

Завдання експериментального туру
III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
9-й клас. Львів, 1-2 березня 2025р.

Завдання

Визначте величину $(R_{13} + R_{AA} - R_{BB})/2$ за допомогою одного безпосереднього вимірювання. **А, також:**

- Математично обґрунтуйте алгоритм безпосереднього вимірювання величини $(R_{13} + R_{AA} - R_{BB})/2$;
- Намалюйте схему з'єднання елементів кола для безпосереднього вимірювання величини $(R_{13} + R_{AA} - R_{BB})/2$;
- Проведіть вимірювання та оцініть точність експерименту.

Обладнання: Цифровий мультиметр налаштований на вимірювання опору, два резистори постійного опору R_{AA} , R_{BB} та змінний резистор (потенціометр) з виводами 1, 2, 3 (R_{13} – загальний (повний) опір потенціометра).

Гранична похибка ΔR_M вимірювання величину опору мультиметра на діапазоні 8 кОм становить 0,041 кОм, на діапазоні 80 кОм – 0,41 кОм.

РОЗВ'ЯЗОК

Із усіх варіантів підключення резисторів розглянемо їх мішане з'єднання згідно схеми представлені на рис. 1.

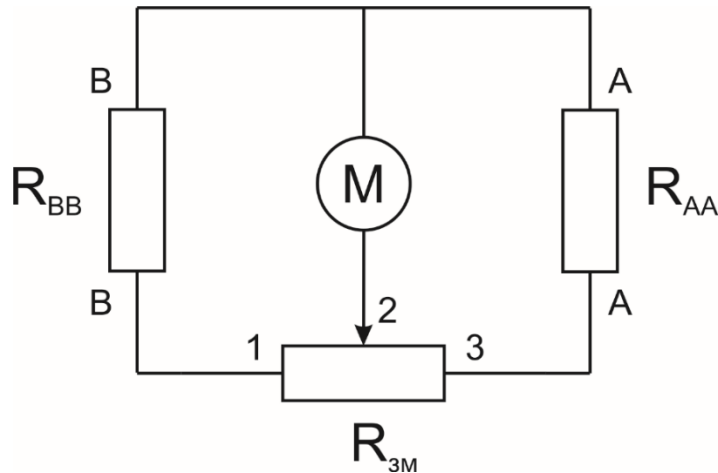


Рис.1. Схема підключення резисторів (R_{3M} – потенціометр)

Під'єднавши мультиметр до точок АВ та 2 (мультиметр позначений літерою М, див. рис.1), вимірюємо величину R_M , яка визначається співвідношенням:

$$R_M = \frac{(R_{BB}+x)(R_{AA}+R_{13}-x)}{R_{13}+R_{AA}+R_{BB}} = \frac{-x^2+(R_{13}+R_{AA}-R_{BB})x+R_{BB}(R_{AA}+R_{13})}{R_{13}+R_{AA}+R_{BB}}, \quad (1)$$

де x – опір потенціометра між точками 1 та 2, який можна змінювати повертаючи його ручку (див рис.2).

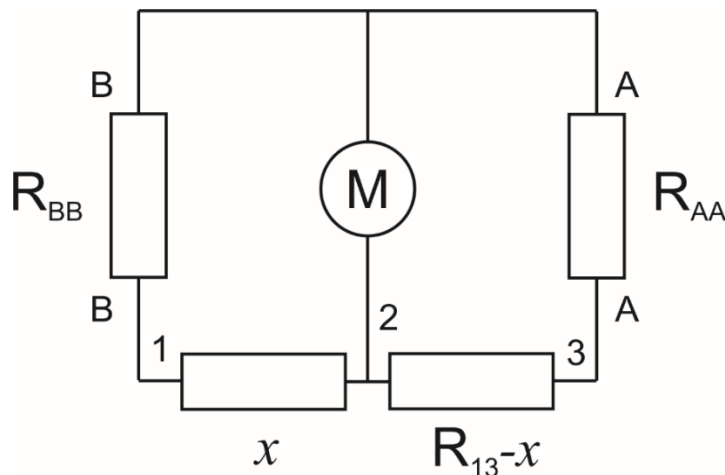


Рис. 2.

