

УРОК 9/9

Тема. Електричний струм у металах, електролітах і газах

Мета уроку: роз'яснити учням фізичну природу електропровідності металів, електролітів і газів.

Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

ПЛАН УРОКУ

Демонстрації	8 хв	1. Електроліз розчину мідного купоросу. 2. Різні типи самостійного розряду. 3. Фрагменти відеофільму «Електричний струм у різних середовищах»
Вивчення нового матеріалу	27 хв	1. Електричний струм у металах 2. Електричний струм в електролітах. 3. Електричний струм у газах
Закріплення вивченого матеріалу	10 хв	1. Якісні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Електричний струм у металах

Електронна теорія так пояснює відмінності у властивостях провідників і діелектриків: в одних тілах є вільні носії зарядів, які можуть переміщатися в різних напрямках, а в інших тілах носії електричних зарядів зв'язані й можуть лише трохи зміщуватися в ту або іншу сторону.

Природа носіїв зарядів у металах доведена класичними дослідками Рікке, Мандельштама–Папалекси й Толмена–Стюарта. Дослід Рікке дозволяє зробити висновок, що струм у металах забезпечують не іони, а електрони.

Прямі докази електронної природи струму в металі дали дослідки Мандельштама–Папалекси (1913) і Толмена–Стюарта (1916). У цих дослідках було встановлене відношення заряду електрона до його маси:

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}},$$

що відповідає встановленому раніше з інших дослідів.

З дослідів легко встановити, що опір металів залежить від температури. Якщо за температури 0°C , опір провідника дорівнює R_0 , а за температури T він дорівнює R , то відносна зміна опору, як показує дослід, прямо пропорційна зміні температури.

Під час нагрівання провідника його геометричні розміри змінюються незначною мірою. Опір провідника змінюється в основному за рахунок зміни його питомого опору: $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$. Тут α — температурний коефіцієнт опору. Для чистих металів $\alpha \approx 1/273 \text{ K}^{-1}$.

1911 року голландський фізик Камерлінг-Оннес виявив, що під час охолодження ртуті в рідкому гелії її опір спочатку змінюється поступово, а потім за температури 4,15 К різко знижується до нуля.

➤ *Явище, яке полягає в тому, що опір провідника за певної температури стає рівним нулю, називають надпровідністю.*

Практичне застосування надпровідності набуває поширення. Поряд з надпровідними магнітами, надпровідними магнітометрами існує ряд інших технічних пристроїв і вимірювальних приладів, заснованих на використанні різних властивостей надпровідників.

2. Електричний струм в електролітах

Як відомо, провідниками електричного струму можуть бути не тільки тверді тіла, але й рідини. Досліди показують, що електроліти (розчини солей, кислот і лугів у воді) є гарними провідниками електричного струму.

➤ *Процес розпаду молекул розчиненої речовини на іони під дією розчинника називається електролітичною дисоціацією.*

Молекули речовин-розчинників складаються із взаємозалежних іонів протилежного знака (наприклад Na^+Cl^- , H^+Cl^- , K^+Cl^- , $\text{Cu}^{++}\text{SO}_4^-$,). Сили притягання між цими іонами забезпечують цілісність таких молекул.

Іони в електролітах рухаються хаотично, поки в рідину не опускаються електроди. Тоді на хаотичний рух іонів накладається їхній упорядкований рух до відповідних електродів і в рідині виникає електричний струм.

За іонної провідності проходження струму пов'язане з переносом речовини. На електродах відбувається виділення речовин, що входять до складу електролітів.

➤ Процес виділення речовини на електродах під час проходження електричного струму через електроліт називають електролізом.

На аноді негативно заряджені іони віддають свої зайві електрони (у хімії цей процес називається окисною реакцією), а на катоді позитивні іони одержують відсутні електрони (відновна реакція).

Кожний іон, що у процесі електролізу нейтралізується на електроді й виділяється на ньому у вигляді нейтрального атома, має певну масу. Але разом з тим він переносить через електроліт певний заряд. Тому й маса речовини, що виділилася, і кількість електрики, що пройшла, пропорційні числу іонів, які підходять до цього електрода.

Кількісно закон електролізу був установлений на досліді Майклом Фарадеєм у першій половині XIX сторіччя. Фарадей установив, що

➤ маса речовини m , яка виділилася на електроді, пропорційна заряду q , який пройшов через електроліт:

$$m = kq.$$

Оскільки $q = It$, де I — сила струму, t — час проходження струму, то $m = kIt$.

Сталу k називають електрохімічним еквівалентом речовини.

Зміст цього коефіцієнта можна з'ясувати з виразу:

$$k = \frac{m}{q}.$$

➤ Електрохімічний еквівалент чисельно дорівнює масі речовини в кілограмах, яка виділяється під час проходження 1 Кл електрики.

