

## УРОК 1/12

**Тема.** Електричний струм. Сила струму

**Мета уроку:** поглибити знання учнів про електричний струм; нагадати про дії електричного струму.

**Тип уроку:** урок вивчення нового матеріалу.

### ПЛАН УРОКУ

Демонстрації	5 хв	1. Джерела електричного струму. 2. Дії електричного струму
Вивчення нового матеріалу	28 хв	1. За яких умов виникає й існує електричний струм? 2. Сила струму. 3. Закон Ома для ділянки кола. 4. Електричне коло
Закріплення вивченого матеріалу	12 хв	1. Якісні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. За яких умов виникає й існує електричний струм?

Вільні заряджені частинки в провідниках рухаються безперервно й хаотично. Якщо ж вільним зарядженим частинкам передати ще й напрямлений рух, то через будь-який переріз провідника буде переноситися заряд.

Електричним струмом називають спрямований рух заряджених частинок.

Для виникнення й існування електричного струму необхідні:

- наявність вільних заряджених частинок — носіїв струму;
- наявність електричного поля, дія якого створює й підтримує напрямлений рух вільних заряджених частинок.

За створення електричного поля «відповідають» джерела струму.

➤ *Джерела електричного струму* — пристрої, що перетворюють різні види енергії в електричну енергію.

У джерелах електричного струму виконується робота з поділу електричних зарядів, у результаті чого на одному полюсі джерела

накопичується позитивний заряд, а на іншому — негативний. Прикладом джерел струму можуть служити акумулятори й гальванічні елементи.

## 2. Сила струму

Коли в провіднику протікає електричний струм, через поперечний переріз провідника щомиті переноситься деякий електричний заряд. Для оцінювання електричних зарядів, що проходять через провідник, була уведена спеціальна фізична величина — сила електричного струму.

➤ **Сила струму  $I$**  — це фізична величина, що характеризує електричний струм і дорівнює відношенню заряду  $\Delta q$ , перенесеного через поперечний переріз провідника за проміжок часу  $\Delta t$ , до цього проміжку:

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

Якщо сила струму не змінюється з часом, то такий електричний струм називають *постійним*. Сила постійного струму  $I$  в провіднику чисельно дорівнює заряду  $q$ , перенесеного через поперечний переріз провідника за одиницю часу:

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

У системі СІ силу струму вимірюють в амперах (А). Ампер є однією з основних одиниць системи СІ й визначається за допомогою магнітної взаємодії струмів. За сили струму в 1 А через переріз провідника щомиті проходить заряд в 1 Кл (1 А = 1 Кл/с).

Прилад для вимірювання сили струму називають амперметром. Амперметр вмикають в електричне коло послідовно із провідником, у якому вимірюють силу струму.

## 3. Закон Ома для ділянки кола

Якщо ділянка кола не містить джерела струму, електрична напруга  $U$  на його кінцях чисельно дорівнює роботі електричного поля з переміщення одиничного позитивного заряду  $q$  на цій ділянці:

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

Прилад для вимірювання напруги називають вольтметром. Вольтметр вмикають в електричне коло паралельно до ділянки кола, на якому необхідно виміряти напругу.

*Напруга* характеризує не електричний струм, а електричне поле, що підтримує цей струм. Очевидно, що між значеннями сили струму й напругою існує зв'язок.

Досліди показують, що сила струму змінюється прямо пропорційно прикладеній напрузі. Тому відношення  $\frac{U}{I}$  для кожного провідника є постійним. Ця величина характеризує конкретний провідник і називається електричним опором провідника. Отже, формулу залежності сили струму від напруги можна записати у такому вигляді:

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

Це твердження називають законом Ома для ділянки кола.

Сила струму  $I$  на ділянці кола прямо пропорційна напрузі  $U$  на кінцях цієї ділянки.

Опір ділянки кола залежить від властивостей провідників, з яких утворена ця ділянка.

➤ **Електричний опір** — це фізична величина, що характеризує властивість провідника протидіяти електричному струму.

У СІ одиницею електричного опору є 1 Ом (це опір такого провідника, у якому протікає струм силою 1 А за напруги 1 В).

Опір провідника залежить від матеріалу й геометричних розмірів провідника. Залежність електричного опору від розмірів провідника має вигляд:

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

➤ **Питомий опір провідника** — це фізична величина, що характеризує електричні властивості речовини й чисельно дорівнює опору провідника завдовжки 1 м і площею поперечного переріза  $1 \text{ м}^2$ .

