



**Завдання на самопідготовку до практичного заняття  
„ Постійний струм. Закони Ома. Правила Кірхгофа ”**

*Питання, що виносяться на практичне заняття*

1. Електричний струм та його характеристики.
2. Закони Ома та правила Кірхгофа.

*Література*

1. Конспект лекцій 14,15.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 1999. – 269с., т.2 §§ 2.1-2.6.

*Контрольні питання та вправи*

1. Дайте визначення електричного струму.
2. Дайте визначення сили струму, густини струму.
3. Які сили мають назву сторонніх?
4. Дайте визначення електрорушійної сили і напруги.
5. Дайте визначення питомого опору та питомої електропровідності.
6. Запишіть закон Ома в диференціальній та інтегральній формі.
7. Як визначається електричний опір ділянки кола в випадку послідовного та паралельного з'єднань?
8. Сформулюйте перше та друге правила Кірхгофа.
9. Як залежить електричний опір металів від температури і яка фізична природа такої залежності?
10. Дайте визначення температурного коефіцієнта опору.

*Приклади розв'язання типових задач*

**Задача 1.** На кінцях мідного провідника довжиною  $l = 10$  м підтримується різниця потенціалів  $\Delta\varphi = 5$  В. Визначити середню швидкість  $v$  упорядкованого руху електронів. Вважати, що на кожний атом міді припадає по два вільних електрона.

**Розв'язування:**

Згідно з законом Ома в диференціальній формі густина струму  $j = \sigma E$ , з іншого боку вона зв'язана з швидкістю  $v$  упорядкованого руху рівнянням  $j = nev$ . З цих двох рівнянь випливає, що

$$v = \frac{\sigma E}{en}$$

Як відомо, питома електропровідність міді  $\sigma$  зв'язана з питомим електричним опором  $\rho$  обернено пропорційною залежністю, тобто  $\sigma = 1/\rho$ , а напруженість електричного поля в провіднику можна знайти за виразом  $E = \Delta\varphi/l$ , тому вираз для швидкості руху набуває вигляду

$$v = \frac{\Delta\varphi}{\rho enl}$$

Концентрація вільних електронів у провіднику  $n = N_e/V$ , де  $N_e$  – їх загальна кількість, а  $V$  – об'єм провідника. Об'єм провідника  $V = Sl$ , де  $S$  – площа його поперечного перерізу, а загальна кількість вільних електронів  $N_e = 2N$ , де  $N$  – загальна кількість атомів міді в провіднику. Загальна кількість атомів міді дорівнює добутку числа молів  $\nu$  на число Авогадро  $N_A$ , тобто  $N = \nu N_A$ . Оскільки число молів  $\nu = m/\mu = \rho_m Sl/\mu$ , де  $m$  – маса провідника,  $\mu$  – молярна маса,  $\rho_m$  – густина міді, то враховуючи попередні міркування одержимо, що

$$N_e = 2 \frac{\rho_m Sl}{\mu} N_A,$$

а концентрація вільних електронів дорівнює

$$n = \frac{N_e}{Sl} = 2 \frac{\rho_m}{\mu} N_A.$$

Підставивши одержаний результат у вираз для швидкості, маємо

$$v = \frac{\Delta\varphi \mu}{2\rho \rho_m e l N_A}.$$

За таблицями метрологічних даних і таблицями фізичних констант знайдемо: питомий опір міді  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, густина провідника (міді)  $\rho_m = 8,93 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, заряд електрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, молярна маса міді  $\mu = 63,54 \cdot 10^3$  кг/моль, число Авогадро  $N_A = 6,0 \cdot 10^{23}$  кг/моль. Отже, величина швидкості упорядкованого руху вільних електронів дорівнює

$$v = \frac{5 \cdot 63,54}{2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 8,93 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}} = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ м/с} .$$

**Задача 2.** На схемі, що зображена на рис. 1, джерела струму мають електрорушійні сили (ЕРС)  $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$  і  $\varepsilon_2 = 1,9 \text{ В}$  та внутрішні опори  $r_1 = 1 \text{ Ом}$  і  $r_2 = 0,8 \text{ Ом}$  відповідно. Зовнішні опори  $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$  та  $R_3 = 45 \text{ Ом}$ . Знайти сили струмів  $I_1, I_2, I_3$  на кожній ділянці електричного кола.

