

10-1. «Чорна» скринька

«Чорна» скринька має 3 виводи і містить схему, яка складається з 2 резисторів і нелінійного елемента.

Примітка. Нелінійними називають такі елементи електричних схем, які мають нелінійну вольт-амперну характеристику, тобто, елементи, опір яких залежить від величини протікаючого струму.

Визначити:

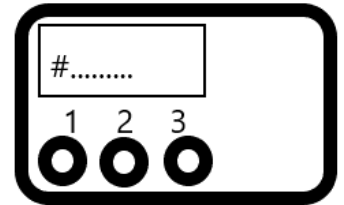
А) схему ввімкнення елементів («зіркою» чи «трикутником»), (на зображенні схеми використовуйте таку нумерацію виводів – 1, 2, 3 – зліва - направо, коли скринька повернута так, що її номер – зверху);

Б) опори резисторів у «чорній» скриньці;

В) характер залежності опору нелінійного елемента від струму (для даного елемента опір, як відношення напруги на ньому до струму, монотонно зростає чи спадає при збільшенні струму через нього).

Обладнання: «чорна» скринька, батарейка, змінний резистор, два постійних резистори різного опору, з'єднувальні провідники, мультиметр.

Примітка 1. Не обов'язково застосовувати всі надані Вам резистори, але використання деяких з них може спростити здійснення серії вимірювань.

**Розв'язування:**

Для вимірювання опору необхідно під'єднати джерело струму до пари виводів «чорної» скриньки, виміряти напругу на цій парі виводів і силу струму. Але під'єднувати батарейку прямо до виводів – погана ідея, струм може виявитись великим. Послідовно слід ввімкнути резистор. Краще змінний, це дасть можливість змінювати струм через «чорну» скриньку щоб відрізнити нелінійний елемент від звичайних опорів. Вимірюємо струм і напругу для кожної пари виводів «чорної» скриньки для 2-3 різних величин струму. Результати вимірювань заносимо в таблицю, рахуємо опори.

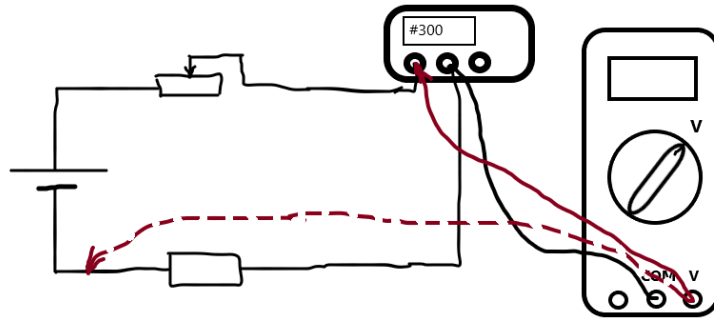
Проводити вимірювання буде зручніше і швидше, якщо для вимірювання струму не перемикає мультиметр в розрив кола, а ввімкнути послідовно ще один невеликий постійний резистор, попередньо вимірявши його опір омметром. Падіння напруги на цьому резисторі дасть можливість визначати величину струму.

Порівнюючи опори, виміряні між трьома парами виводів, при різних величинах струму, визначаємо, яка схема з'єднання елементів у скриньці: зіркою чи трикутником. Якщо опір між однією з пар виводів виходить однаковий при різних величині сили струму, це значить, що між цими выводами ввімкнуті лише резистори – схема ввімкнення – «зірка». (Саме ця схема реалізована в задачі). Порівнюючи опори при різних струмах також одразу можна відповісти на питання задачі: як залежить опір нелінійного елемента від величини струму.

Для коректного розв'язування системи рівнянь для опорів необхідно, щоб опір нелінійного елемента залишався постійним. Для з'єднання «зіркою» цього можна досягти, підтримуючи струм постійним (за допомогою змінного резистора, під'єданого послідовно). Вимірюємо падіння напруги на парах виводів скриньки з нелінійним елементом при однаковій величині струму. Розв'язуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} R_1 + R_2 = R_{12} \\ R_1 + R_N = R_{13} \\ R_2 + R_N = R_{23} \end{cases}$$

Визначаємо опори резисторів R_1 і R_2 .



10-2. Теплове розширення 10кл

Обладнання: пробірка з пробкою, пластикова трубка (6.0x1.5), посудина, в яку можна налити гарячу воду, термометр, вимірювальна лінійка, міліметровий папір.

Завдання:

1. Використовуючи надане обладнання, запропонуйте спосіб демонстрації теплового розширення води.
2. Що означає маркування «6.0x1.5» пластикової трубки?
3. Побудуйте графік залежності об'єму води від температури (приблизно в діапазоні від 40 °C до 60 °C).
4. Визначте коефіцієнт об'ємного розширення води при температурах 40°C, 50°C, 60°C. Чи можна стверджувати, що коефіцієнти однакові в межах похибки?
5. Оцініть вплив на результат вимірювання теплового розширення скла пробірки. Коефіцієнт лінійного розширення скла $\alpha = 8.5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.
6. Яким чином можна мінімізувати похибки у вашому експерименті?

