

План уроку 73

Тема: Електродинаміка.

Тема уроку: Електричний струм в металах.

Мета: встановити залежність опору металів від температури і розкрити практичне застосування цієї залежності; поглибити знання учнів про природу електричного струму в металах

Вивчення нового матеріалу.

Класична та квантова теорії провідності металів. Класична електронна теорія спирається на кілька фундаментальних припущень:

- 1) усі метали мають кристалічну будову;
- 2) простір між вузлами кристалічних ґраток заповнений електронним газом (так називають сукупність вільних електронів - електронів провідності, що втратили зв'язки з атомами, яким вони належали);
- 3) у середньому кожний атом металу втрачає один електрон (іншими словами, концентрація електронів провідності в металах дорівнює кількості атомів в одиниці об'єму металу, $n_e = n_a$);
- 4) до електронного газу в металах застосовні всі закони молекулярно-кінетичної теорії, тобто електронний газ розглядається як ідеальний газ;
- 5) рух вільних електронів у металі підпорядковується класичним законам механіки;
- 6) при зіткненнях електронів з йонами електрони повністю передають їм свою кінетичну енергію.

Більш точний опис дає квантова теорія провідності твердих тіл.

Пояснення електропровідності металів на основі класичної електронної теорії провідності.

Спираючись на основи електронної теорії, знайдемо зв'язок між швидкістю впорядкованого руху електронів в металі і силою струму.

За час Δt через поперечний переріз провідника S пройдуть усі електрони, які містяться в об'ємі

$V = Sv\Delta t$, де v - середня швидкість упорядкованого руху електронів.

Кількість електронів N у виділеному об'ємі можна визначити через їхню концентрацію n :

$N = nV$. Підставивши значення об'єму V , отримаємо:

$N = n v \Delta t S$ Якщо за час Δt через поперечний переріз провідника площею S проходить N електронів, то загальний заряд, який вони переносять $q = eN = e n v \Delta t S$ Оскільки сила струму визначається формулою

$$I = \frac{q}{\Delta t} \text{ то } I = e n v S$$

Звідси середня швидкість упорядкованого руху електронів:

$v = \frac{I}{enS}$ Припустимо, що по мідному провіднику перерізом 1 мм^2 тече струм 1 А . Концентрація вільних електронів складає величину порядку 10^{29} м^{-3} .

$$v = \frac{1 \text{ А}}{e n S}$$

$$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \approx 10^{-4} \text{ м/с}$$

Отже, швидкість упорядкованого руху електронів майже в 10^9 разів менша від швидкості їх теплового руху.

Швидкість поширення електричного струму в провіднику і швидкість упорядкованого руху електронів в ньому - це не одне й те саме!

Якщо в провіднику немає електричного поля, то електрони рухаються хаотично. У кожний момент часу швидкості різних електронів відрізняються по модулях і за напрямками. Якщо ж у провіднику створено електричне поле, то електрони, зберігаючи свій хаотичний рух, починають зміщуватися у бік позитивного полюса джерела. Разом з безладним рухом електронів виникає і упорядковане їх перенесення - дрейф.

Як тільки в провіднику виникає електричне поле, воно з величезною швидкістю, близькою до швидкості світла у вакуумі ($300\,000\text{ км/с}$), поширюється по всій довжині провідника. Одночасно з поширенням електричного поля всі електрони починають рухатися в одному напрямку по всій довжині провідника. Так, наприклад, при замиканні ланцюга електричної лампи у впорядкований рух приходять і електрони, наявні в спіралі лампи.

Коли говорять про швидкість поширення електричного струму в провіднику, то мають на увазі швидкість розповсюдження по провіднику електричного поля.

Електричний сигнал, посланий, наприклад, по дротах на відстань $s = 8000\text{ км}$, приходить у місце призначення приблизно через $0,03\text{ с}$.

Залежність опору металів від температури.

Ми знаємо, про залежність опору металів від температури:

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta T),$$

де R_0 - опір провідника за $T = 273\text{ К}$ ($0\text{ }^\circ\text{C}$), R - опір за температури T , ΔT - різниця температур, α - температурний коефіцієнт опору.

Температурний коефіцієнт опору характеризує залежність опору речовини від температури і визначається відносною зміною опору провідника при нагріванні на $1\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0\Delta T}.$$

де ρ_0 - питомий опір за температури $T = 273\text{ К}$ ($0\text{ }^\circ\text{C}$), а ρ - питомий опір за температури T .

Для чистих металів температурні коефіцієнти опору відрізняються мало і приблизно дорівнюють $0,004\text{ К}^{-1}$. Температурні коефіцієнти опору сплавів

значно менші, ніж у чистих металів. Існують спеціальні сплави, опір яких майже не змінюється зі зміною температури (константан, манганін).

Надпровідність.

Найбільш яскравим прикладом розходження теорії і дослідів є надпровідність. У 1911 р. голландський фізик **Камерлінг - Оннес**, вивчаючи температурну залежність питомого опору ртуті в області низьких температур, знайшов дивовижне явище: при температурі 4,2 К опір ртуті практично стрибком зменшувався до нуля.

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

Широкого застосування набула надпровідність в енергетиці та транспорті. Явище надпровідності покладено в основу роботи термометрів опору, швидкісних потягів на магнітній подушці. Можна стверджувати, що вона на 30 - 50 % входить до складу різноманітної технік

Швидкісний потяг на магнітній подушці

Речовини в надпровідному стані мають цікаві властивості. - у кільцевому провіднику в надпровідному стані сила струму може не змінюватись як завгодно довго без підтримки від джерела живлення. - неможливість створення всередині речовини в надпровідному стані магнітного поля. - надпровідний стан руйнується в достатньо сильному магнітному полі. Дослідження надпровідності триває й досі.

4. Запитання на закріплення вивченого.

1. Чим зумовлена провідність металів?
2. Як рухаються електрони провідності в металічному провіднику, коли в ньому: а) немає електричного поля; б) створене електричне поле?
3. Чому на всіх ділянках електричного кола прилади починають діяти майже миттєво, незважаючи на малу швидкість дрейфу електронів?
4. Коли через спіраль електричної лампи протікає більший електричний струм: у момент увімкнення чи коли вона починає світитись?
5. У чому полягає явище надпровідності металів, які ефекти підтверджують його існування?

5. Домашнє завдання.

Вивчити параграф 10; **виконати** вправу 9 (1, 2)