

Група ДК-09-19- КП  
Група ДК-09-19- КФ  
Група ДК-09-19- КМ

## Завдання з дисципліни «Фізика і астрономія»

### Заняття (практичне) № 13.12

#### Тема: ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В ЕЛЕКТРОЛІТАХ. ЕЛЕКТРОЛІЗ.



Насправді прикраса на малюнку не є золотою — вона виготовлена зі срібла, а тонкий шар золота (6 мікронів) нанесено на прикрасу електрохімічним способом — способом *електролізу*. Автомобільний диск виготовлений зі сплаву алюмінію, а блиску йому надає тонкий шар хрому. І вироблення алюмінію, і рівномірне нанесення хрому на поверхню деталі — це теж електроліз.

#### **Що являє собою електричний струм в електролітах**

*Електроліти* — тверді або рідкі речовини, які мають йонну провідність.

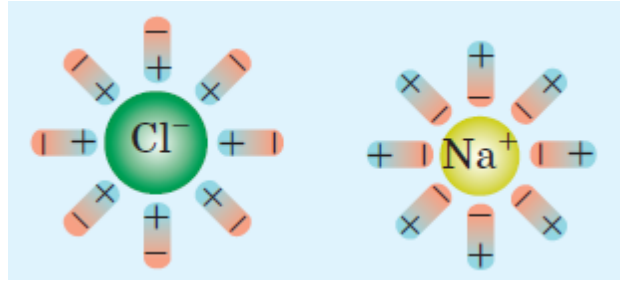
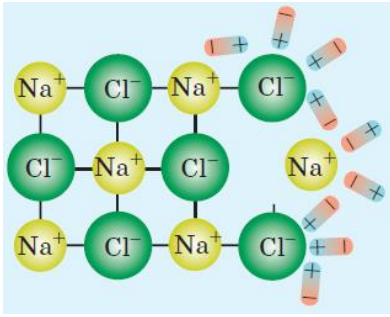
Механізм йонної провідності твердих речовин є досить складним, тому розглянемо йонну провідність лише рідких електролітів.

Солі, кислоти або луги під час розчинення можуть розпастися на окремі йони. Це явище називають електролітичною дисоціацією, а розчини відповідних речовин — електролітами.

Електролітична дисоціація (від латин. *dissociatio* — розділення) — це *розпад речовин на йони внаслідок дії полярних молекул розчинника*.

Так, коли кристалик кухонної солі потрапляє у воду, полярні молекули води оточують йони Натрію та йони Хлору і відокремлюють їх від кристалика.

У результаті в розчині з'являються вільні заряджені частинки — позитивні й негативні йони.

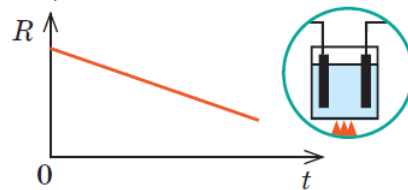


Розпад речовин на йони може бути спричинений не тільки розчинником. Деякі солі та оксиди металічних елементів розпадаються на йони внаслідок значного підвищення температури. Розплави цих речовин теж є електролітами.

За відсутності електричного поля йони перебувають у хаотичному тепловому русі. А от якщо в розчин або розплав помістити електроди, приєднані до різнойменних полюсів джерела струму, то, як і вільні електрони в металах, йони дрейфуватимуть у певному напрямку: позитивні йони (катіони) — до негативного електрода (катода); негативні йони (аніони) — до позитивного електрода (анода). Тобто в розчині виникне *електричний струм*.

*Електричний струм у розчинах і розплавах електролітів* являє собою напрямлений рух вільних йонів.

Зазначимо, що зі збільшенням температури кількість йонів в електроліті значно збільшується, тому, незважаючи на збільшення кількості ефективних зіткнень, *опір електроліту зменшується* (рис. 6.1).

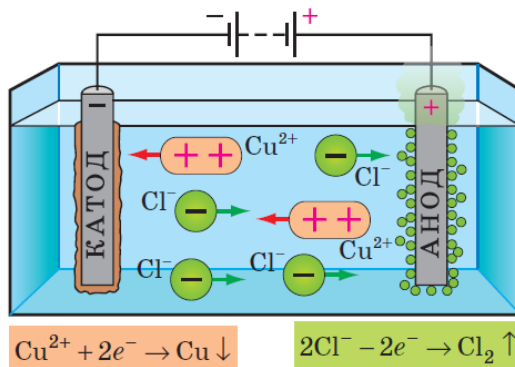


**Рис. 6.1.** Приблизний графік залежності опору  $R$  електроліту від температури  $t$

### Що таке електроліз

Під час проходження електричного струму через електроліт відбувається перенесення хімічних складових електроліту й ті виділяються на електродах — осідають у вигляді твердого шару або виділяються в газоподібному стані.

