

Урок 10. Електричний струм в металах

Хід уроку

ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Електричний струм в металах

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 ґратки.



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

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

Електричний струм у металах – це напрямлений рух електронів під дією електричного поля.

2. Середня швидкість напрямленого руху електронів

Середня швидкість хаотичного руху вільних електронів – близько 300 км/с.

Середня швидкість напрямленого руху вільних електронів – кілька міліметрів за секунду.

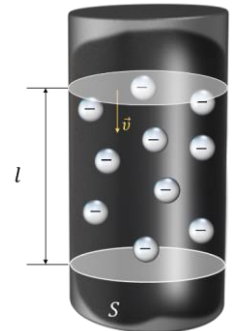
Електричне поле поширюється в провіднику зі швидкістю 300000 км/с. Завдяки дії поля вільні електрони, розташовані в будь-якій точці провідника, майже миттєво втягуються в напрямлений рух.

Визначимо середню швидкість \bar{v} напрямленого руху електронів. За інтервал часу t через переріз площею S провідника проходить N електронів:

$$N = nV = nSl = nS\bar{v}t$$

n – концентрація вільних електронів у провіднику.

$$q = N|e| \quad I = \frac{q}{t} \quad I = n|e|\bar{v}S \quad \Rightarrow \quad \bar{v} = \frac{I}{n|e|S}$$



3. Залежність опору металів від температури

• Як опір металів залежить від температури?

Опір металевого провідника збільшується в разі підвищення температури.

Залежність питомого опору та опору провідника від температури:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) \quad R = R_0(1 + \alpha t)$$

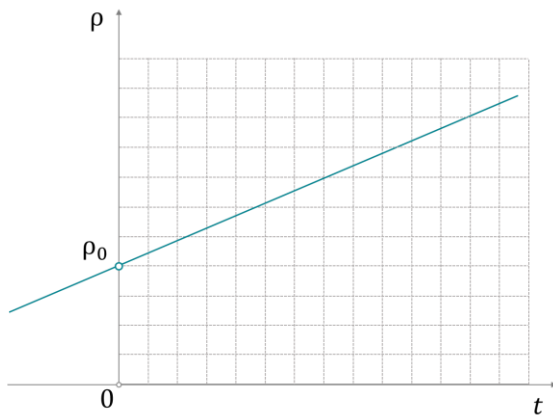
ρ_0, R_0 – питомий опір і опір провідника за 0 °С

ρ, R – питомий опір і опір провідника за температури t

α – температурний коефіцієнт електричного опору

Температурний коефіцієнт електричного опору – це фізична величина, яка характеризує залежність питомого опору речовини від температури.

Одиниця температурного коефіцієнту в СІ – обернений кельвін (кельвін у мінус першому степені): $[\alpha] = \text{K}^{-1}$



Середній температурний коефіцієнт опору α речовини при температурі 293 К, $\times 10^{-3} \text{K}^{-1}$

Алюміній	4,2	Платина	4,2
Вольфрам	4,6	Ртуть	0,89
Залізо	6,51	Свинець	3,66
Константан	0,01	Срібло	4,2
Латунь	1	Сталь	6
Манганін	0,03	Титан	3,5
Мідь	4,3	Фарфор	—
Нікелін	0,02	Цинк	4,2
Ніхром	0,2	Ебоніт	—
Олово	4,2	Ербій	252

Графік залежності питомого опору провідника від температури (лінійна ділянка). Зі збільшенням температури питомий опір провідника збільшується.

4. Надпровідність

Надпровідність – властивість деяких провідників стрибкоподібно зменшувати питомий опір до нуля за умови охолодження нижче певної критичної температури.

Властивості надпровідності:

- В кільцевому провіднику в надпровідному стані сила струму може не змінюватись як завгодно довго без джерела живлення.
- Неможливість створення всередині речовини в надпровідному стані магнітного поля. Зовнішнє магнітне поле не проникає всередину надпровідників.
- Надпровідний стан руйнується в достатньо сильному магнітному полі.

ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. Обчислити швидкість упорядкованого руху електронів у провіді, який має переріз 5 мм^2 , при силі струму 10 А, якщо концентрація електронів провідності становить $5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

Дано:

$$S = 5 \text{ мм}^2 \\ = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$I = 10 \text{ А}$$

$$n = 5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$$

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

$$\bar{v} = ?$$

Розв'язання

$$\bar{v} = \frac{I}{n|e|S}$$

$$[\bar{v}] = \frac{\text{А}}{\text{м}^{-3} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{А}}{\text{м}^{-3} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\bar{v} = \frac{10}{5 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } \bar{v} = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

2. Алюмінієвий провідник при 0°C має опір 20 Ом. Знайдіть опір цього провідника при температурі 300°C .

Дано:

$$R_0 = 20 \text{ Ом}$$

$$t = 300^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$R = ?$$

Розв'язання

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

Врахуємо $\Delta t = t - t_0 = t$, де $t_0 = 0^\circ\text{C}$, а $\Delta t, ^\circ\text{C} = \Delta T, \text{K}$

$$[R] = \text{Ом} \cdot \text{K}^{-1} \cdot ^\circ\text{C} = \text{Ом}$$

$$R = 20 \cdot (1 + 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 300) = 45,2 \text{ (Ом)}$$

$$\text{Відповідь: } R = 45,2 \text{ Ом.}$$

3. Опір платиного провідника при температурі 20°C становить 20 Ом, а при температурі 500°C – 59 Ом. Визначте температурний коефіцієнт опору платини.

Дано:

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$t_2 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R_2 = 59 \text{ Ом}$$

$$\alpha = ?$$

Розв'язання

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1) \quad R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2} \quad R_1 + R_1 \alpha t_2 = R_2 + R_2 \alpha t_1$$

$$\alpha(R_1 t_2 - R_2 t_1) = R_2 - R_1$$

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$$

$$[\alpha] = \frac{\text{Ом} - \text{Ом}}{\text{Ом} \cdot \text{ }^\circ\text{C} - \text{Ом} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} = \text{K}^{-1} \quad (\Delta t, \text{ }^\circ\text{C} = \Delta T, \text{ K})$$

$$\alpha = \frac{59 - 20}{20 \cdot 500 - 59 \cdot 20} \approx 0,0044 \text{ (K}^{-1}\text{)}$$

Відповідь: $\alpha \approx 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

1. Що являє собою електричний струм у металах?

2. Опишіть суть досліду Стюарта – Толмена щодо виявлення природи електричного струму в металах.

3. Як рухаються електрони в металевому провіднику з точки зору класичної фізики, якщо в провіднику створено електричне поле?

4. У чому причина опору металів?

5. Чи залежить опір металів від температури? Якщо залежить, то як?

6. У чому полягає явище надпровідності?

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 5, Вправа № 5 (2-4)