

Электролиз расплавов и водных растворов солей

Единственный путь, ведущий к знанию, –
это деятельность.

Б. Шоу

Электролиз водных растворов и расплавов солей

- **Электролиз** – это окислительно-восстановительный процесс, происходящий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через раствор или расплав электролита.
- Упорядоченное движение ионов в проводящих жидкостях происходит в электрическом поле, которое создается **электродами** – проводниками, соединенными с полюсами источника электрической энергии.
- **Катод** (от греч. κάθοδος – ход вниз; нисхождение) – электрод некоторого прибора, присоединённый к отрицательному полюсу источника тока.
- **Ано́д** (др.-греч. ἀνοδος – движение вверх) – электрод некоторого прибора, присоединённый к положительному полюсу источника питания. Электрический потенциал анода положителен по отношению к потенциалу катода (кроме гальванических элементов).

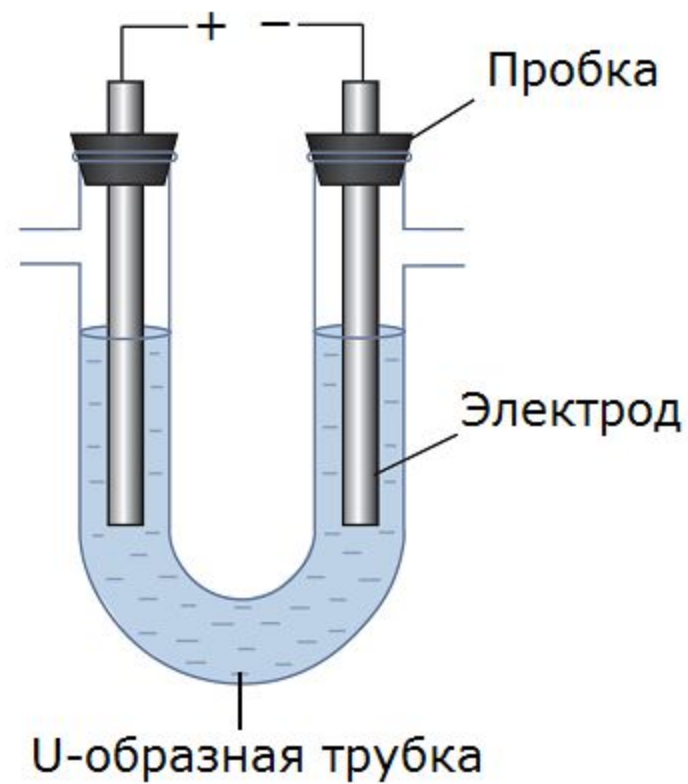
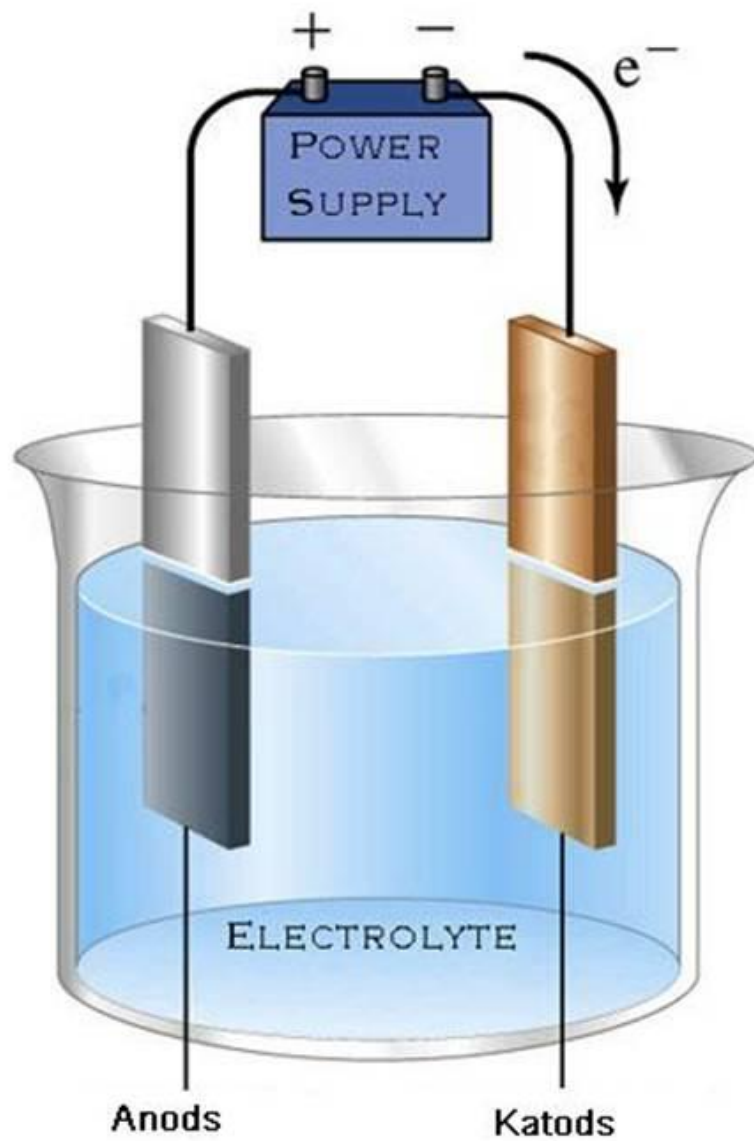
Электролиз водных растворов и расплавов солей