Так, якщо через водний розчин купрум(II) хлориду пропускати струм, то поверхню катода вкриє тонкий шар міді, а біля анода виділиться хлор. Це відбувається тому, що під дією електричного поля вільні позитивні йони Купруму ( $\text{Cu}^{2+}$ ) прямують до катода, а вільні негативні йони Хлору ( $\text{Cl}^-$ ) — до анода (рис. 6.2).



**Рис. 6.2.** Електроліз розчину  $\text{CuCl}_2$ . У ванну з розчином занурені катод і анод. Після замикання кола позитивні йони (катіони) рухаються до катода, негативні йони (аніони) — до анода

Досягши катода, катіони Купруму «захоплюють» з його поверхні електрони, яких їм «бракує», — відбувається *хімічна реакція відновлення*: катіони Купруму перетворюються на нейтральні атоми, і на поверхні катода осідає мідь. Водночас аніони Хлору, досягши поверхні анода, «віддають» йому «надлишкові» електрони — відбувається *хімічна реакція окиснення*: аніони Хлору перетворюються на нейтральні атоми, і на аноді виділяється хлор.

Процес виділення речовин на електродах, пов'язаний з окисно-відновними реакціями, які відбуваються на електродах під час проходження струму, називають *електролізом*.

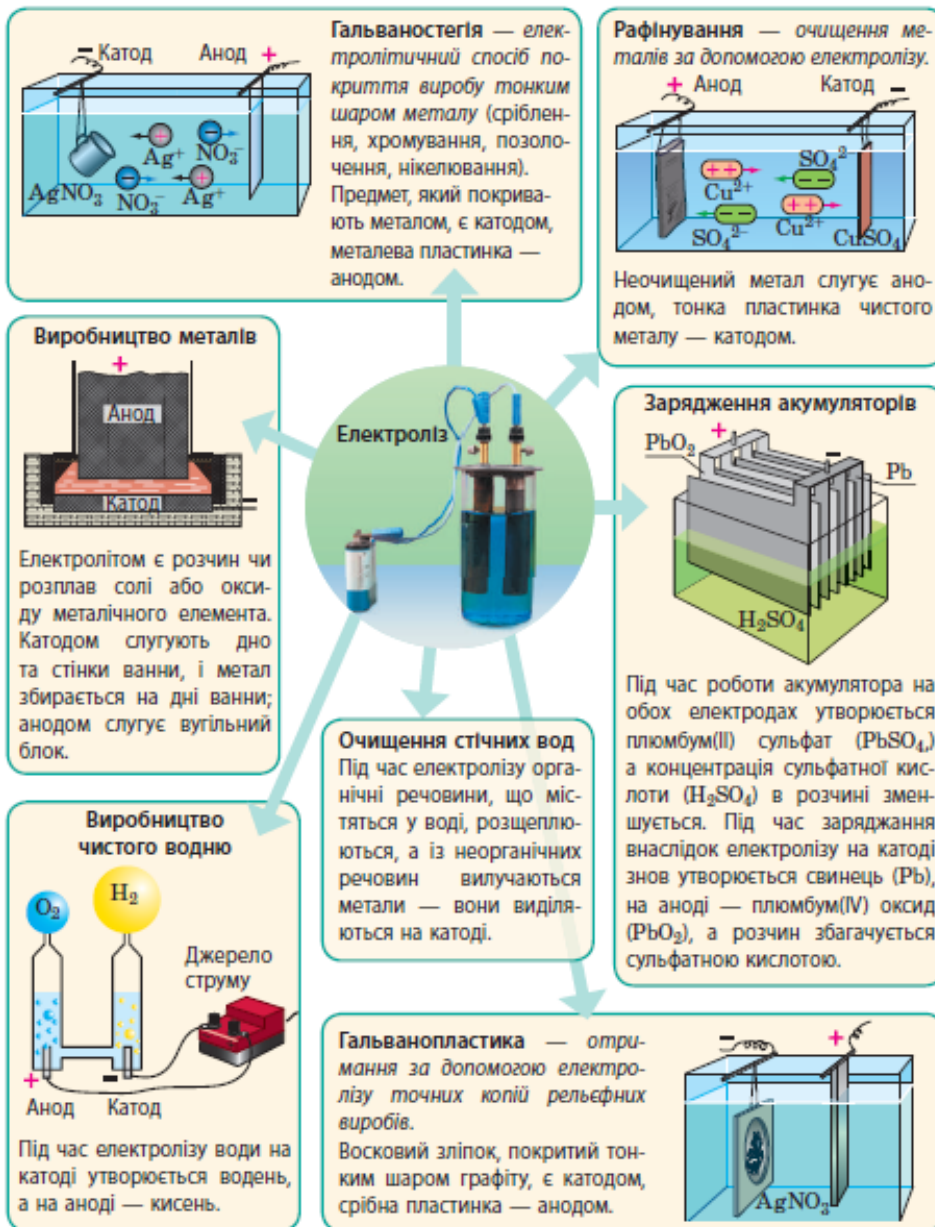
### Закони М. Фарадея для електролізу

Уперше явище електролізу докладно вивчив англійський фізик Майкл Фарадей (1791–1867). Точно вимірюючи маси речовин, які виділялися на електродах під час електролізу, вчений сформулював два *закони електролізу*.

Закони Фарадея для електролізу	
Перший закон електролізу	Другий закон електролізу
<p>Маса речовини, яка виділяється на електроді під час електролізу, прямо пропорційна силі струму <math>I</math> та часу <math>t</math> його проходження через електроліт:</p> $m = kIt, \text{ або } m = kq,$ <p>де <math>q</math> — заряд, що пройшов через електроліт; <math>k</math> — коефіцієнт пропорційності, який називають <b>електрохімічний еквівалент</b>:</p> $[k] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \left( \frac{\text{кг}}{\text{С}} \right).$ <p>Електрохімічні еквіваленти визначають експериментальним шляхом і заносять у таблиці (див. Додаток 1).