

## Урок 01 Електричний струм

Що таке електричний струм?

За яких умов він виникає?

Які фізичні величини його характеризують?

### 1. Електричний струм

**Електричний струм – це напрямлений (упорядкований) рух частинок, які мають електричний заряд.**

**Умови існування електричного струму:**

- 1) наявність вільних заряджених частинок – носіїв струму;
- 2) наявність електричного поля, дія якого створює та підтримує напрямлений рух вільних заряджених частинок.

#### *Проблемні питання*

- Що «відповідає» за створення електричного поля?

**Джерела струму – пристрої, які перетворюють різні види енергії на електричну енергію.**

У джерелах електричного струму виконується *робота з розділення різнойменних електричних зарядів*, у результаті чого на одному полюсі джерела накопичується позитивний заряд, а на другому – негативний; у такий спосіб створюється електричне поле (акумулятори, гальванічні елементи, електромеханічні генератори, сонячні батареї).

**Дії електричного струму:**

*Теплова* (нагрівання провідника).

*Хімічна* (хімічне розкладання речовини).

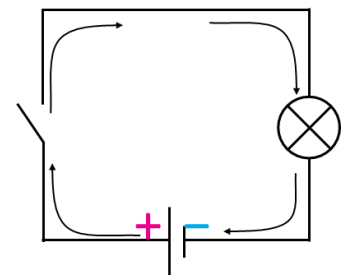
*Магнітна* (набуття магнітних властивостей).

*Світлова* (електрична енергія частково перетворюється на енергію світла).

### 2. Електричне коло

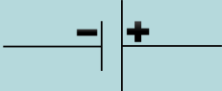

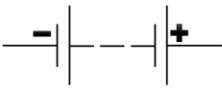
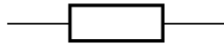

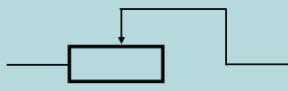
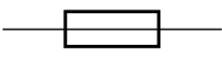



Найпростіше електричне коло являє собою з'єднані провідниками в певному порядку джерело струму, споживач електричної енергії, замикальний (розмикальний) пристрій.

**Електрична схема – це креслення, на якому умовними позначеннями показано, з яких елементів складається електричне коло і яким чином ці елементи з'єднані між собою.**



За напрямком струму в колі прийнято напрямок, у якому рухалися б по колу позитивно заряджені частинки, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного.

**Умовні позначення деяких елементів електричного кола**

	Акумулятор		Електричний дзвінок
	Батарея акумуляторів		Резистор
	Ключ		Реостат
	Запобіжник		З'єднання проводів
	Лампа розжарювання		Затискачі для під'єднання ділянки кола

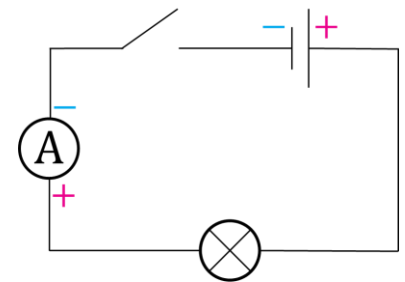
### 3. Сила струму

Сила струму в провіднику – це фізична величина, яка характеризує електричний струм і чисельно дорівнює заряду, що проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу.

$$I = \frac{q}{t}$$

Одиниця сили струму в СІ – **ампер**:  $[I] = 1 \text{ А}$

1 А дорівнює силі струму, який, проходячи в двох паралельних провідниках нескінченної довжини та нехтовно малої площі перерізу, розташованих у вакуумі на відстані 1 м один від одного, викликав би на кожній ділянці провідників завдовжки 1 м силу взаємодії  $2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$ .



Прилад для вимірювання сили струму – **амперметр**. Амперметр вмикають в коло послідовно зі споживачем, в якому вимірюють силу струму.

### 4. Електрична напруга

Електрична напруга на ділянці кола – фізична величина, яка характеризує електричне поле на ділянці кола і чисельно дорівнює роботі електричного поля з переміщення по цій ділянці одиничного позитивного заряду.

