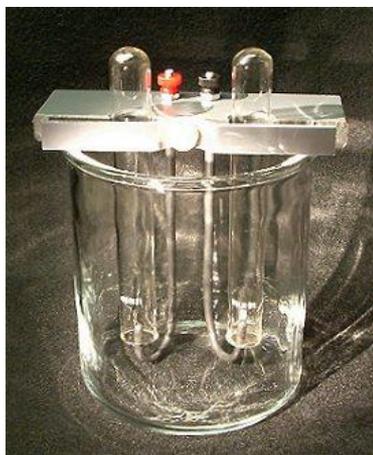
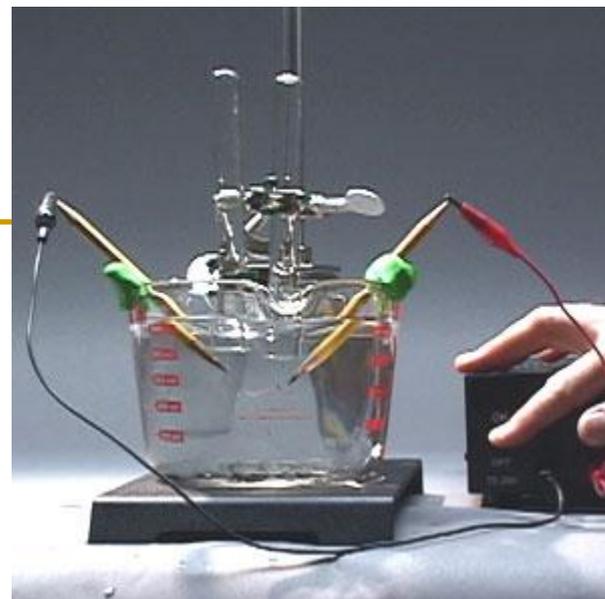


Лёвкин А.Н.

Электролиз



Терминология

- **Электролиз** – совокупность ОВР, осуществляющихся на электродах при пропускании через раствор или расплав электролита постоянного электрического тока
- **Электрод** – система, состоящая из проводника I рода и проводника II рода
- **Катод**- восстановление 
- **Анод** - окисление 

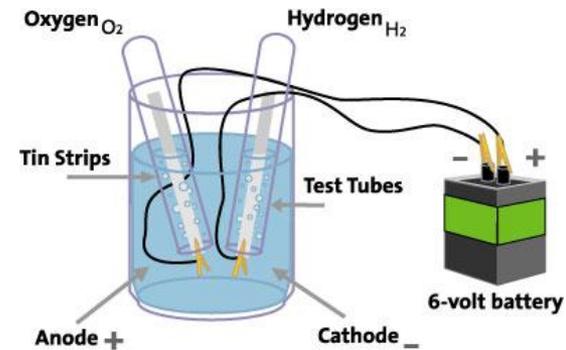
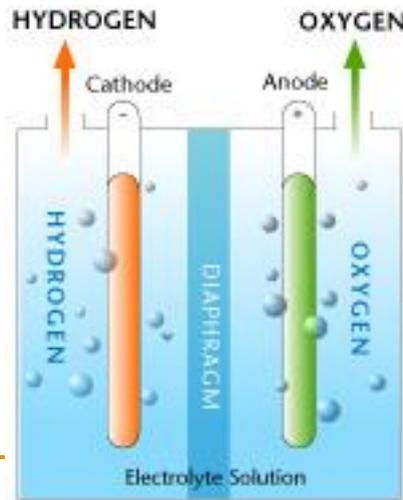
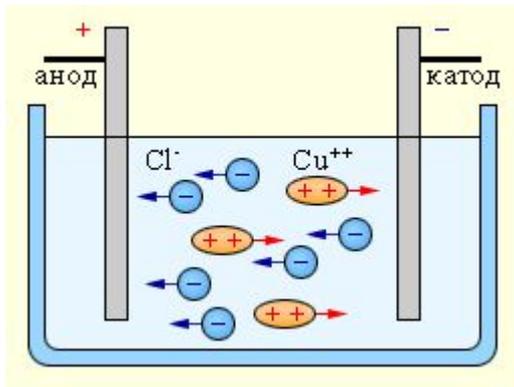
Электролиз расплавоВ

