

§ 6. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В ЕЛЕКТРОЛІТАХ. ЕЛЕКТРОЛІЗ

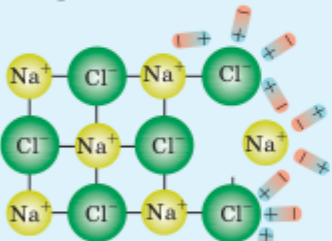


Насправді прикраса на малюнку не є золотою — вона виготовлена зі срібла, а тонкий шар золота (6 мікронів) нанесено на прикрасу електрохімічним способом — способом *електролізу*. Автомобільний диск виготовлений зі сплаву алюмінію, а блиску йому надає тонкий шар хрому. І вироблення алюмінію, і рівномірне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

Нагадуємо

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.

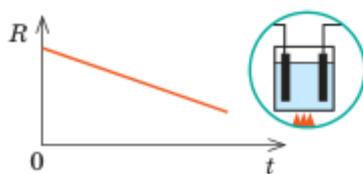
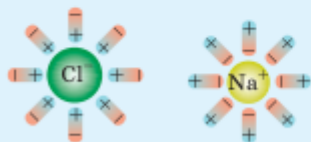


Рис. 6.1. Приблизний графік залежності опору R електроліту від температури t

1 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* (див. текст ліворуч), а розчини відповідних речовин — електролітами.

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).

2 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 (Cu^{2+}) прямують до катода, а вільні негативні йони Хлору (Cl^-) — до анода (рис. 6.2).

Досягнувши 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, досягнувши 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**.

3 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
Маса речовини, яка виділяється на електроді під час електролізу, прямо пропорційна силі струму I та часу t його проходження через електроліт: $m = kIt, \text{ або } m = kq,$ де q — заряд, що пройшов через електроліт; k — коефіцієнт пропорційності, який називають електрохімічним еквівалентом: $[k] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \left(\frac{\text{кг}}{\text{С}} \right).$ Електрохімічні еквіваленти визначають експериментальним шляхом і заносять у таблиці (див. Додаток 1).	Електрохімічний еквівалент k прямо пропорційний відношенню молярної маси M елемента до валентності n цього елемента в даній хімічній сполуці: $k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n},$ де F — стала Фарадея, яка визначається як добуток модуля заряду електрона на сталу Авогадро: $F = e N_A = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл / моль}.$ Тобто стала Фарадея дорівнює модулю заряду одного моля електронів.

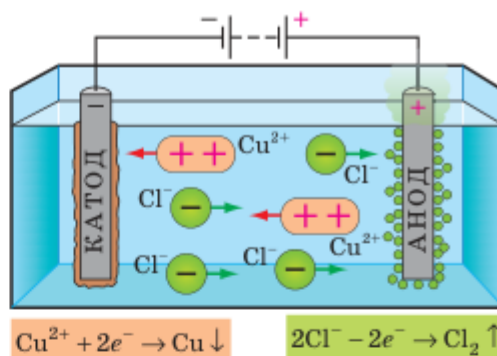
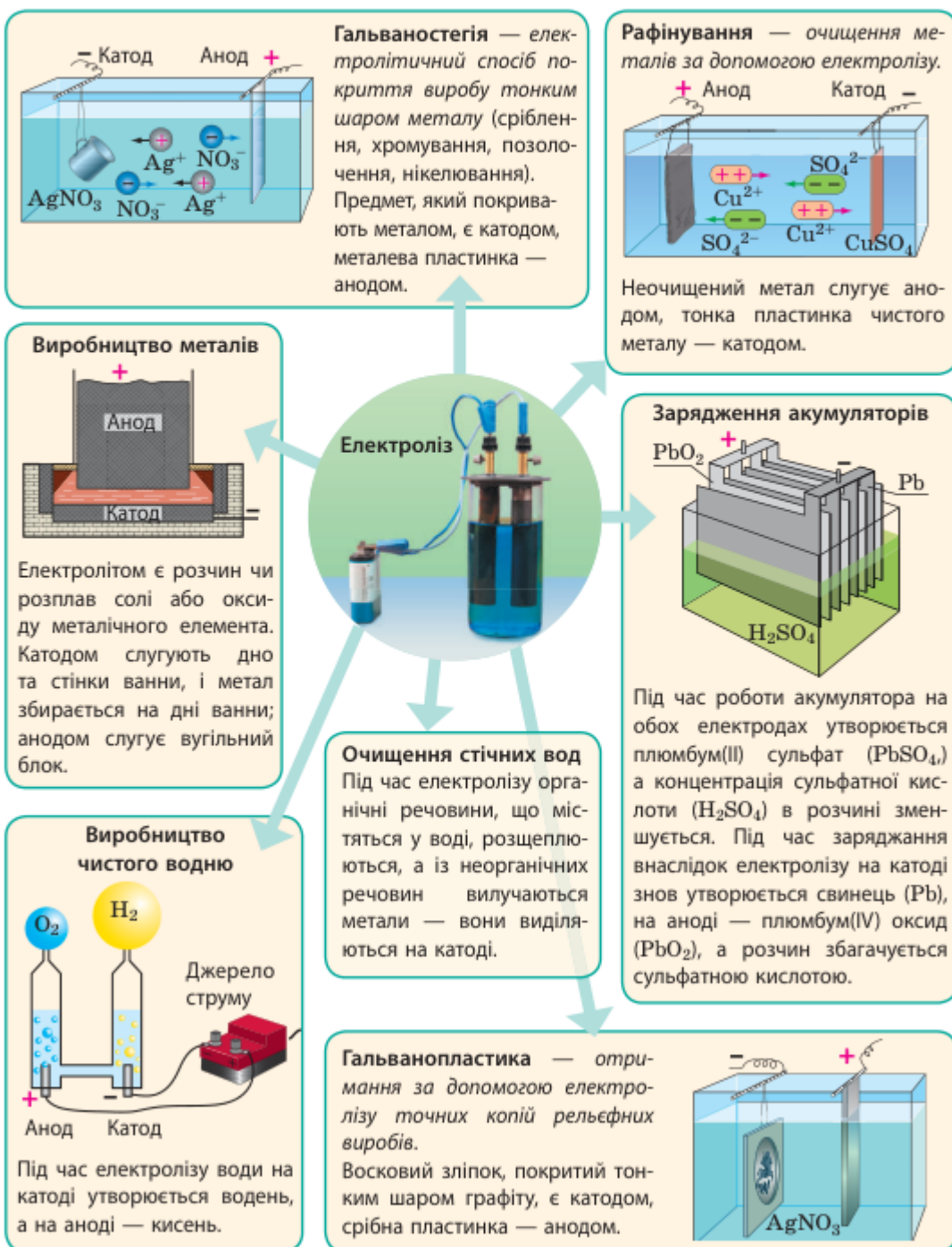