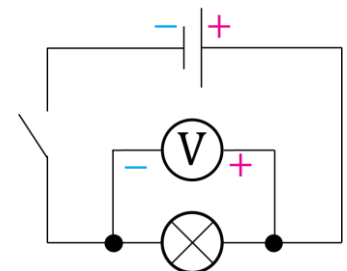
$$U = \frac{A}{q}$$

Одиниця напруги в СІ – **вольт**:  $[U] = 1 \text{ В}$

1 В – це така напруга на ділянці кола, за якої електричне поле виконує роботу 1 Дж, переміщуючи по цій ділянці заряд 1 Кл.

$$1 \text{ В} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}$$

Прилад для вимірювання напруги – **вольтметр**. Вольтметр приєднують до електричного кола паралельно ділянці, на якій вимірюють напругу.



## 5. Електричний опір

Електричний опір – фізична величина, яка характеризує властивість провідника протидіяти електричному струму.

Одиниця опору в СІ – ом:  $[R] = \text{Ом}$

1 Ом – це опір такого провідника, в якому тече струм силою 1 А за напруги на кінцях провідника 1 В.

$$1 \text{ Ом} = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

Опір циліндричного провідника:

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

$\rho$  – питомий опір речовини, з якої виготовлений провідник;  $l$  – довжина провідника;  $S$  – площа поперечного перерізу провідника.

Питомий опір речовини – фізична величина, яка характеризує електричні властивості речовини та чисельно дорівнює опору виготовленого з неї провідника довжиною 1 м і з площею поперечного перерізу 1 м<sup>2</sup>.

Одиниця питомого опору в СІ – ом-метр:  $[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$

Питомий опір істотно залежить від температури.

### Питомий опір деяких речовин при температурі 20 °С

Речовина	$\rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	Речовина	$\rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$
Срібло	0,016	$1,6 \cdot 10^{-8}$	Манганін (сплав)	0,43	$4,3 \cdot 10^{-7}$
Мідь	0,017	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Константан (сплав)	0,50	$5,0 \cdot 10^{-7}$
Золото	0,024	$2,4 \cdot 10^{-8}$	Ртуть	0,96	$9,6 \cdot 10^{-7}$
Алюміній	0,028	$2,8 \cdot 10^{-8}$	Ніхром (сплав)	1,1	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Вольфрам	0,055	$5,5 \cdot 10^{-8}$	Фехраль (сплав)	1,3	$1,3 \cdot 10^{-6}$
Залізо	0,10	$1,0 \cdot 10^{-7}$	Графіт	13	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Свинець	0,21	$2,1 \cdot 10^{-7}$	Фарфор	$1,0 \cdot 10^{19}$	$1,0 \cdot 10^{13}$
Нікелін (сплав)	0,42	$4,2 \cdot 10^{-7}$	Ебоніт	$1,0 \cdot 10^{20}$	$1,0 \cdot 10^{14}$

## 6. Закон Ома для ділянки кола

Закон Ома для ділянки кола:

Сила струму в ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях ділянки та обернено пропорційна опору цієї ділянки.

$$I = \frac{U}{R}$$

## 7. Розв'яжіть задачі

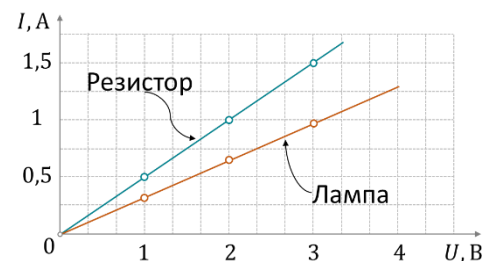
1. Визначте силу струму в провіднику, якщо напруга на його кінцях 60 В, а опір провідника 20 Ом.

Дано:

$$U = 60 \text{ В}$$

$$R = 20 \text{ Ом}$$

Розв'язання



$I - ?$

$$I = \frac{U}{R} \quad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А} \quad I = \frac{60}{20} = 3 \text{ (А)}$$

**Відповідь:**  $I = 3 \text{ А}$ .

2. Який заряд пройде через поперечний переріз провідника за 5 хв, якщо сила струму в провіднику 0,5 А?

**Дано:**

$$t = 5 \text{ хв} = 300 \text{ с}$$

$$I = 0,5 \text{ А}$$

$q - ?$

**Розв'язання**

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It$$

$$[q] = \text{А} \cdot \text{с} = \text{Кл} \quad q = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ (Кл)}$$

**Відповідь:**  $q = 150 \text{ Кл}$ .

3. Обмотка реостата з опором 84 Ом виготовлена з нікелінового дроту з площею поперечного перерізу 1 мм<sup>2</sup>. Знайдіть довжину дроту.