- **NaCl, расплав**
- $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ (диссоциация на ионы)
- Катод(-): Na^+
- $\text{Na}^+ + 1e^- \rightarrow \text{Na}^0$ (восстановление)
- Анод(+): Cl^-
- $\text{Cl}^- - 1e^- \rightarrow \text{Cl}^0$

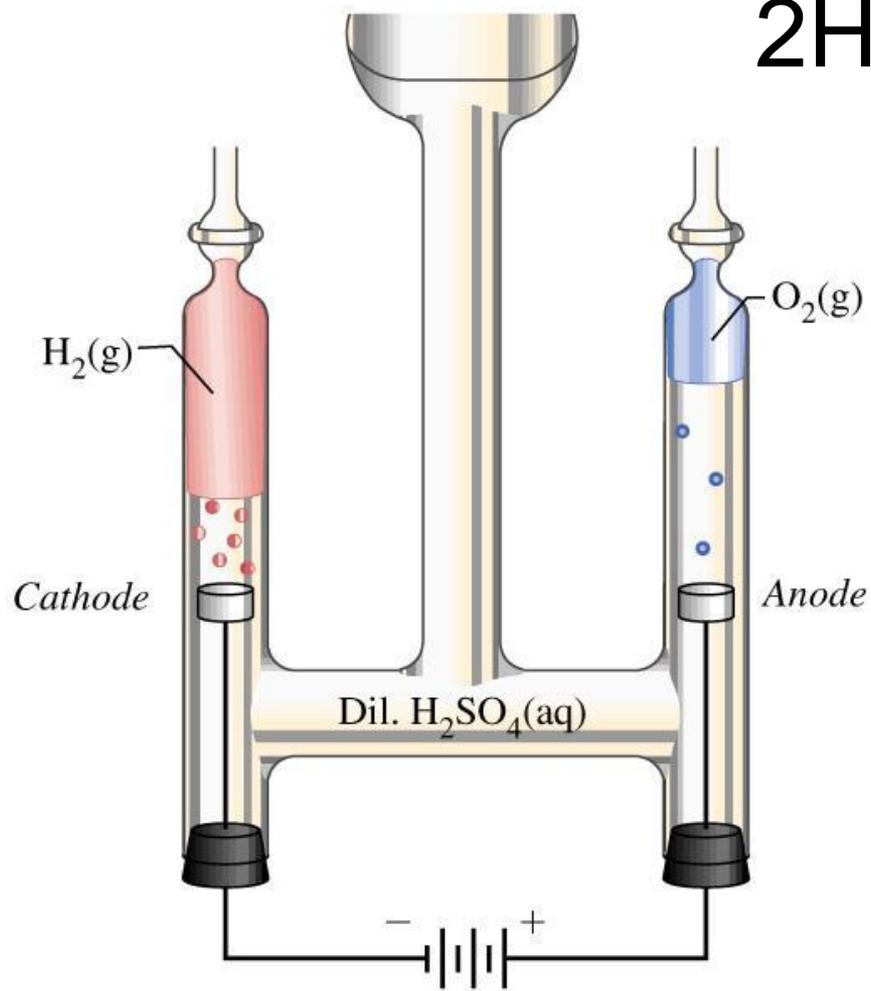
Электролиз расплавоB

- NaCl, расплав
- $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ (диссоциация на ионы)
- Катод(-): Na^+
- $\text{Na}^+ + 1e^- \rightarrow \text{Na}^0$ (восстановление)
- Анод(+): Cl^-
- $2\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2^0$ (окисление)
- $2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{эл.ток}} 2\text{Na}^0 + \text{Cl}_2\uparrow$
- $2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{эл.ток}} 2\text{Na}^0 + \text{Cl}_2\uparrow$ (электролиз)

