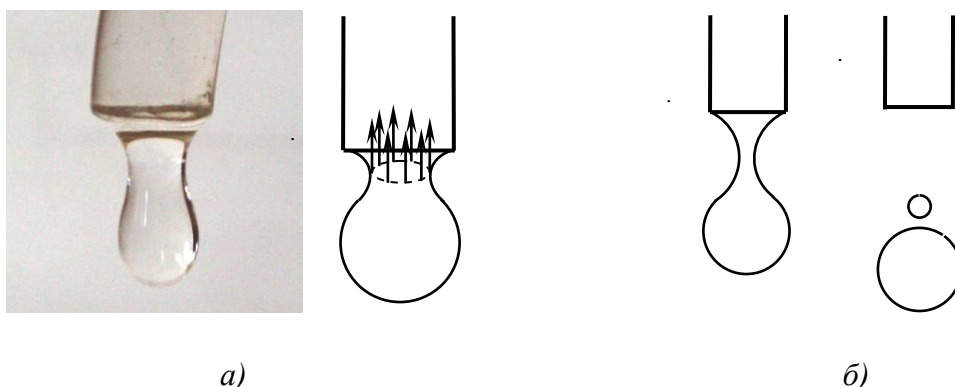


Рис. 1. Процес відриву краплі.

З формули (1) отримуємо

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d}. \quad (2)$$

Масу краплі  $m$  можна виразити через масу  $M$  певного числа  $N$  крапель. У цьому випадку формула (2) набирає вигляду

$$\sigma = \frac{Mg}{\pi Nd}. \quad (3)$$

Масу ж  $M$  води можна знайти, вимірявши її об'єм у пробірці

$$M = \rho V = \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot h, \quad (4)$$

де  $\rho$  – густина води;

$D$  – внутрішній діаметр пробірки;

$h$  – висота рівня води у пробірці.

Підставляючи (4) у (3), отримуємо робочу формулу для коефіцієнта поверхневого натягу води у розглядуваному методі

$$\sigma = \frac{\rho g}{4} \cdot \frac{D^2 h}{Nd}. \quad (5)$$

Величини  $D$ ,  $h$ ,  $d$ , що входять у робочу формулу, знаходяться за допомогою міліметрового паперу. При цьому для вимірювання внутрішнього діаметра пробірки можна виготовити ступінчастий калібр (рис. 2).

Враховуючи вигляд робочої формули (5), межу відносної похибки  $\varepsilon_\sigma$  можна оцінити так:

$$\varepsilon_\sigma = 2\varepsilon_D + \varepsilon_h + \varepsilon_N + \varepsilon_d = 2\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta d}{d}.$$

Межа абсолютної похибки

$$\Delta\sigma = \varepsilon_\sigma \cdot \sigma.$$

Зазначимо, що даний спосіб визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини дає досить добрі результати, попри те, що насправді відрив краплі відбувається не вздовж лінії кола шийки. В момент, коли розмір краплі досягає значення, яке визначається рівністю (1), шийка починає швидко звужуватися (рис. 1, б), при цьому утворюється ще одна (маленька) крапля.

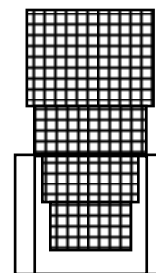


Рис. 2. Вимірювання внутрішнього діаметра ступінчастим калібром.