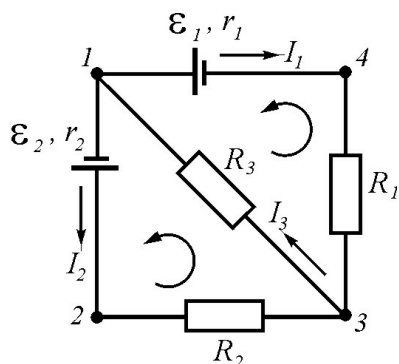


Рис. 1

**Розв'язування:**

Оскільки за умовою необхідно визначити три невідомі величини, то користуючись правилами Кірхгофа, запишемо три не еквівалентних рівняння, в які ці величини входять. Для цього, на вибраних замкнених контурах, наприклад 1341 та 1231, вкажемо довільно (рис.11) напрямки струмів і напрямки обходу контурів. При складанні рівнянь будемо керуватись наступними правилами: 1) силу струму, який виходить з вузла вважати додатною, силу струму, який входить до вузла – від'ємною; 2) якщо напрямок струму збігається з напрямком обходу контуру, то добуток  $IR$  в рівнянні записується зі знаком плюс, якщо не збігається – зі знаком мінус; 3) якщо при вибраному напрямку обходу контуру джерело струму проходиться в напрямку від мінуса до плюса, то відповідна електрорушійна сила джерела записується в рівнянні зі знаком плюс, в протилежному випадку – зі знаком мінус.

Тоді, згідно з першим правилом Кірхгофа для вузла 1 (рис.11) маємо

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0.$$

Згідно з другим правилом Кірхгофа для контуру 1341 одержимо

$$-I_3 R_3 + I_1 R_1 - I_1 r_1 = -\varepsilon_1,$$

а для контуру 1231

$$I_3 R_3 + I_2 R_2 + I_2 r_2 = \varepsilon_2.$$

Підставивши в ці рівняння числові значення ЕРС та опорів, маємо

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0, \\ 45I_3 + 11I_1 &= 2, \\ 45I_3 + 10,8I_2 &= 1,9. \end{aligned}$$

Розв'язавши ці рівняння, знайдемо, що  $I_1 = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ ,  $I_2 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ ,  $I_3 = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ .

Позитивні значення струмів свідчать, що їх напрямки були вибрані вірно. Якби деякий з одержаних струмів мав би від'ємний знак, то це означало б, що в дійсності його напрямок протилежний тому, який довільно було вибрано.

*Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)*

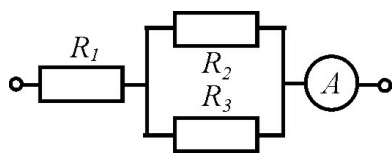


Рис. 2

1. Знайти падіння потенціалу  $U$  в опорах  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$  і  $R_3 = 4 \text{ Ом}$  (рис. 2), якщо амперметр показує силу струму  $I = 3 \text{ А}$ . Знайти силу струму  $I_2$  в опорі  $R_2$  і силу струму  $I_3$  в опорі  $R_3$ .

Відповідь:  $U_1 = 12 \text{ В}$ ;  $U_2 = U_3 = 4 \text{ В}$ ;  $I_2 = 2 \text{ А}$ ;  $I_3 = 1 \text{ А}$ .

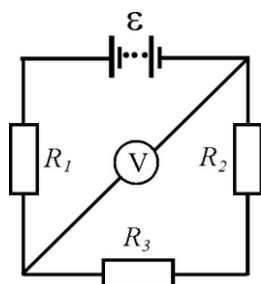


Рис. 3

2. ЕРС батареї (рис.3)  $\varepsilon = 100 \text{ В}$ , опори  $R_1 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 200 \text{ Ом}$  та  $R_3 = 300 \text{ Ом}$ , опір вольтметра  $R_V = 2 \text{ кОм}$ . Яку різницю потенціалів показує вольтметр.

Відповідь:  $U = 80 \text{ В}$ .