Технічне застосування електролізу

- Гальванотехніка:
 - а) гальваностегія — покриття деталей тонким шаром металу (золочення, нікелювання, хромування й т. ін.);
 - б) гальванопластика — відкладення товстого шару металу, який відшаровують і використовують самостійно (одержання матриць для друкованих пластинок, барельєф і т. ін.).
- Електрометалургія — виділення чистих металів із природних сумішей (міді з мідного колчедану, алюмінію з розплавленого бокситу).
- Очищення металевих деталей (деталь є анодом).

2. Електричний струм у газах

Гази, на відміну від металів і електролітів, складаються з електрично нейтральних атомів і молекул і за нормальних умов не містять вільних носіїв струму (електронів і іонів). Гази за нормальних умов є діелектриками.

Однак за деяких умов можна помітно підвищити електропровідність газу. Досить, наприклад, подіяти полум'ям сірника на повітря біля зарядженого електроскопа, як він відразу ж розряджається. Із цього досліду роблять висновок, що під дією полум'я повітря втрачає свої ізоляційні властивості, тобто в ньому з'являються вільні заряди. Повітря, як і інші гази, можна зробити електропровідним і через вплив на нього ультрафіолетового, рентгенівського й радіоактивного випромінювань.

Для відриву електрона від атома необхідна певна енергія, яку називають енергією іонізації.

Іонізація газів — відрив від їхніх атомів або молекул електронів.

Протилежним процесу іонізації газів є процес *рекомбінації* — возз'єднання протилежно заряджених частинок у нейтральні молекули.

Іонізатор щомиті створює в просторі між електродами деяке число іонів і електронів. Стільки ж іонів і електронів, з'єднуючись між собою, утворюють нейтральні атоми. Така динамічна рівновага існує доти, поки між електродами немає електричного поля. Щойно між електродами буде створене поле, відразу ж на частинки, що несуть заряди різного знака, почнуть діяти сили, спрямовані в протилежні сторони. Тому, крім безладного руху, заряджені частинки будуть переміщатися в напрямку дії на них електричного поля. Це напрямлений рух частинок під дією електричного поля і являє собою струм у газі.

Процес протікання електричного струму через газ називають газовим розрядом.

Існує два види газового розряду — *несамостійний* і *самостійний*.

Якщо електропровідність газу виникає під дією іонізаторів, а з видаленням останнього зникає, то маємо *несамостійний* розряд.

➤ Газовий розряд, який можна спостерігати тільки за наявності зовнішнього іонізатора, називають *несамостійним газовим розрядом*.

За певних умов струм у газах може проходити й без зовнішнього іонізатора.

➤ *Газовий розряд, що триває після того, як припиниться дія зовнішнього іонізатора, називається самостійним газовим розрядом.*

Залежно від тиску газу, конфігурації електродів і параметрів зовнішнього кола існує чотири типи самостійних розрядів: тліючий, іскровий, коронний і дуговий.

Електричний розряд, що відбувається за низького тиску (частинки міліметра ртутного стовпа, тобто в тисячі разів менше від атмосферного тиску), називають *тліючим розрядом*. Тліючий заряд використовують у люмінесцентних лампах і газонаповнених рекламних трубках.

Іскровий розряд виникає в газі зазвичай за тисках порядку атмосферного. Він характеризується переривчастою формою. За зовнішнім виглядом іскровий розряд являє собою пучок яскравих зигзагоподібних тонких розгалужуваних смуг, які миттєво пронизують розрядний проміжок, швидко згасають і постійно змінюють одну одну. Ці смужки називають іскровими каналами.

За природних умов іскровий розряд спостерігається у вигляді блискавки. Іскровий розряд у незначних масштабах виникає, наприклад, у звичайних вимикачах, коли ми вимикаємо світло. На застосуванні іскрового розряду засновані методи електроіскрової обробки металів. Потужні, сильнострумкові розряди у водні були першими кроками на шляху до керованого термоядерного синтезу.

Коронний розряд виникає в сильному неоднорідному електричному полі за порівняно високих тисків газу (подібно до атмосферного). Таке поле можна одержати між двома електродами, поверхня одного з яких має велику кривину (тонкий дротик, вістря). Саме така ситуація виникає перед грозою або під час грози. Але в міру видалення від вістря поле швидко зменшується, тому вдалині від вістря електронна лавина не виникає.

Коронний розряд застосовують в електрофільтрах для очищення повітря. Іони, зіштовхуючись із часточками диму, заряджають їх, після чого заряджені частинки притягуються до електродів і осідають на них.

Якщо після одержання іскрового розряду від потужного джерела поступово зменшувати відстань між електродами, то розряд з переривчастого стає безперервним, виникає нова форма газового розряду, яка називається *дуговим розрядом*.