Электролиз ВОДНЫХ растворов



Электролиз воды

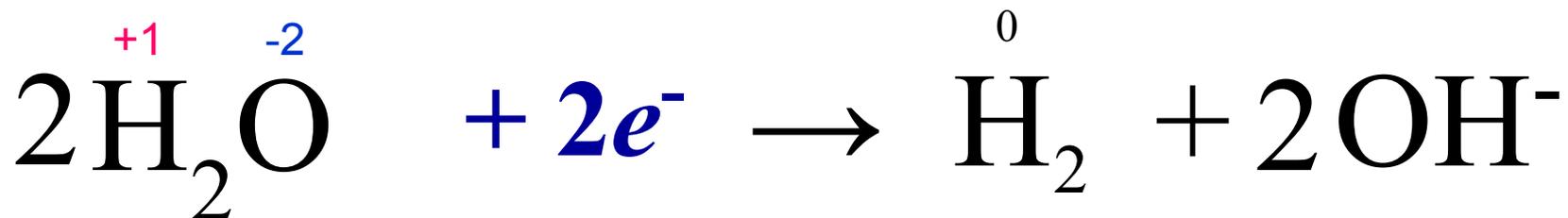


Анимация: электролиз
воды

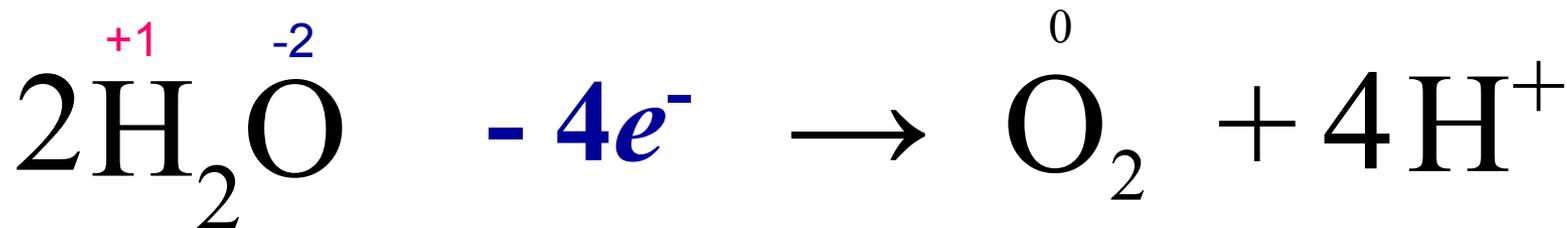
Окисление и восстановление

ВОДЫ на электродах

Катод



Анод



Порядок восстановления на катоде

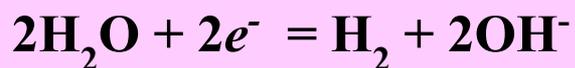
Li	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Fe	H₂	Cu	Ag	Au
Li⁺	Ca²⁺	Na⁺	Mg²⁺	Al³⁺	Mn²⁺	Zn²⁺	Fe²⁺	H⁺	Cu²⁺	Ag⁺	Au³⁺
-3,04	-2,87	-2,71	-2,37	-1,66	-1,18	-0,76	-0,44	0,0	+0,34	+0,8	+1,5

$E^\circ, \text{В}$

Процесс

восстановления

ВОДЫ



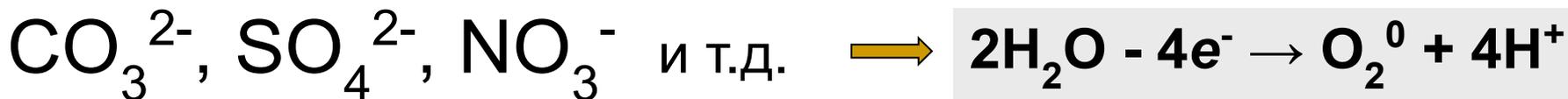
Процесс восстановления

металла



Порядок окисления на аноде

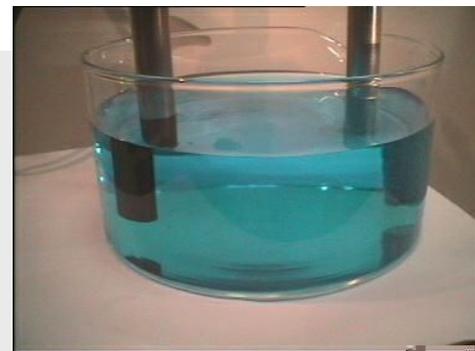
$S^0 + 2e^- \rightarrow S^{-2}$	-0,48	$X^{n-} - ne^- = X$
$I_2^0 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	0,536	
$Br_2^0 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	1,065	
$Cl_2^0 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	1,359	
$O_2^0 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	1,228	