</p>	<p>Електрохімічний еквівалент <math>k</math> прямо пропорційний відношенню молярної маси <math>M</math> елемента до валентності <math>n</math> цього елемента в даній хімічній сполуці:</p> $k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n},$ <p>де <math>F</math> — <b>стала Фарадея</b>, яка визначається як добуток модуля заряду електрона на сталу Авогадро:</p> $F =  e N_A = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль.}$ <p>Тобто стала Фарадея дорівнює модулю заряду одного моля електронів.</p>

### Де застосовують електроліз

Електроліз широко застосовують у сучасній техніці, зокрема для полірування поверхонь, зарядження кислотних і лужних акумуляторів, отримання чистого водню (електроліз води), багатьох металів тощо.



### Приклад розв'язування задач

**Задача.** Під час рафінування міді анодом слугує пластина з неочищеної міді, що має 12 % домішок. Скільки електроенергії витратили для очищення 2 кг такої міді, якщо процес відбувається за напруги 0,5 В?

*Аналіз фізичної проблеми.* Витрати енергії дорівнюють роботі струму:

$\Delta W = A = qU$ , де  $q$  — заряд, який пройшов через електроліт за час рафінування. За першим законом Фарадея знайдемо заряд  $q$  і, скориставшись довідковими значеннями електрохімічного еквівалента міді ( $Cu^{2+}$ ), визначимо шукану величину.

Дано:

$$m_{\text{доміш}} = 0,12m$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$U = 0,5 \text{ В}$$

$$k = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}$$

$\Delta W$  — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання.

За першим законом Фарадея:  $m_{\text{Cu}} = kq \Rightarrow q = \frac{m_{\text{Cu}}}{k}$ .

Отже,  $\Delta W = A = qU = \frac{m_{\text{Cu}}}{k} U$ .

За умовою маса чистої міді дорівнює:  $m_{\text{Cu}} = m - m_{\text{доміш}}$ .

Остаточно маємо:  $\Delta W = \frac{(m - m_{\text{доміш}})U}{k}$ .

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[\Delta W] = \frac{\text{кг} \cdot \text{В}}{\text{кг/Кл}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{Кл}}{\text{Кл}} = \text{Дж}; \quad \Delta W = \frac{(2 - 0,12 \cdot 2) \cdot 0,5}{0,33 \cdot 10^{-6}} = \frac{0,88}{0,33 \cdot 10^{-6}} \approx 2,7 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь:  $\Delta W \approx 2,7 \text{ МДж}$ .