**Дано:**

$$R = 84 \text{ Ом}$$

$$S = 1 \text{ мм}^2$$

$$= 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$\rho = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$l - ?$

**Розв'язання**

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

$$[l] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{Ом} \cdot \text{м}} = \text{м} \quad l = \frac{84 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{4,2 \cdot 10^{-7}} = 200 \text{ (м)}$$

**Відповідь:**  $l = 200 \text{ м}$ .

4. Як зміниться сила струму на ділянці кола, якщо напругу на ділянці збільшити в два рази, а опір ділянки зменшити в 1,5 рази?

**Дано:**

$$U_2 = 2U_1$$

$$R_1 = 1,5R_2$$

$\frac{I_1}{I_2} - ?$

**Розв'язання**

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{U_1}{R_1}}{\frac{U_2}{R_2}} = \frac{U_1 R_2}{R_1 U_2} = \frac{U_1 R_2}{1,5 R_2 \cdot 2 U_1} = \frac{1}{3}$$

**Відповідь:**  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{3}$ ; сила струму збільшиться в 3 рази.

5. На рисунку подана вольт-амперна характеристика провідника. Визначте його опір.

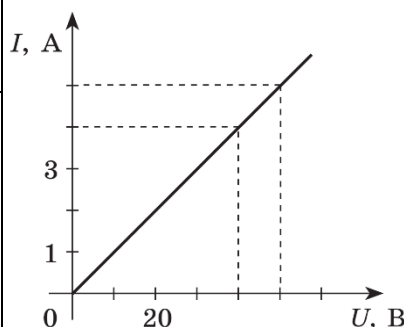
**Дано:**

$$U = 40 \text{ В}$$

$$I = 4 \text{ А}$$

$R - ?$

**Розв'язання**



$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

$$[R] = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}$$

$$R = \frac{40}{4} = 10 \text{ (Ом)}$$

**Відповідь:**  $R = 10 \text{ Ом}$ .

6. Знайдіть діаметр ніхромового дроту довжиною 20 м, якщо його опір 5 Ом.

**Дано:**

$$l = 20 \text{ м}$$

$$R = 5 \text{ Ом}$$

$$\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$d - ?$

**Розв'язання**

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{4\rho l}{\pi d^2} \quad d = \sqrt{\frac{4\rho l}{\pi R}}$$

$$[d] = \sqrt{\frac{\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{Ом}}} = \text{м}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 20}{3,14 \cdot 5}} \approx 2,4 \cdot 10^{-3} (\text{м})$$

**Відповідь:**  $d \approx 2,4 \text{ мм}$ .

7. Визначте опір мідного дроту масою 300 г і довжиною 340 м.

**Дано:**

$$m = 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг}$$

$$l = 340 \text{ м}$$

$$\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho' = 8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$R - ?$

**Розв'язання**

$$\begin{cases} R = \rho \frac{l}{S} \\ m = \rho' V = \rho' l S \end{cases}$$

Помножимо перше рівняння на друге:

$$R \cdot m = \rho \frac{l}{S} \cdot \rho' l S$$

$$Rm = \rho \rho' l^2 \quad \Rightarrow \quad R = \frac{\rho \rho' l^2}{m}$$

$$[R] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}} = \text{Ом}$$

$$R = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 8900 \cdot 340^2}{0,3} \approx 58,3 (\text{Ом})$$

**Відповідь:**  $R \approx 58,3 \text{ Ом}$ .

### Додаткові задачі

1. Знайдіть силу струму в провіднику, якщо за 1 хв через його поперечний переріз пройшов заряд 90 Кл.

**Дано:**

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$$

$$q = 90 \text{ Кл}$$

$I - ?$

**Розв'язання**

$$I = \frac{q}{t}$$

$$[I] = \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{А} \quad I = \frac{90}{60} = 1,5 (\text{А})$$

**Відповідь:**  $I = 1,5 \text{ А}$ .

2. Знайдіть напругу на кінцях провідника опором 20 Ом, якщо за 10 хв через його поперечний переріз пройшов заряд 360 Кл.

