

§ 19. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РІДИНАХ



Дистильована вода — практично діелектрик, тому що в ній майже немає вільних заряджених частинок; діелектриком є й кухонна сіль. Однак якщо дрібку кухонної солі кинути в дистильовану воду, то отриманий розчин добре проводитиме струм. Чому це так? Звідки в розчині взялися вільні частинки, що мають електричний заряд?



Знайомимося з електролітами

Молекули багатьох речовин (наприклад, солей) являють собою позитивні і негативні йони, з'єднані в одне ціле силою електричного притягання. Так, макромолекула кухонної солі (NaCl) складається з позитивних йонів Натрію (Na^+) і негативних йонів Хлору (Cl^-) (рис. 19.1), макромолекула купрум сульфату (CuSO_4) — з позитивних йонів Купруму (Cu^{2+}) і негативних йонів сульфату (SO_4^{2-}). Якщо ці речовини розчинити, наприклад, у воді, то притягання між йонами стане набагато слабшим і молекули речовин можуть розпастися на окремі йони. З курсу хімії ви вже знаєте, що розпад деяких речовин на йони під дією полярних молекул розчинника називають *електролітичною дисоціацією* (від латин. *dissociatio* — роз'єднання, розділення).

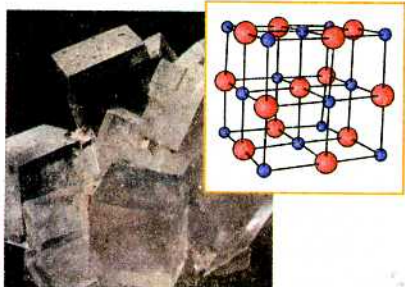


Рис. 19.1. Макромолекула кухонної солі (NaCl) складається з позитивних йонів Натрію Na^+ і негативних йонів Хлору Cl^-

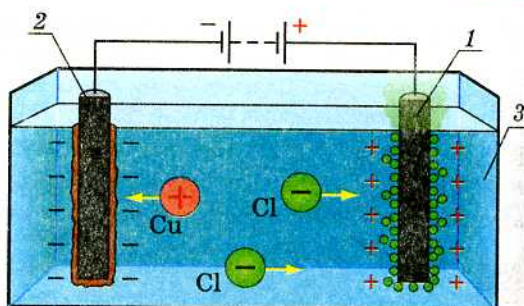


Рис. 19.2. Схема дослідження електричного струму в рідинах: 1 — анод; 2 — катод; 3 — ванна з розчином електроліту. Після замикання кола позитивні йони (катіони) рухаються до катода, негативні йони (аніони) — до анода

У результаті електролітичної дисоціації в розчині з'являються вільні заряджені частинки — позитивні і негативні йони й розчин починає проводити струм.

Досліди показують, що розпадання молекул на йони може бути спричинене не тільки розчинником. За умови значного збільшення температури деякі солі та оксиди металів можуть розпадатися на окремі йони й без «допомоги» розчинника. Тому розплави цих речовин теж проводять електричний струм.

Речовини, розчини й розплави яких проводять електричний струм, називають електролітами.

2 З'ясовуємо, як проходить електричний струм через електроліти

Візьмемо два вугільні стрижні (електроди) та з'єднаємо їх із полюсами джерела струму (див. рис. 19.2). Нагадаємо, що електрод, з'єднаний із позитивним полюсом джерела струму, називають *анодом*, а електрод, з'єднаний із негативним полюсом, — *катодом*. Опустимо електроди в посудину з розчином електроліту, наприклад, із водним розчином купрум хлориду (CuCl_2), і замкнемо коло. У розчині купрум хлориду виникне електричне поле, під дією якого вільні позитивні йони Купруму (Cu^{2+}) попрямують до катода, а вільні негативні йони Хлору (Cl^-) — до анода. Отже, у розчині виникне напрямлений рух вільних заряджених частинок — електричний струм.

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

Слід звернути увагу, що йонний механізм провідності мають (крім розчинів та розплавів електролітів) і деякі тверді речовини, наприклад натрій хлорид (NaCl), калій хлорид (KCl), аргентум нітрат (AgNO_3) та ін.

Електроліти — це тверді або рідкі речовини, що мають йонну провідність.

Під час проходження струму через електроліти позитивні йони рухаються до негативного електрода — катода, тому їх називають *катіонами*; негативні йони рухаються до позитивного електрода — анода, і їх відповідно називають *аніонами*.

3 Даємо визначення електролізу

Пройсходження електричного струму через електроліт (на відміну від проходження струму через метал) характеризується тим, що йони переносять хімічні складові електроліту і ті виділяються на електродах — відкладаються у вигляді твердого шару або виділяються в газоподібному стані.

Наприклад, якщо через водний розчин купрум хлориду протягом кількох хвилин пропускати струм, то побачимо, що поверхню катода вкриє тонкий шар міді (рис. 19.3), а біля анода виділиться газоподібний хлор. Наявність хлору можна визначити за характерним запахом або, якщо попередньо обгорнути анод кольоровою тканиною, — за її знебарвленням.

Це відбувається тому, що під час проходження струму через розчин купрум хлориду вільні позитивні йони Купруму (Cu^{2+}) прямують до катода, а вільні негативні йони Хлору (Cl^-) — до анода. Досягнувши катода, катіон Купруму «бере» з його поверхні електрони, яких йому бракує, тобто відбувається *хімічна реакція відновлення*. Унаслідок цієї реакції катіон Купруму перетворюється на нейтральний атом; на поверхні катода осідає мідь. Водночас аніони Хлору, досягнувши поверхні анода, навпаки, «віддають» йому надлишкові електрони — відбувається *хімічна реакція окиснення*; на аноді виділяється хлор.

