

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та
фундаментальних дисциплін**

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «Фізика»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**272Авіаційний транспорт
Оператор безпілотних літальних апаратів**

за темою - Електронна провідність у металах

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 №2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 17.01.2024 №6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з гуманітарних та соціально-
економічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 №14

Розробник:

Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, Пузир М.С.

Рецензенти:

1.Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук, доцент Черниш А.А.

2.Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.

План лекції

1. Класична електронна теорія електропровідності.
2. Залежність опору від температури.
3. Закон Джоуля-Ленца.
4. Термоелектричні явища. Явище Зеебека. Явище Пельтьє.

Рекомендована література:

Основна

1. Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К.: Техніка, 2008. – 608 с.

Додаткова

1. Курс фізики : навчальний посібник / [Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М.]. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2002. – 376 с.
2. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.
3. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.
4. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / [Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Серeda В. М., Крушельницька Т. Д., Українець Н. А.]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 124с.

Текст лекції

1. Класична електронна теорія електропровідності

Електронна теорія пояснює різні властивості речовини існуванням і рухом у ній електронів.

У класичній електронній теорії електрони провідності розглядають як електронний газ, подібний до ідеального одноатомного газу. При цьому припускають, що рух електронів підпорядковується законам класичної механіки Ньютона.

Взаємодією електронів між собою нехтують і вважають, що вони взаємодіють тільки з позитивними іонами ґрат. За цією теорією електронний газ має підпорядковуватись усім законам ідеального газу. Згідно з законом рівномірного розподілу енергії за степенями вільності, на один електрон припадає середня кінетична енергія теплового руху

$$E_k = \frac{3}{2} kT,$$

де k - стала Больцмана; T – температура (на кожний степінь вільності припадає енергія, яка дорівнює $\frac{1}{2} kT$, електрон розглядають як матеріальну точку; отже, вільний електрон має три степені вільності). У процесі теплового руху електрони зазнають співударів. Шлях, який проходять електрони між двома послідовними співударами, називають довжиною вільного пробігу (λ). Припускають, що при кожному співударі електрон повністю передає свою енергію іонам ґрат і початкова швидкість наступного руху електрона дорівнює нулю.

2. Залежність опору від температури

Виходячи з електронної теорії електропровідності металів, можна пояснити залежність опору провідника від температури. З підвищенням температури його питомий опір збільшується, а електропровідність зменшується. Проаналізувавши вираз, побачимо, що електропровідність пропорційна концентрації електронів провідності і середній довжині вільного пробігу (λ), тобто чим більше (λ), тим меншою перешкодою для впорядкованого руху електронів є співудари. Електропровідність обернено пропорційна середній тепловій швидкості (u_T).

Теплова швидкість при підвищенні температури зростає пропорційно \sqrt{T} , що веде до зменшення електропровідності і збільшення питомого опору провідників. Аналізуючи формулу, можна, крім того, пояснити залежність σ і ρ від роду провідника.

3. Закон Джоуля – Ленца

На основі класичної електронної теорії провідності металів можна пояснити закон Джоуля — Ленца.

Електрони рухаються упорядковано під дією сил поля. Як раніше, вважатимемо, що в момент співудару з позитивними іонами кристалічних ґрат електрони повністю передають їм свою кінетичну енергію. До кінця вільного пробігу швидкість електрона $u = eE(t)/m_e$, а кінетична енергія

$$\frac{1}{2} m_e u^2 = \frac{e^2 (t)^2 E^2}{2m_e} = \frac{e^2 (\lambda)^2 E^2}{2m_e (u_t)^2}.$$

Потужність, яку виділяє одиниця об'єму металу (густина потужності), дорівнює добутку енергії одного електрона на кількість співударів за секунду (u_T)|

(λ) і на концентрацію n електронів:

$$\omega = \frac{ne^2(\lambda)}{2m_e(v_T)} E^2.$$

Врахувавши, маємо

$$\omega = E^2 = \frac{E^2}{\rho}$$

— закон Джоуля — Ленца.

Якщо нас цікавить енергія Q , яку виділяє провідник завдовжки l , площею поперечного перерізу S за час t , то вираз треба помножити на об'єм провідника $V = Sl$ і час t :

$$Q = \frac{e^2(\lambda)}{2m_e(u_T)} E^2 lSt.$$

Врахувавши, що $E = U/l = IR/l$ (де R - опір провідника), дістанемо закон Джоуля — Ленца в іншому вигляді:

$$Q = I^2 Rt.$$

4. Термоелектричні явища. Явище Зеебека. Явище Пельтьє

Явище Зеебека

Теплову дію електричного струму, тобто перетворення енергії електричного струму в теплоту. А чи можна в механічній дії перетворити теплоту в електричну енергію? Виявляється, що можна.

Виконаємо такий дослід. Якщо спаяти кінці двох металевих дротів, наприклад мідного і залізного, а потім нагріти один із спаїв, а другий лишити холодним, то в такому колі виникає електричний струм, який можна виявити за допомогою гальванометра. Це явище відкрив у 1821 р. Т. Зеебек.

Суть його в тому, що в замкненому електричному колі, складеному з різних металів, виникає термоелектрорушійна сила, якщо спаї матимуть різну температуру. Два метали, спаяні своїми кінцями, назвали термопарою, або термоелементом.

Струм, добутий від такої термопари, називають термоелектричним струмом.

ТермоЕРС термопари залежить від різниці температур спаїв:

$$\varepsilon = (T_2 - T_1) = \varepsilon_0 \Delta T,$$

де ε_0 — питома термоЕРС, яка залежить не тільки від матеріалу провідників, а й від інтервалу температур; T_2 T_1 — температури відповідно гарячого і холодного спаю.

Явище Пельтьє

До термоелектричних явищ належить також явище Пельтьє, яке полягає в тому, що коли через термопару, спаї якої мають однакову температуру ($T_1 = T_2$), від зовнішнього джерела ЕРС пропускати електричний струм, то температура одного спаю починає підвищуватись, а другого — знижуватись, тобто додатково до джоулевої теплоти в одному спаї поглинатиметься, а в другому виділятиметься теплота Пельтьє Q_p . Ця теплота пропорційна силі струму I і часу його проходження t (тобто кількості електрики):

$$Q_p = nIt,$$

де n — коефіцієнт Пельтьє, який залежить від природи металів.

Для збільшення термоелектрорушійної сили кілька термопар з'єднують у батарею.