F^-

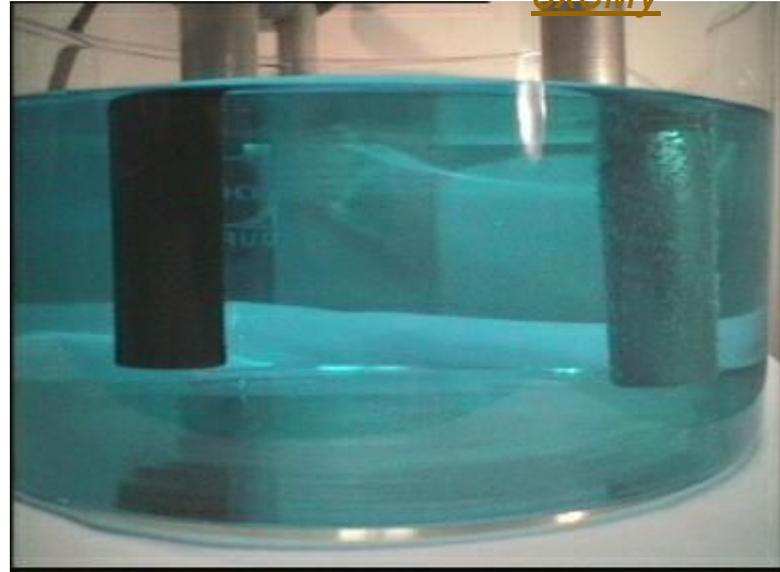
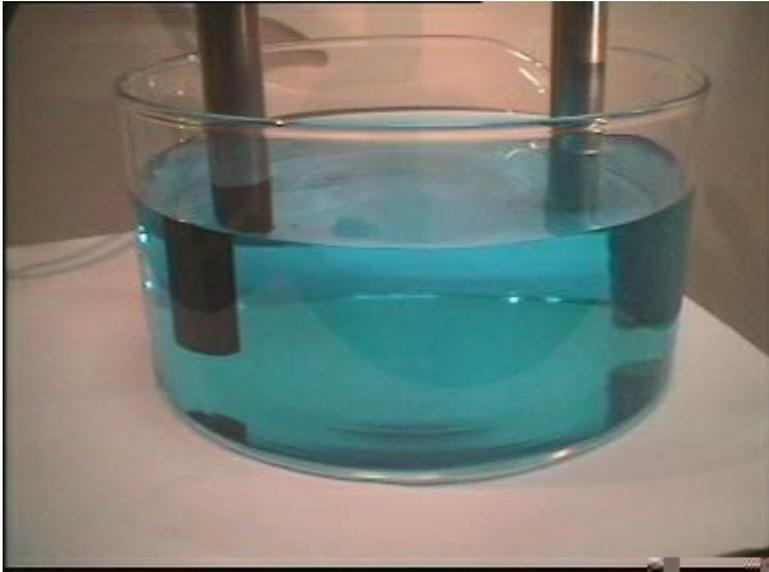
Электролиз растворов солей (1).

- CuCl_2 , *раствор*
- $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ (ЭД)
- Катод(-): Cu^{2+} , H_2O
- $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0$ (*восстановление*)
- Анод(+): Cl^- , H_2O
- $2\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2^0$ (*окисление*)
- $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{эл.ток}} \text{Cu}^0 + \text{Cl}_2 \uparrow$
- $2\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{эл.ток}} \text{Cu}^0 + \text{Cl}_2 \uparrow$ (*электролиз*)



Электролиз CuCl_2

Посмотрите
схему



Электролиз растворов солей (2).

■ CuSO_4 , *раствор*

■ $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ (*ЭД*)

■ Катод: Cu^{2+} , H_2O

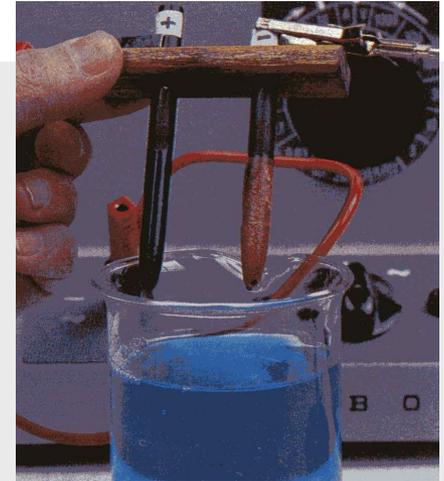
2 ■ $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0$ (*восстановление*)

■ Анод: SO_4^{2-} , H_2O

1 ■ $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- \rightarrow \text{O}_2^0 + 4\text{H}^+$ (*окисление*)

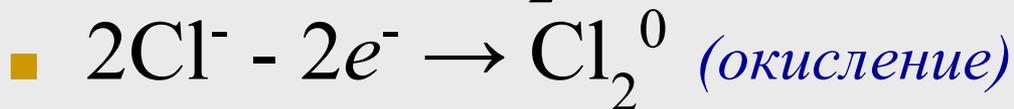
■ $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{Cu}^0 + \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$

■ $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{Cu}^0 + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
(*электролиз*)



Электролиз растворов солей (3).