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

4 Відкриваємо закон Фарадея

Уперше явище електролізу докладно вивчив англійський фізик *М. Фарадей* (рис. 19.4). Точно вимірюючи масу речовин, які виділялись на електродах під час проходження електричного струму через розчин електроліту, він



Рис. 19.3. Через кілька хвилин після початку пропускання струму через розчин купрум хлориду поверхню катода вкриє тонкий шар міді



Рис. 19.4. Майкл Фарадей (1791–1867) — англійський фізик, засновник вчення про електромагнітне поле. Виявив хімічну дію електричного струму, встановив закони електролізу і здійснив чимало інших видатних відкриттів

сформулював закон, який згодом був названий **законом електролізу**, або **першим законом Фарадея**:

Маса m речовини, яка виділяється на електроді під час електролізу, пропорційна силі струму I та часу t його проходження через електроліт:

$$m = kIt,$$

де k — коефіцієнт пропорційності, який отримав назву **електрохімічний еквівалент речовини**.

Електрохімічний еквівалент речовини чисельно дорівнює масі цієї речовини, яка виділиться на електроді за 1 с під час проходження через електроліт струму силою 1 А $\left([k] = \frac{\text{мг}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{мг}}{\text{Кл}}\right)$.

Електрохімічні еквіваленти деяких речовин

Речовина	Електрохімічний еквівалент k , $\frac{\text{мг}}{\text{Кл}}$	Речовина	Електрохімічний еквівалент k , $\frac{\text{мг}}{\text{Кл}}$
Алюміній (Al^{3+})	0,09	Нікель (Ni^{2+})	0,30
Водень (H^+)	0,01	Срібло (Ag^+)	1,12
Кисень (O^{2-})	0,08	Хром (Cr^{3+})	0,18
Мідь (Cu^{2+})	0,33	Хлор (Cl^-)	0,37
Натрій (Na^+)	0,24	Цинк (Zn^{2+})	0,34

5 Учимося розв'язувати задачі

Задача. Для визначення електрохімічного еквіваленту міді через розчин купрум сульфату протягом 30 хв пропускали струм силою 0,5 А. Яке значення електрохімічного еквіваленту отримали, якщо маса катода до початку досліду становила 75,2 г, а після досліду — 75,47 г?

Дано:

$$t = 1800 \text{ с}$$

$$I = 0,5 \text{ А}$$

$$m_1 = 75,200 \text{ мг}$$

$$m_2 = 75,470 \text{ мг}$$

k — ?

Аналіз фізичної проблеми

Для розв'язання задачі скористаємося законом електролізу. Масу міді, що виділилася на катоді, знайдемо як різницю мас катода до і після досліду. Оскільки в таблицях електрохімічний еквівалент подають у міліграмах на кулон, то масу зручно подати в міліграмах.

Пошук математичної моделі, розв'язання, аналіз результатів

Відповідно до першого закону Фарадея маємо: $m = kIt$, отже, $k = \frac{m}{It}$; при цьому $m = m_2 - m_1$. Одержуємо:

$$k = \frac{m_2 - m_1}{It}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$[k] = \frac{\text{мг}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{мг}}{\text{Кл}};$$

$$\{k\} = \frac{75470 - 75200}{0,5 \cdot 1800} = \frac{270}{900} = 0,30; \quad k = 0,30 \frac{\text{мг}}{\text{Кл}}.$$

Проаналізуємо результат. Порівнявши отримане значення електрохімічного еквіваленту міді з табличним $\left(k = 0,33 \frac{\text{мг}}{\text{Кл}}\right)$, бачимо, що результати практично збіглися.

Похибка виникла через неточність вимірювання маси. Отже, задачу розв'язано правильно.

Відповідь: отримане в результаті досліду значення електрохімічного еквіваленту міді становить $0,30 \frac{\text{мг}}{\text{Кл}}$.

Підбиваємо підсумки

Розпад електролітів на йони під дією розчинника називають електролітичною дисоціацією. У результаті дисоціації в розчині з'являються вільні заряджені частинки — катіони та аніони. Електроліти — це будь-які тверді або рідкі речовини, які мають йонний характер провідності.

Електричний струм в електролітах — це напрямлений рух вільних йонів. При проходженні електричного струму через електроліт хімічні складові електроліту осаджуються на електродах або виділяються в газоподібному стані. Процес виділення речовин на електродах, пов'язаний з окисно-відновними реакціями, що відбуваються на електродах під час проходження струму, називають електролізом. Під час електролізу справджується перший закон Фарадея (закон електролізу): маса речовини, що виділяється на електроді, пропорційна силі струму та часу його проходження через електроліт: $m = kIt$. Коефіцієнт пропорційності k називають електрохімічним еквівалентом речовини.

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 перший закон Фарадея.
6. Яким є фізичний зміст електрохімічного еквіваленту речовини?

Вправа № 19

1. Скориставшись законом електролізу, виведіть одиницю електрохімічного еквіваленту в СІ.
2. Дистильована вода не є провідником. А чому водопровідна вода, а також річкова й морська добре проводять електричний струм?
3. Чому розчин солі у воді добре проводить електричний струм, а розчин цукру у воді — погано?
4. Під час електролізу, де електролітом виступав аргентум нітрат, на катоді виділилося 25 г срібла. Скільки часу тривав електроліз, якщо сила струму була сталою й дорівнювала 0,5 А?
5. Через розчин аргентум нітрату протягом 2 год пропускали електричний струм. Визначте масу срібла, яке утворилося на катоді під час електролізу, якщо напруга на електродах становила 2 В, а опір розчину — 0,4 Ом.
6. Під час електролізу розчину сульфатної кислоти за 50 хв виділилося 3 г водню. Визначте потужність, яку витрачено на нагрівання розчину електроліту, якщо його опір становив 0,4 Ом.