Оскільки  $\rho = \frac{RS}{l}$ , одиниця питомого опору в СІ:

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

Значення питомого опору речовини обумовлено хімічною природою речовини й істотно залежить від температури.

#### 4. Електричне коло

Найпростіше електричне коло являє собою з'єднання провідників у певному порядку: джерело струму, споживач електричної енергії, замикальний (розмикальний) пристрій, сполучні проводи. Кожний елемент електричного кола на схемах має умовну позначку.

Необхідно звернути увагу на те, що *напрямок струму* в провіднику умовно вважають напрямком, у якому рухалися б у колі позитивно заряджені частинки, тобто напрямком від позитивного полюса джерела струму до негативного.

#### ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

##### *Перший рівень*

1. Що являє собою електричний струм?
2. Чи існує струм у замкнутому електричному колі?
3. Дайте характеристику силі струму як фізичної величини.
4. Дайте характеристику напруги як фізичної величини.
5. Як на електричних схемах зображують гальванічний елемент? електричний дзвінок? ключ?

##### *Другий рівень*

1. Що мають на увазі, говорячи про швидкості поширення електричного струму в провіднику?
2. Відповідно до закону Ома опір  $R = \frac{U}{I}$ . Чи означає це, що опір залежить від сили струму або напруги?

#### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

##### 1. Якісні питання

1. Швидкість напрямленого руху електронів за наявності струму в провіднику менше 1 мм/с. Чому ж тоді лампочка вмикається відразу після того, як ви натискаєте на кнопку вимикача?
2. Який напрямок електричного струму електронного променя в кінескопі телевізора: до екрана чи від нього?
3. До кінців мідного й алюмінієвого провідників однакових розмірів прикладено однакові напруги. Чи однакові сили струму в них?

## 2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. Через провідник, до кінців якого прикладена напруга 12 В, за 5 хв пройшов заряд 60 Кл. Визначте опір провідника.
2. Сила струму в провіднику електричної лампи  $I = 0,16$  А. Скільки електронів проходить по колу щохвилини?

*Розв'язання.* За 60 с крізь поперечний переріз провідника проходить заряд  $q = It$ . Оскільки заряд електрона за модулем дорівнює

$e$ , відповідна кількість електронів  $N = \frac{q}{e} = \frac{It}{e}$ . Перевіривши одиниці величин і підставивши числові значення, одержуємо:  $N = 6 \cdot 10^{19}$ .

2. Визначте напругу на кінцях ніхромового проводу завдовжки 200 м і перерізом  $0,5 \text{ мм}^2$ , якщо сила струму в ньому 5 А.
3. Якою повинна бути довжина ніхромового проводу із площею поперечного перерізу  $0,2 \text{ мм}^2$ , щоб під час проходження через нього струму силою 0,4 А напруга на його кінцях становила 4,4 В? Питомий опір ніхрому  $1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .
4. Під час проходження електричного струму в алюмінієвому проводі завдовжки 100 м напруга на ньому 1 В. Чому дорівнює маса алюмінієвого проводу, якщо сила струму в ньому 15 А? Густина алюмінію  $2700 \text{ кг/м}^3$ .

## ЩО МИ ДІЗНАЛИСЯ НА УРОЦІ

- Електричним струмом називають напрямлений рух заряджених частинок.
- Джерела електричного струму — пристрої, що перетворюють різні види енергії в електричну енергію.
- Сила струму  $I$  — це фізична величина, яка характеризує електричний струм і дорівнює відношенню заряду  $\Delta q$ , перенесеного через поперечний переріз провідника за проміжок часу  $\Delta t$ , до цього проміжку:

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

- Якщо ділянка кола не містить джерела струму, електрична напруга  $U$  на його кінцях чисельно дорівнює роботі електричного

поля з переміщення одиничного позитивного заряду  $q$  на цій ділянці:

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

- Закон Ома для ділянки кола: сила струму  $I$  на ділянці кола прямо пропорційна напрузі  $U$  на кінцях цієї ділянки:

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

- Електричний опір — це фізична величина, що характеризує властивість провідника протидіяти електричному струму.
- Питомий опір провідника — це фізична величина, що характеризує електричні властивості речовини й чисельно дорівнює опору провідника довжиною 1 м і площею поперечного перерізу  $1 \text{ м}^2$ :

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

- Напрямок струму в провіднику умовно вважають напрямком, у якому рухалися б у колі позитивно заряджені частинки.