- NaCl, раствор



Электролиз растворов солей (4).

■ Na_2SO_4 , *раствор*

■ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (ЭД)

■ Катод: Na^+ , H_2O

2 ■ $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ (восстановление)

■ Анод: SO_4^{2-} , H_2O

1 ■ $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- \rightarrow \text{O}_2^0 + 4\text{H}^+$ (окисление)

■ $4\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{H}_2^0\uparrow + \text{O}_2\uparrow + 4\text{OH}^- + 4\text{H}^+$

■ $4\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{H}_2^0\uparrow + \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

■ $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{H}_2^0\uparrow + \text{O}_2\uparrow$

Электролиз растворов солей (4).

- Na_2SO_4 , *раствор*
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (ЭД)
- Катод: Na^+ , H_2O
- $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ (восстановление)
- Анод: SO_4^{2-} , H_2O
- $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- \rightarrow \text{O}_2^0 + 4\text{H}^+$ (окисление)
- $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{H}_2^0\uparrow + \text{O}_2\uparrow$

Электролиз растворов

кислородсодержащих кислот

■ H_2SO_4 , *раствор*

■ $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (ЭД)

■ Катод: H^+ , H_2O

■ $2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ (*восстановление*)

■ Анод: SO_4^{2-} , H_2O

■ $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- \rightarrow \text{O}_2^0 + 4\text{H}^+$ (*окисление*)

■ $4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл.ток}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$

■ $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл.ток}} 2\text{H}_2^0 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$

Электролиз растворов щелочей

- NaOH , *раствор*
- $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ (ЭД)
- Катод: Na^+ , H_2O
- $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ (*восстановление*)
- Анод: OH^- , H_2O
- $4\text{OH}^- - 4e^- \rightarrow \text{O}_2^0 + 2\text{H}_2\text{O}$ (*окисление*)
- $2\text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^- \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{H}_2^0\uparrow + \text{O}_2\uparrow + 4\text{OH}^-$
- $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл. ток}} 2\text{H}_2^0\uparrow + \text{O}_2\uparrow$