Рис. 6.2. Електроліз розчину CuCl_2 . У ванну з розчином занурені катод і анод. Після замикання кола позитивні йони (катіони) рухаються до катода, негативні йони (аніони) — до анода

4 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.



5 Учимся розв'язувати задачі

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 табличним значенням електрохімічного еквівалента міді (Cu^{2+}) (див. Додаток 1), визначимо шукану величину.

Дано:

$$m_{\text{доміш}} = 0,12 \text{ т}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$U = 0,5 \text{ В}$$

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

$$\Delta W = ?$$

Пошук математичної моделі, розв'язання.

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

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

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

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

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

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

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



Підбиваємо підсумки

Електричний струм в електролітах — це напрямлений рух вільних позитивних і негативних йонів. Процес виділення речовин на електродах, пов'язаний з окисно-відновними реакціями, що відбуваються на електродах під час проходження струму, називають електролізом.

- Перший закон електролізу: маса речовини, що виділяється на електроді, прямо пропорційна силі струму та часу його проходження через електроліт: $m = kIt$, де k — електрохімічний еквівалент.

- Другий закон електролізу: електрохімічний еквівалент k прямо пропорційний відношенню молярної маси елемента до валентності n цього елемента в даній хімічній сполуці: $k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$, де $F = N_A |e|$ — стала Фарадея.



Контрольні запитання

1. У чому полягає явище електролітичної дисоціації? Наведіть приклади.
2. Що таке електроліт?
3. Що являє собою електричний струм у розчинах і розплавах електролітів?
4. Опишіть процес електролізу.
5. Сформулюйте закони Фарадея.
6. Наведіть приклади застосування електролізу.



Вправа № 6

1. Через розчин мідного купоросу (CuSO_4) досить довгий час пропускають електричний струм. Як змінюється маса міді, що виділяється на катоді за одиницю часу, якщо напруга на електродах є незмінною?

2. Заповніть таблицю.*

Речовина, яка виділилася на катоді			Час електролізу	Сила струму під час електролізу
назва	маса	електрохімічний еквівалент		
Мідь	6,6 г			0,4 А
		0,30 мг/Кл	1 год	0,6 А
Алюміній	1,35 г		50 хв	5 А

3. Дві однакові електролітичні ванни заповнені розчином аргентум(I) нітрату. Концентрація розчину у ванні 1 більша, ніж у ванні 2. Визначте, на катоді якої ванни виділиться більше срібла, якщо ванни з'єднані: а) послідовно; б) паралельно.
4. На рис. 1 наведено зображення електричного кола, до складу якого входить електролітична ванна з водним розчином цинк сульфату. Напруга на електродах становить 2 В; густина цинку — 7100 кг/м^3 . Визначте:
а) який електрод є катодом, який — анодом;
б) на якому електроді виділяється цинк;
в) за який час на електроді утвориться шар цинку завтовшки $6,8 \text{ мкм}$ і яка енергія буде на це витрачена.
5. Дізнайтеся докладніше, що таке *електролізер* (рис. 2). Чи відрізняється електролізер від електролітичної ванни?

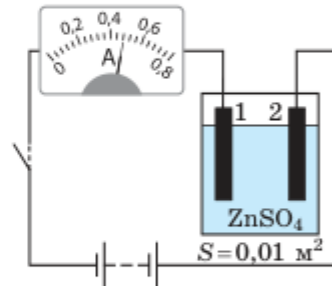


Рис. 1



Рис. 2