### Домашнє завдання

1. Підр-1: § 9 (п. 1, 2, 3, 4); підр-2: § 5 (п. 1, 2).
2. 36.:

**Рів1** № 4.12; 4.15; 4.16; 4.18.

**Рів2** № 4.27; 4.31; 4.32; 4.33.

**Рів3** № 4.49, 4.50; 4.51; 4.52.

## УРОК 2/13

**Тема.** Послідовне й паралельне з'єднання провідників

**Мета уроку:** закріпити й поглибити знання учнів про закономірності, що існують у колах з послідовним і паралельним з'єднанням провідників.

**Тип уроку:** урок вивчення нового матеріалу.

### ПЛАН УРОКУ

Контроль знань	4 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чи можливий електричний струм за відсутності електричного поля?</li> <li>2. Яке призначення джерела струму в електричному колі? Чи можна сказати, що він створює заряди на полюсах?</li> <li>3. Що таке сила струму? Одиниця сили струму.</li> <li>4. Закон Ома для ділянки кола</li> </ol>
Демонстрації	4 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вимірювання сили струму й напруги в колі з послідовно з'єднаними провідниками.</li> <li>2. Вимірювання сили струму й напруги в колі з паралельно з'єднаними провідниками</li> </ol>
Вивчення нового матеріалу	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Послідовне з'єднання провідників.</li> <li>2. Паралельне з'єднання провідників.</li> <li>3. Вимірювання сили струму й напруги</li> </ol>
Закріплення вивченого матеріалу	12 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якісні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Послідовне з'єднання провідників

З'єднання провідників називають послідовним, якщо воно не містить розгалужень, тобто провідники розташовані послідовно один за іншим.

Розглянемо ділянку кола, що містить два резистори:

1. Сила струму в кожному із провідників однакова:  $I_1 = I_2 = I$ .
2. Напруга на двох провідниках:  $U = U_1 + U_2$ .
3. Загальний опір провідників:  $R = R_1 + R_2$ .
4. За послідовного з'єднання двох провідників напруга на кожному провіднику прямо пропорційна його опору:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

За послідовного з'єднання  $n$  провідників виконуються такі співвідношення:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n; \quad U = \sum_{i=1}^n U_i; \quad R = \sum_{i=1}^n R_i.$$

Необхідно звернути увагу:

- загальний опір провідників, з'єднаних послідовно, більший від опору кожного із цих провідників;
- загальний опір  $R$  послідовно з'єднаних провідників, кожний з яких має опір  $R'$ , дорівнює  $R = nR'$ , де  $n$  — число провідників.

## 2. Паралельне з'єднання провідників

З'єднання провідників називають паралельним, якщо для протікання струму є два або більше шляхи вітки і всі ці вітки мають одну пару загальних точок — вузлів.

У вузлах відбувається розгалуження кола (у кожному вузлі з'єднуються не менш трьох проводів). Таким чином, розгалуження є характерною ознакою кола з паралельним з'єднанням провідників.

Розглянемо ділянку кола, що містить два паралельно з'єднаних резистори:

1. Загальна напруга на ділянці й напруга на кожному із двох резисторів однакова:  $U = U_1 = U_2$ .
2. Сила струму в нерозгалуженій частині кола дорівнює сумі сил струмів в окремих вітках:  $I = I_1 + I_2$ .
3. Загальний опір провідників:  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ .
4. У випадку паралельного з'єднання двох провідників сила струму в кожній вітці обернено пропорційна її опору:  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ .

За паралельного з'єднання  $n$  провідників виконуються такі співвідношення:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i; \quad U = U_1 = U_2 = \dots = U_n; \quad \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}.$$

Необхідно звернути увагу:

- загальний опір провідників, з'єднаних паралельно, менший від опору кожного із цих провідників;



- загальний опір  $R$  паралельно з'єднаних провідників, кожний з яких має опір  $R'$ , дорівнює  $R = \frac{R'}{n}$ , де  $n$  — число провідників.

У випадку двох провідників їхній загальний опір  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ .