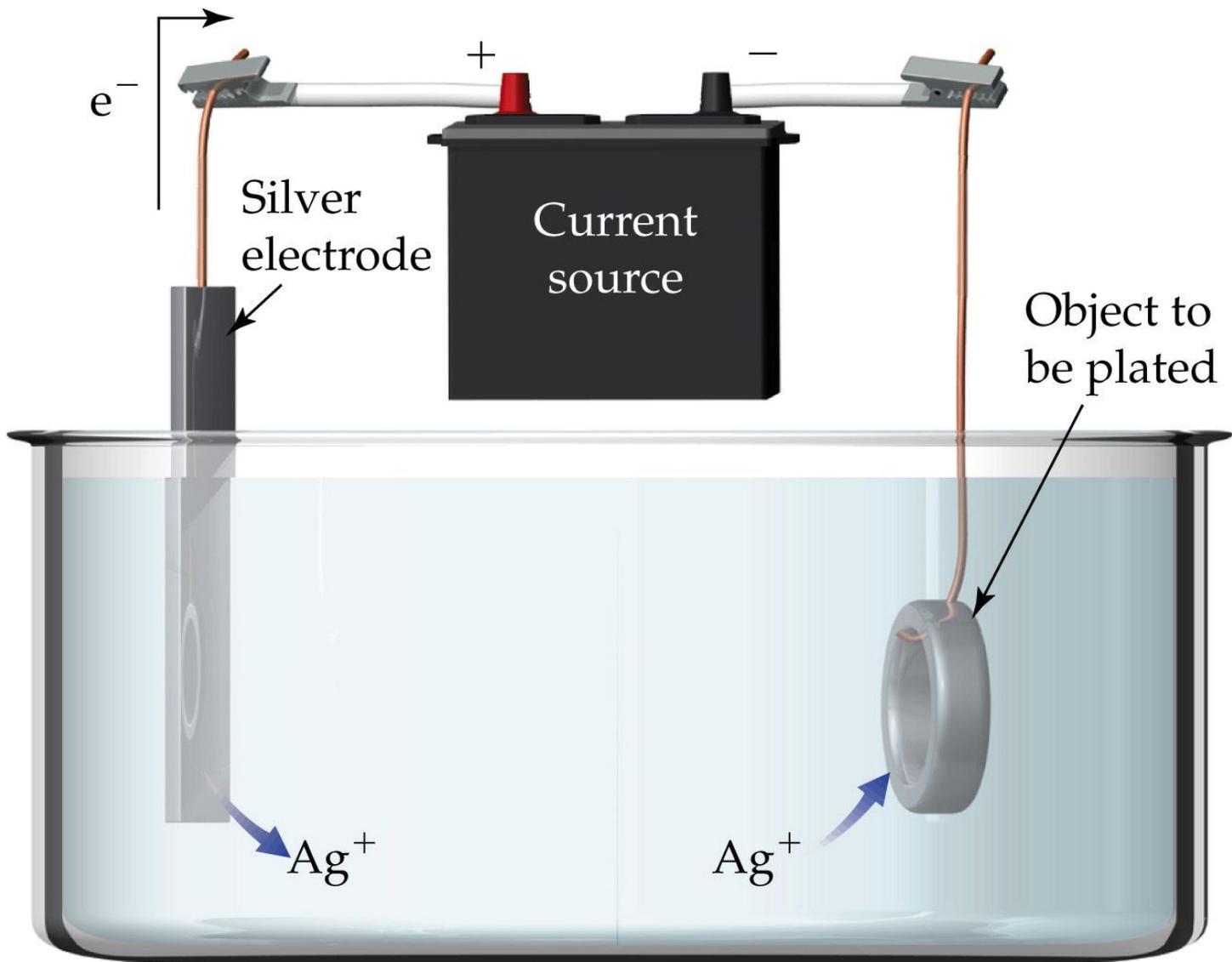
Электролиз по Кольбе

- CH_3COONa , *раствор*
- $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ (ЭД)
- Катод: Na^+ , H_2O
- $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ (*восстановление*)
- Анод: CH_3COO^- , H_2O
- $2\text{CH}_3\text{COO}^- - 2e^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2\uparrow$
(*окисление*)
- $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^- + \text{CH}_3\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2\uparrow$
- $2\text{CH}_3\text{COONa} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2\uparrow$

Электролиз с активным анодом

- NiSO_4 , *раствор*; анод - никель
- $\text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ (ЭД)
- Катод: Ni^{2+} , H_2O
- $\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}^0$ (восстановление)
- Анод: Ni , SO_4^{2-} , H_2O
- $\text{Ni}^0 - 2e^- \rightarrow \text{Ni}^{2+}$ (окисление)

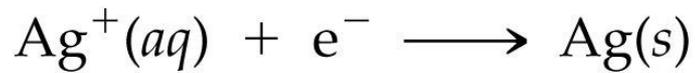
Электролитическое рафинирование никеля



Anode:



Cathode:



Законы электролиза

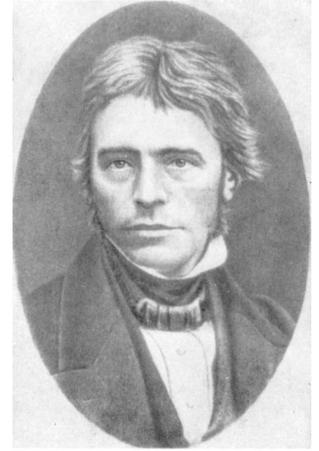
М. Фарадей, 1833-1836



Майкл Фарадей
(1791-1867)

- 1. Для любого данного электродного процесса количество вещества, испытывающее превращение в данном электродном процессе, прямо пропорционально силе тока и времени его прохождения, то есть прямо пропорционально количеству прошедшего электричества

Законы электролиза



$$m = \frac{\mathcal{E}IT}{F}$$

- 2. При прохождении одинакового количества электричества через растворы различных электролитов количества каждого из веществ, претерпевающие превращения, пропорциональны их химическим эквивалентам, причем для выделения 1 моль эквивалента любого вещества требуется **96 487 Кл.**

$$F \approx 96\,500 \text{ Кл} \quad F = N_A e^-$$

Расчетные задачи по теме «Электролиз»

- Через 10%-ный раствор хлорида натрия массой 400 г пропустили постоянный электрический ток. Объем выделившихся на электродах газов составил 11,2 л (н.у.).