**Дано:**

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$t = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$$

$$q = 360 \text{ Кл}$$


---


$$U = ?$$

**Розв'язання**

$$I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{q}{t}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{q}{t} \Rightarrow U = \frac{qR}{t}$$

$$[U] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ом}}{\text{с}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}}}{\text{с}} = \text{В}$$

$$U = \frac{360 \cdot 20}{600} = 12 \text{ (В)}$$

**Відповідь:**  $U = 12 \text{ В}$ .

3. Якщо до кінців провідника прикласти напругу 100 В, то по ньому потече струм 2 А. Яку напругу потрібно прикласти до кінців цього провідника, щоб сила струму в ньому дорівнювала 0,8 А?

**Дано:**

$$U_1 = 100 \text{ В}$$

$$I_1 = 2 \text{ А}$$

$$I_2 = 0,8 \text{ А}$$


---


$$U_2 = ?$$

**Розв'язання**

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

$$R_1 = R_2 \quad \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 I_2}{I_1}$$

$$[U_2] = \frac{\text{В} \cdot \text{А}}{\text{А}} = \text{В} \quad U_2 = \frac{100 \cdot 0,8}{2} = 40 \text{ (В)}$$

**Відповідь:**  $U_2 = 40 \text{ В}$ .

4. Реостат виготовлений з ніхромового дроту площею поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$  і довжиною 100 м. Визначте його опір.

**Дано:**

$$S = 1 \text{ мм}^2$$

$$= 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$l = 100 \text{ м}$$

$$\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$


---


$$R = ?$$

**Розв'язання**

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad [R] = \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^2} = \text{Ом}$$

$$R = 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{100}{1 \cdot 10^{-6}} = 110 \text{ (Ом)}$$

**Відповідь:**  $R = 110 \text{ Ом}$ .

5. Сила струму в провіднику дорівнює 0,8 А. Скільки електронів проходить через поперечний переріз провідника за 1 хв?

**Дано:**

$$I = 0,8 \text{ А}$$

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$


---


$$N = ?$$

**Розв'язання**

$$q = It \quad |q| = N|e|$$

$$N|e| = It \Rightarrow N = \frac{It}{|e|}$$

$$[N] = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}} = 1 \quad N = \frac{0,8 \cdot 60}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3 \cdot 10^{20}$$

**Відповідь:**  $N = 3 \cdot 10^{20}$ .

6. Два ніхромові дроти мають однакові маси, але діаметр одного у два рази більший, ніж іншого. Який із дротів має більший опір і в скільки разів?

**Дано:**

$$m_1 = m_2$$

$$d_1 = 2d_2$$

$$\frac{R_1}{R_2} = ?$$

**Розв'язання**

$$m_1 = \rho'V_1 = \rho'l_1S_1$$

$$m_2 = \rho'V_2 = \rho'l_2S_2$$

$$m_1 = m_2$$

$$l_1S_1 = l_2S_2$$

$$l_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = l_2 \frac{\pi d_2^2}{4}$$

$$4l_1 = l_2 \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{4}$$

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{S_1} = \frac{4\rho l_1}{\pi d_1^2}$$

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S_2} = \frac{4\rho l_2}{\pi d_2^2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{4\rho l_1}{\pi d_1^2}}{\frac{4\rho l_2}{\pi d_2^2}} = \frac{l_1 d_2^2}{d_1^2 l_2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{d_2^2}{4d_2^2} = \frac{1}{16}$$

**Відповідь:**  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{16}$ .

7. Скільки витків алюмінієвого дроту площею поперечного перерізу  $0,2 \text{ мм}^2$  необхідно намотати на порцеляновий циліндр діаметром  $2 \text{ см}$ , щоб опір реостата був  $0,8 \text{ Ом}$ ?

**Дано:**

$$S = 0,2 \text{ мм}^2$$

$$= 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

$$d = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$R = 0,8 \text{ Ом}$$

$$\rho = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$N = ?$$

**Розв'язання**

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{\pi d N}{S} \quad \Rightarrow \quad N = \frac{RS}{\rho \pi d}$$

$$[N] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = 1$$

$$N = \frac{0,8 \cdot 2 \cdot 10^{-7}}{2,8 \cdot 10^{-8} \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \approx 91$$

**Відповідь:**  $N \approx 91$ .