

## Урок № 34

**Тема уроку:** Електричний струм у металах. Залежність питомого опору від температури.

### Мета уроку:

навчальна – поглибити знання учнів про електричний струм у металах, з'ясувати природу носіїв заряду в металах;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

### Матеріал до уроку

#### Електричний струм в металах

**Метал - кристал, у вузлах якого розташовані позитивні іони, а між ними хаотично рухаються вільні електрони.**

#### Розглянемо внутрішню будову металевих провідників.

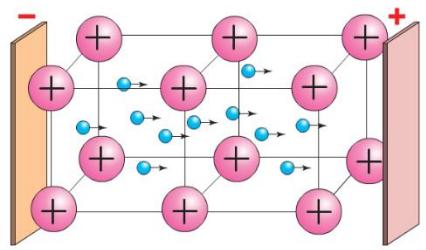
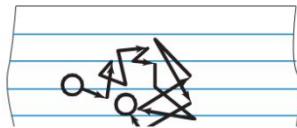
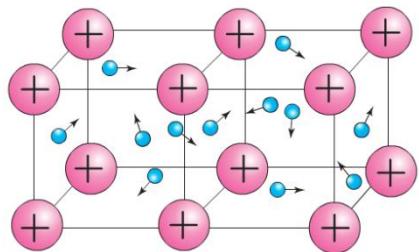
У будь-якому металі частина електронів покидає свої місця в атомі, у результаті чого атом перетворюється на позитивний йон. Позитивні йони та нейтральні атоми в металах розміщуються у строгому порядку, утворюючи так звані кристалічні гратки.

За відсутності електричного поля вільні електрони всередині металевого провідника рухаються хаотично у вигляді електронного газу.

Негативний заряд усіх вільних електронів за абсолютною значенням дорівнює позитивному заряду всіх йонів кристалічних граток. Тому за звичайних умов металевий провідник електрично нейтральний.

За відсутності у провіднику електричного поля електрони рухаються хаотично, подібно до того, як рухаються молекули газів або рідин. У будь-який момент часу швидкості руху різних електронів відрізняються значенням і напрямком. За наявності у провіднику електричного поля електрони, зберігаючи свій хаотичний рух, починають зміщуватися в напрямку позитивного полюса джерела. Разом з безладним рухом електронів виникає і їх упорядкований рух.

#### Сила струму, що проходить через провідник:



$$I = q_0 n s v$$

$q_0$  - заряд електрона

$n$  - концентрація електронів

$S$  - площа поперечного перерізу

$v$  - швидкість електронів

### Залежність опору металів від температури

#### **Проведемо дослід**

З'єднаємо сталеву спіраль із джерелом струму й підігріватимемо її в полум'ї спиртівки. Напругу будемо підтримувати незмінною. Дослід демонструє: у міру нагрівання спіралі сила струму в ній зменшується, а це означає, що опір спіралі зростає. Якщо провести подібні досліди зі спіралями, виготовленими з інших речовин, можна переконатися, що зі збільшенням температури опір цих спіралей також збільшується, але зміна опору кожного разу буде іншою.



*Опір металевого провідника збільшується в разі підвищення температури та зменшується в разі її зниження.*

Зміна опору залежить від матеріалу, з якого виготовлений провідник.

#### **Залежність опору від температури визначається за формулою**

$$R = R_0(1 + \alpha t).$$

Аналогічна формула залежності питомого опору від температури, ( $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ ). У цих формулах  **$\alpha$  - температурний коефіцієнт опору.** (Він показує відносну зміну електричного опору провідника або питомого опору речовини при зміні температури провідника на  $1^{\circ}\text{C}$ .)

**Задача 1.** Опір виготовленої з мідної дротини обмотки електромагніту  $R_1 = 200 \text{ Ом}$  при  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ . Визначити силу струму, що проходить по обмотці при температурі  $t_2 = 135^{\circ}\text{C}$ , якщо електромагніт підключено до джерела постійного струму, ЕРС якого  $200 \text{ В}$ , а внутрішній опір  $r = 10 \text{ Ом}$ . Температурний коефіцієнт опору міді  $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

<b>Дано:</b>
$R_1 = 200 \text{ Ом}$
$t_1 = 20^\circ \text{ С}$
$t_2 = 135^\circ \text{ С}$
$\mathcal{E} = 200 \text{ В}$
$r = 10 \text{ Ом}$
$\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$
$I - ?$

<b>Розв'язання</b>
Силу струму в обмотці визначаємо за законом Ома для повного кола, $I = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}$ , де $R_2 = R_0(1 + \alpha(t_2 - t_0)) = R_0(1 + \alpha t_2)$ .
Опір $R_0$ при $t_0 = 0^\circ \text{ С}$ визначимо через відомий опір $R_1$ при $t_1$ ,
$R_0 = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1}.$

$$\text{Тоді } R_2 = \frac{R_1(1 + \alpha t_2)}{1 + \alpha t_1}, \text{ а } I = \frac{\mathcal{E}(1 + \alpha t_1)}{R_1(1 + \alpha t_2) + r(1 + \alpha t_1)}.$$

Після підстановки числових значень знаходимо  $I = 0,74 \text{ А}$ .

Відповідь:  $0,74 \text{ А}$ .

**Задача 2.** У металевому провіднику завдовжки 10 см і з площею поперечного перерізу  $0,4 \text{ см}^2$  тече струм силою 80 А. Якою є середня швидкість напрямленого руху електронів у провіднику, якщо в кожному кубічному сантиметрі провідника міститься  $2,5 \cdot 10^{22}$  вільних електронів?

<b>Дано:</b>
$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
$S = 0,4 \text{ см}^2 =$
$= 4 \times 10^{-5} \text{ м}^2$
$I = 80 \text{ А}$
$N = 2,5 \times 10^{22}$
$V = 1 \text{ см}^2 = 10^{-6} \text{ м}^3$
$e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$
$v - ?$

**Розв'язання:**  
Якщо концентрація вільних електронів у провіднику  $n$  ( $n = \frac{N}{V}$ ), то за проміжок часу  $t$  через поперечний переріз провідника при швидкості  $v$  вільних електронів проходить електричний заряд  $q = e \times n \times S \times v \times t$ .

$$\text{Сила струму за означенням } I = \frac{q}{t},$$

тому  $I = enSv = \frac{enSv}{V}$ , тому  $v = \frac{I \cdot V}{eNS}$ ;

$$v = \frac{80 \text{ А} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2,5 \cdot 10^{22} \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2} =$$

$$= 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}.$$

*Відповідь:*  $v = 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ .

### Перевірте себе:

- Як рухаються електрони у провіднику в разі відсутності в ньому електричного поля та за його наявності?
- Поясніть природу електричного струму в металах.
- Чи залежить опір металів від температури? Якщо залежить, то як?

**Домашнє завдання:**

Написати конспект, опрацювати §9 с.56-58

**Зворотній зв'язок: ysipovich.anna@gmail.com**