

## Завдання 1.

### Обладнання:

- 1) Резистор з відомим опором  $R_0 = 7,5 \text{ кОм}$ ;
- 2) Трикутник опорів (при виконанні завдань **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ** порушувати пайку! Але дозволяється з'єднувати і **обережно** згинати контакти);
- 3) Вольтметр шкільний;
- 4) Джерело постійного струму;
- 5) З'єднувальні провідники.

### Визначте:

- 1) Опір вольтметра. *Відносна похибка відомого опору становить 10%;*
- 2) Опір кожного з елементів у трикутнику опорів. *Вважайте, що відносна похибка отриманих Вами значень опорів є такою, що дорівнює відносній похибці вимірювання опору вольтметра.*

### **Розв'язок експериментального завдання №1 (9 клас)**

#### ***Питання 1***

Спочатку визначаємо напругу  $U_0$  на затискачах джерела струму, під'єднуючи до нього вольтметр. Визначаємо за допомогою відомого опору  $R$  або невідомих опорів трикутника напругу на джерелі, паралельно підключаючи до них вольтметр. Робимо висновок, що  $U_0$  є сталою, отже, спад напруги на джерелі відсутній.

Потім збираємо схему, у якій *послідовно* з'єднані джерело струму, вольтметр та резистор з відомим опором  $R$ . Виходячи з закону Ома для цього випадку, отримуємо:

$$R_V = \frac{R \cdot U_V}{U_0 - U_V},$$

де  $U_V$  — спад напруги на вольтметрі у цьому випадку.

$$R_V = 6,0 \text{ кОм.}$$

Відносну похибку отриманого значення опору вольтметра визначаємо таким чином:

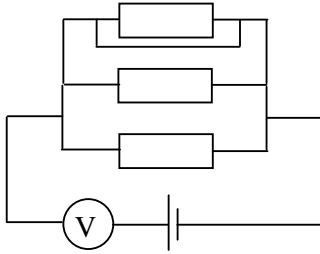
$$\varepsilon_{R_V} = \varepsilon_{U_V} + \varepsilon_{(U_0 - U_V)} + \varepsilon_R \approx 0,2.$$

Таким чином, опір вольтметра  $6,0 \pm 1,2 \text{ кОм}$ .

#### ***Питання 2***

Для спрощення розрахунків невідомих опорів трикутника доцільно використати три схеми, у кожній з яких один з резисторів закорочений. В цьому випадку маємо два паралельно з'єднаних резисторів з трикутника (див. рис.). При цьому обов'язково у процесі вимірювань вольтметр підключати *послідовно* з трикутником опорів (див. рис.). Значення показів вольтметра маємо  $U_{V1}$ ,  $U_{V2}$ ,  $U_{V3}$ .





$$r_i = \frac{U_0 - U_{Vi}}{U_{Vi}} R_V,$$

де  $r_i$  — опір ділянки трикутника, коли два довільні резистори з'єднані паралельно (див. рис.);  $U_{Vi}$  — спад напруги на вольтметрі при  $i$ -ому вимірюванні  $i = 1, 2, 3$ .

$$\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_j} = \frac{1}{r_i}.$$

де  $R_k, R_j$  - значення невідомих опорів,  $((k, j, i) \in \{1, 2, 3\}, k \neq j \neq i)$ .

Зокрема:

$$\begin{cases} \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{r_1} & (1) \\ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{r_2} & (2) \\ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{r_3} & (3) \end{cases}$$

Спільно розв'язуючи систему рівнянь (1), (2), (3) отримаємо значення шуканих опорів

$$R_1 = \frac{2}{\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_1}} = 68 \text{ кОм.}$$

$$R_2 = \frac{2}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_2}} = 6,8 \text{ кОм.}$$

$$R_3 = \frac{2}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3}} = 22 \text{ кОм.}$$

:  $(68 \pm 14)$  кОм,  $(22 \pm 14)$ , кОм,  $(6,8 \pm 1,4)$  кОм.

*Зауважимо, що отримати значення невідомих опорів трикутника можна і не закорочуючи один з опорів, але в цьому випадку математичні перетворення стають вкрай громіздкими.*

### Загальні вказівки:

Відомо, що коефіцієнт розширення води є невеликим. Тоді для заміру того, як змінюється густина води треба, щоб у приладі був елемент, який може вловити дуже малі відносні змінення зануреного об'єму. Тоді зрозуміло, що таким елементом повинний бути дріт поставлений вертикально – для великого підйому при малому зміні об'єму. А частина під водою повинна бути як найбільшою.

Розумна конструкція може бути такою, як показано на фото. Звичайно можливими можуть бути і інші варіації конструкції, однак вони повинні відповідати наступним вимогам, які впливають з написаного вище та зауважень вказаних в умові задачі:

- 1) Пластилін неможна занурювати у воду, оскільки це приведе до його розм'якнення та розчинення.
- 2) Заміри підйому повинні бути проведені на дроті, для кращого співвідношення зануреного об'єму та висоти підйому кінця тіла.
- 3) Занурене у воду тіло повинно бути найбільшого об'єму.
- 4) Повинна бути обрана температура води вказана в умові задачі.



Вказана у роботі шукана величина – термічний коефіцієнт змінення густини  $\alpha = |\Delta\rho/\Delta t|$ , де  $\Delta t$  – змінення температури,  $\Delta\rho$  – змінення густини.

$$\alpha = |\Delta\rho/\Delta t| = \rho \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta t}$$

Отримані в нашому експерименті величини були приблизно такі:

Діаметр дроту можна було виміряти за допомогою нитки, зробивши декілька витків навколо дроту :  $d = 0,8 \text{ мм} \Rightarrow s = \pi \frac{d^2}{4} \approx 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$

Об'єм зануреної частини приладу (виміряно за допомогою мензурки):

$V \approx 20 \text{ мл.}$

Густина води (можна брати наближене значення):  $\rho \approx 1000 \text{ г/м}^3$ .

Підняття рівня рідини:  $\Delta h \approx 1,5 \text{ см.}$

Змінення температури води:  $\Delta t = 47-45 \approx 2^\circ\text{C}.$

**Шуканий коефіцієнт:  $\alpha \approx 0,19 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{град.}$**

Точність розрахунків невелика, оскільки є важкою процедура визначення висоти підняття рівня кінці дроту, за рахунок складної форм посудини.

Складним є також технологія виготовлення приладу, так, щоб дріт був вертикальним, щоб прилад під час замірів не торкався стінок посудини.