Температура за дугового розряду досягає 6000 °С (така температура на поверхні Сонця).

Дуговий розряд було відкрито 1802 р. російським фізиком В. В. Петровим. Дуговий розряд використовують для електрозварювання металів. Значний внесок у розробку методів електрозварювання внесли українські вчені під керівництвом академіка А. Є. Патона — організатора й першого директора Інституту електрозварювання в Києві. Дуговий розряд також використовують у прожекторах, проєкційних апаратах і в маяках. У металургії широко застосовують дугові електропечі, джерелом теплоти в яких є дуговий розряд. У таких печах виплавляють сталь, чавун, бронзу й інші метали.

ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

Перший рівень

1. Як рухаються електрони провідності в металевому провіднику, коли в ньому: а) немає електричного поля; б) створено електричне поле?
2. Яка природа носіїв заряду в електролітах?
3. Яка умова необхідна для виникнення напрямленого руху іонів в електроліті?
4. Чому розрідження газу поліпшує його провідність? Чи за всіх умов це справедливо?
5. Які умови повинні бути виконані, щоб несамотійний розряд став самостійним?
6. Чому за менших густин повітря електричний розряд відбувається за більш низьких напруг?

Другий рівень

1. Чому незважаючи на невисоку швидкість упорядкованого руху електронів у металевому провіднику, прилади в мережі починають діяти одночасно?
2. Чи будь-яка рідина, що проводить електричний струм, є розчином або розплавом електроліту?
3. Яка природа струму в газах?
4. Чому електроскоп, що перебуває неподалік від полум'я газового пальника, розряджається досить швидко?
5. Як зміниться дуговий розряд, якщо сильно остудити анод? катод?
6. Про які фізичні явища йдеться в загадці: «Блисне, мигне, когось позве»?

ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання

1. Чому під час проходження струму через розчин електроліту відбувається перенос речовини, а в разі проходження через металевий провідник перенос речовини не відбувається?
2. У який спосіб, опустивши два проводи від гальванічного елемента в склянку з водопровідною водою, можна дізнатися, чи існує між ними постійна напруга?
3. У чому подібність і розбіжності провідності газів і електролітів?
4. Чим відрізняється іонізація газу від електролітичної дисоціації?
5. Чому в альпіністів існує таке правило: заночувавши високо в горах, всі металеві предмети потрібно класти подалі від табору?

2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. За якої сили струму проводився електроліз водяного розчину CuSO_4 , якщо за 25 хв на катоді виділилося 2 г міді?
2. У процесі електролізу з водяного розчину срібної солі виділилося 500 мг срібла. Який заряд пройшов через електролітичну ванну?
3. Іонізуюче випромінювання щосекунди створює в 1 см^3 газу в трубці $n = 5 \cdot 10^9$ пар однозарядних іонів. Яка сила струму насичення за несамоіонізованого розряду, якщо об'єм трубки $V = 600 \text{ см}^3$?

Розв'язання

Сила струму $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{enV}{\Delta t}$. Слід звернути увагу на те, що пара

однозарядних іонів переносить із катода на анод один електрон.

Підставивши числові дані, одержуємо: $I = 480 \text{ нА}$.

4. Напруга 40–50 В підтримує дуговий розряд у газовому проміжку. Іскровий розряд у тому самому проміжку потребує напруги в кілька тисяч вольтів. Поясніть цей факт.

ЩО МИ ДІЗНАЛИСЯ НА УРОЦІ

- Явище, яке полягає в тому, що опір провідника за певної температури стає рівним нулю, називають надпровідністю.

- Процес розпаду молекул розчиненої речовини на іони під дією розчинника називається електролітичною дисоціацією.
- Процес виділення речовини на електродах під час проходження електричного струму через електроліт називають електролізом.
- Маса речовини m , яка виділилася на електроді, пропорційна заряду q , що пройшов через електроліт:

$$m = kq.$$

- Електрохімічний еквівалент чисельно дорівнює масі речовини в кілограмах, що виділяється під час проходження 1 Кл електрики:

$$k = \frac{m}{q}.$$

- Іонізація газів — відривання від їхніх атомів або молекул електронів.
- Процес протікання електричного струму через газ називають газовим розрядом.
- Газовий розряд, який можна спостерігати тільки за наявності зовнішнього іонізатора, називають несамоіонізованим газовим розрядом.
- Газовий розряд, що триває після того, як припиниться дія зовнішнього іонізатора, називається самоіонізованим газовим розрядом.

Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 8, 9, 10.
2. Зб.:

Рів1 № 6.10; 6.12; 6.13; 6.14.

Рів2 № 6.19; 6.20; 6.21, 6.22.