Розв'язання.

План експерименту:

1. Приєднуємо до пробірки, що повністю заповнена водою, пробку з трубкою. При цьому забезпечується відсутність повітря в пробірці та деякий стовпчик води в трубці (виникає при витісненні води пробкою і залежить від глибини входження в пробірку). Занурюємо пробірку у воду, температура якої трохи більша 60°C, а саме градусів 70-90 °C, залишаючи трубку назовні.

Температура в посудині спадає, а між пробіркою та зовнішньою водою встановлюється теплова рівновага. Поки пробірка прогрівається, довжина стовпчика води в трубці збільшується (це триває близько 5-10хв). Коли довжина перестав збільшуватись (чи деяка частина води витече через трубку і вона буде повністю заповненою), вважаємо, що настала теплова рівновага і температура води в пробірці дорівнює температурі води в посудині.

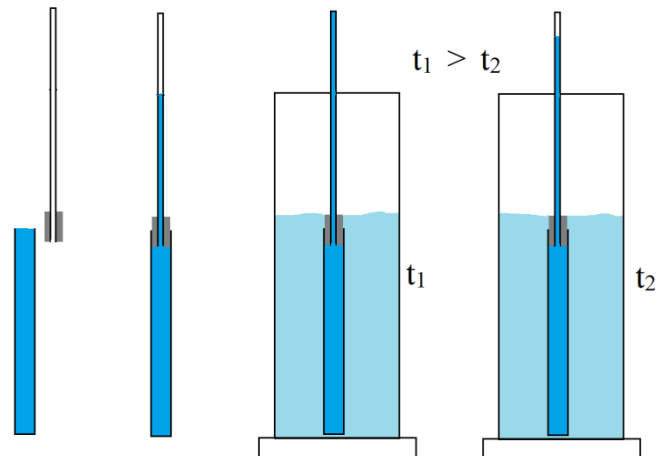
Після цього температура починає повільно спадати. Можна проводити вимірювання – фіксуємо зміну висоти водяного стовпчика.

2. Для розрахунку зміни об'єму води нам знадобиться площа перерізу трубки.

Для визначення діаметру трубки потрібно скористуватися наданим маркуванням для трубки. «6.0x1.5» означає, що зовнішній діаметр трубки є 6.0 мм, а товщина стінок трубки 1.5 мм. Про це можна здогадатися, приклавши лінійку до трубки. Тоді внутрішній діаметр трубки є 3 мм.

3. Об'єм води в пробірці можна виміряти за допомогою лінійки, як об'єм циліндру з напівсферичною частиною в нижній частині.

4. Отримані значення об'єму води при різних температурах варто представити на графіку. Тому вимірювання важливо проводити не при трьох вказаних температурах, а при 10-15 значеннях в вказаному інтервалі температур.



5. Розрахунок β . Скористаємося формулою теплового розширення

$$\Delta V/V = \beta \Delta t \quad \text{або} \quad \beta = \frac{\Delta V}{V \Delta t}.$$

Коефіцієнт об'ємного розширення води не є сталим. Так в інтервалі від 0 до 4 °C від від'ємний, а в діапазоні від 4 до 100 °C є додатнім.

В цьому досліді ΔV це збільшення об'єму води, яке добре видно по збільшенню рівня в трубці.

$$\Delta V = S \cdot \Delta h,$$

де S – площа перерізу трубки.

За об'єм води V можна взяти внутрішній об'єм пробірки. Саме в ній переважно знаходиться нагріта вода. Вода в трубці має значно меншу температуру.

Вимірюючи всі необхідні величини, визначаємо β в околі вказаних температур.

Орієнтовно значення β може бути $4.5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

6. Для врахування теплового розширення скла потрібно зауважити, що пробірка також розширюється і зміна об'єму, яку ми бачимо в трубці, це зміна об'єму води мінус зміна об'єму порожнини в склі, яка відбувається за тим самим законом, що і зміна об'єму скла:

$$\Delta V = \Delta V_{\text{води}} - \Delta V_{\text{скла}}$$

Для подальших розрахунків слід брати $\Delta V_{\text{води}}$.

$$\Delta V_{\text{води}} = \Delta V + \Delta V_{\text{скла}}$$

Оскільки об'ємне розширення скла ($\beta = 3\alpha = 25.5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$) приблизно на порядок менше, ніж об'ємне розширення води, то врахування його призведе до збільшення результату приблизно на 10%.