Вычислите:

- а) массовые доли веществ в растворе после реакции;
- б) долю разложившегося хлорида натрия.

Решение

$$m_{\text{р-ра}} = 400 \text{ г}$$

$$w = 0,1$$

$$m_{\text{в-ва}} = 40 \text{ г}$$

$$\nu = 0,5 \text{ моль}$$



$$M = 58,5 \text{ г/моль}$$

$$m = 29,25 \text{ г}$$



$$M = 40 \text{ г/моль}$$

$$m = 20 \text{ г}$$

$$\nu = 0,5 \text{ моль}$$



$$M = 71 \text{ г/моль}$$

$$m = 17,75 \text{ г}$$

$$M = 2 \text{ г/моль}$$

$$m = 0,5 \text{ г}$$

$$V = 11,2 \text{ л}$$

$$\nu = 0,5 \text{ моль}$$

$$0,25 \text{ моль}$$

$$0,25 \text{ моль}$$

$$w(\text{NaOH}) = \frac{20}{400 - 17,75 - 0,5} = \frac{20}{381,75} = 0,052$$

$$5,2\%$$

$$w(\text{NaCl}) = \frac{400 \cdot 0,1 - 29,25}{400 - 17,75 - 0,5} = \frac{10,75}{381,75} = 0,0282$$

$$0,28\%$$

Решение (продолжение)



$$w_{\text{разл}}(\text{NaCl}) = \frac{10,75}{40} \approx 0,27$$

Ответ: $w(\text{NaOH}) = 5,2\%$

$w(\text{NaCl}) = 0,26\%$

$w_{\text{разл}} \approx 27\%$

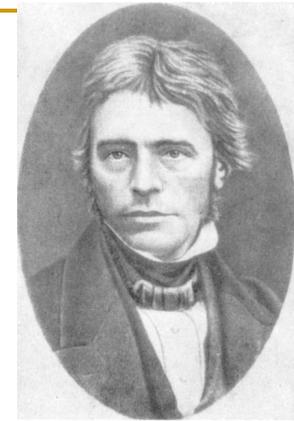
Майкл Фарадей

(22.09.1791 – 25.08.1867)

- с 1813 г. работал в лаборатории Г.Дэви
- 1813 – 1815 сопровождает Г. Дэви в Европе
- 1815-1818 – анализ известняка; влияние добавок на качество стали, 1816 – первая публикация.
- 1820 – получил C_2Cl_6 , C_2Cl_4
- 1821 – изучение взаимодействия электричества с магнитным полем
- 1823 – получен жидкие Cl_2 , H_2S , CO_2 , NH_3 , NO_2 , AsH_3 , HI , HBr , PH_3 , C_2H_4
- 1825 – получил бензол
- 1825 пытался синтезировать NH_3 из N_2 и H_2
- 1826 - получил нафталинсульфоокислоты и приготовил их 15 солей
- 1826 – начало исследований натурального каучука



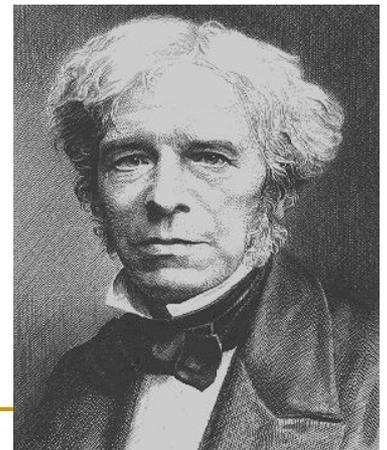
Гемфри Дэви



Майкл Фарадей

Майкл Фарадей

- 1825 директор лаборатории Королевского общества, с 1827 г. – профессор.
- 1828 – получил этилсерную кислоту
- 1824 – 1830 – улучшение качества оптических стекол. Получил тяжелое боросиликатное «фарадеевское» стекло
- **1831 – Открыл электромагнитную индукцию!!**
- 1832 – Почетный доктор Оксфордского университета
- **1833 – 1836 – установил законы электролиза**
- 1835 – изучение диэлектриков, определил диэлектрические постоянные
- 1835-1845 гг. период болезни
- 1851 г. «Физический характер магнитных силовых линий»
- 1861 г. «История свечи»



**Спасибо
за внимание!**