Рівняння 1 описує параболу вітки якої напрямлені вниз (див. рис. 3). Знайдемо координату x_c вершини параболи:

$$x_c = -\frac{b}{2a} = \frac{(R_{13}+R_{AA}-R_{BB})}{2}. \quad (2)$$

де $a = -\frac{1}{R_{13}+R_{AA}+R_{BB}}$, $b = \frac{R_{13}+R_{AA}-R_{BB}}{R_{13}+R_{AA}+R_{BB}}$ – параметри параболи.

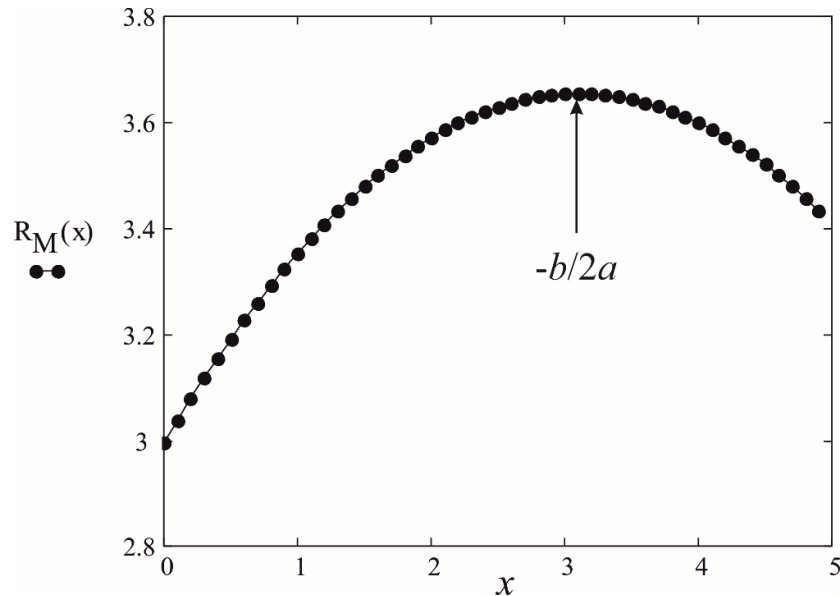


Рис. 3. Залежність опору, який вимірює мультиметр від величини x .

Таким чином алгоритм вимірювання шуканої величини $(R_{13} + R_{AA} - R_{BB})/2$ полягатиме у вимірюванні опору змінного резистора R_{12} (або x_c) між точками 1 та 2 за умови отримання максимального значення величини опору між точками АВ та 2 в колі схему, якого представлено на рис. 1 та 2. Максимальне значення опору можна отримати плавно повертаючи ручку потенціометра (див. рис. 3).

Розглянемо результати експерименту проведеного для одного з комплектів задачі.

R_{12} , кОм	$ \Delta R_{12} $, кОм	ΔR_M , кОм
3,121	0,0004	
3,158	0,0366	
3,102	0,0194	
3,122	0,0006	
3,104	0,0174	
$\langle R_{12} \rangle = 3,1214$	$\langle \Delta R_{12} \rangle = 0,015$	0,041

Похибка $\langle \Delta R_{12} \rangle + \Delta R_M = 0,056$ кОм.

Кінцевий результат:

$$(R_{13} + R_{AA} - R_{BB})/2 = (3,121 \pm 0,056) \text{ кОм}, \delta = 1,8\%.$$

*Оскільки допуск серії змінних резисторів в експерименті становить $\sim 10\%$, то спостерігатиметься незначне відхилення шуканої величини величини для різних комплектів.

*Похибка в даному прикладі обчислюється, використовуючи поняття середнього арифметичного (без застосування теорії похибок).