### 3. Вимірювання сили струму й напруги

Для вимірювання сили струму й напруги використовують розглянуті вище з'єднання. Так, наприклад, під час вимірювання сили струму в резисторі сила струму в амперметрі повинна бути такою самою, як і в резисторі. Отже, амперметр варто приєднувати послідовно до резистора. Увімкнення амперметра для вимірювання сили струму не повинне істотно змінювати цю силу струму. Отже, опір ділянки кола після увімкнення амперметра ( $R + R_A$ ) має бути дуже близьким до опору резистора  $R$ , а для цього опір амперметра повинен бути набагато менше, ніж опір резистора:  $R_A \ll R$ . Такий маленький опір робить амперметр дуже «уразливим»: амперметр не можна підключати безпосередньо до джерела струму без навантаження, тому що через маленький опір сила струму в амперметрі буде надто великою і він вийде з ладу.

Вимірюючи напругу на резисторі за допомогою вольтметра, напруга на вольтметрі повинна бути такою ж, як на резисторі. Тому вольтметр слід підключати до резистора паралельно. Загальний опір  $R_{\text{уч}}$  ділянки кола в цьому випадку не може істотно відрізнятися від опору  $R$  резистора. Зі співвідношення  $\frac{1}{R_{\text{уч}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$  впливає, що  $\frac{1}{R_V} \ll \frac{1}{R}$ , тобто  $R_V \gg R$ .

Отже, опір вольтметра повинен бути дуже значним. Тому його можна підключати безпосередньо до джерела струму.

## ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### Перший рівень

1. Яке з'єднання провідників називають послідовним?
2. Яке з'єднання провідників називають паралельним?

3. Яка з електричних величин однакова для всіх провідників, з'єднаних послідовно? паралельно?
4. Який опір повинен мати амперметр? вольтметр?

### Другий рівень

1. Три провідники, опори яких  $R$ ,  $2R$  і  $3R$ , увімкнули в коло послідовно. Чи однакової сили струм пройде по цих провідниках? Чи однакова напруга на кожному з них?
2. Три провідники, опори яких  $R$ ,  $2R$  і  $3R$ , увімкнули в коло паралельно. Чи однакова напруга на кожному з них? Чи однакової сили струм пройде по цих провідниках?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

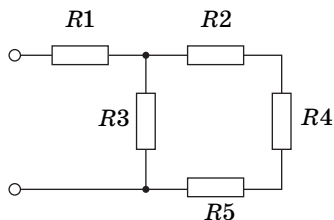
### 1. Якісні питання

1. Ялинкова гірлянда спаяна з лампочок для кишенькового ліхтарика. Під час увімкнення цієї гірлянди в мережу на кожную з лампочок припадає напруга 6 В. Чому ж небезпечно, викрутивши одну з лампочок, сунути в патрон палець?
2. Шматок дроту розрізали на дві частини й скрутили по всій довжині разом. Як змінився опір дроту?
3. Учень, вимірюючи силу струму в лампочці, помилково увімкнув вольтметр замість амперметра. Що при цьому відбулося?

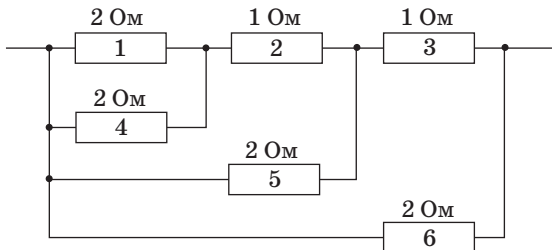
### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. Чотири однакових резистори з'єднали спочатку послідовно, а потім паралельно. За якого з'єднання загальний опір резисторів більше? У скільки разів?
2. П'ять резисторів з'єднані так, як показано на рисунку. Визначте загальний опір кола, якщо

$$R_1 = 1 \text{ Ом}, R_2 = 1 \text{ Ом}, R_3 = 10 \text{ Ом}, R_4 = 8 \text{ Ом}, R_5 = 1 \text{ Ом}.$$



3. На рисунку наведена схема ділянки електричного кола. Визначте загальний опір цієї ділянки.



### ЩО МИ ДІЗНАЛИСЯ НА УРОЦІ

- Під час послідовного з'єднання:

$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3,$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3,$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3.$$

- Під час паралельного з'єднання:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3,$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3,$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

### Домашнє завдання

1. Підр-1: § 9 (п. 5, 6); підр-2: § 5 (п. 3, 4).
2. 36.:

**Рів1** № 4.20; 4.22; 4.23; 4.24.

**Рів2** № 4.34; 4.35; 4.43; 4.44.

**Рів3** № 4.53, 4.54; 4.55; 4.56.