- Положительные ионы – катионы – (ионы металлов, ионы водорода, ионы аммония и др.) – движутся к катоду, отрицательные ионы – анионы – (ионы кислотных остатков и гидроксильные группы) – движутся к аноду.
- Отрицательный электрод – катод – отдает электроны частицам вещества в электролите и **восстанавливает** их.
- Положительный электрод – анод – отбирает электроны от частиц в электролите, **окисляя** их.
- Процесс электролиза идет только при достаточной разности потенциалов между электродами, обеспечивающей затрату необходимой работы.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li Rb K Cs Ra Ba Sr Ca Na Mg Be Ti Al Mn V Cr Zn Fe Cd Co Ni Sn Pb **H** Cu Ag Os Pd Hg Pt Au

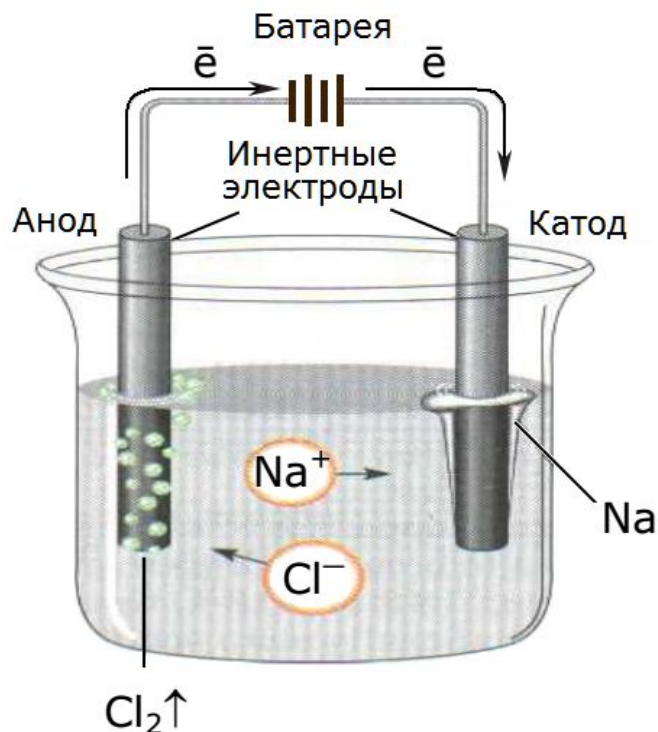
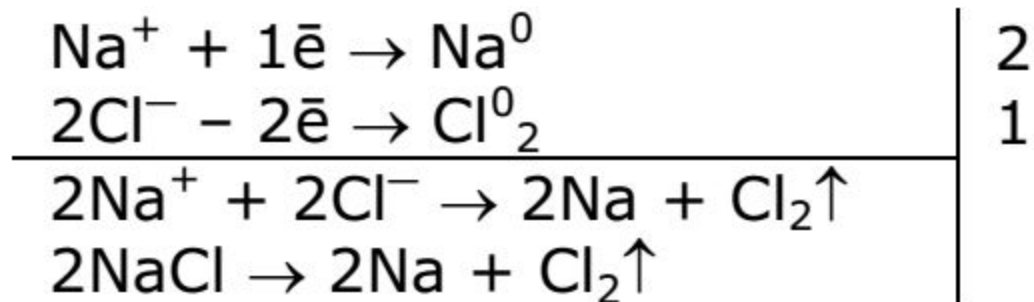
Электролиз водных растворов и расплавов солей



Электролиз расплавов

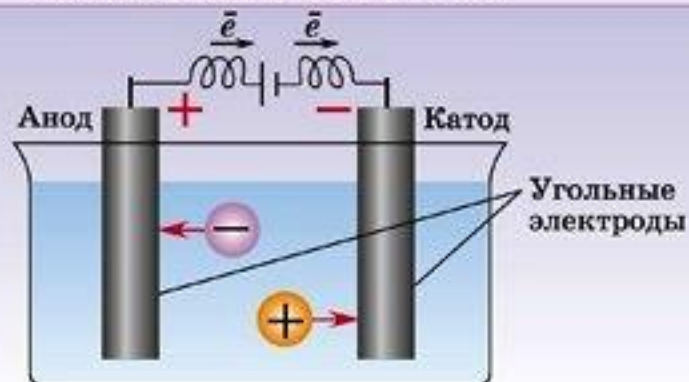
- **Пример 1.** Электролиз расплава NaCl
- $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

К(−) Na^+
А(+) Cl^-

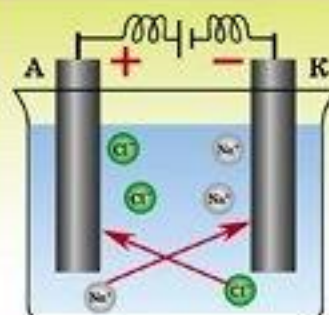


ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ СОЛЕЙ С УГОЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Электролитическая ванна



Электролиз расплава хлорида натрия



Ионы в расплаве: Na^+ , Cl^-

Процесс на катоде: $\text{Na}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Na}^0$

Процесс на аноде: $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2^{\uparrow}$

$2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2^{\uparrow}$

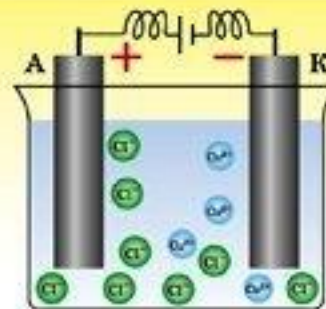
Электролиз расплава хлорида меди (II)

Ионы в расплаве: Cu^{2+} , Cl^-

Процесс на катоде: $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^0$

Процесс на аноде: $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2^{\uparrow}$

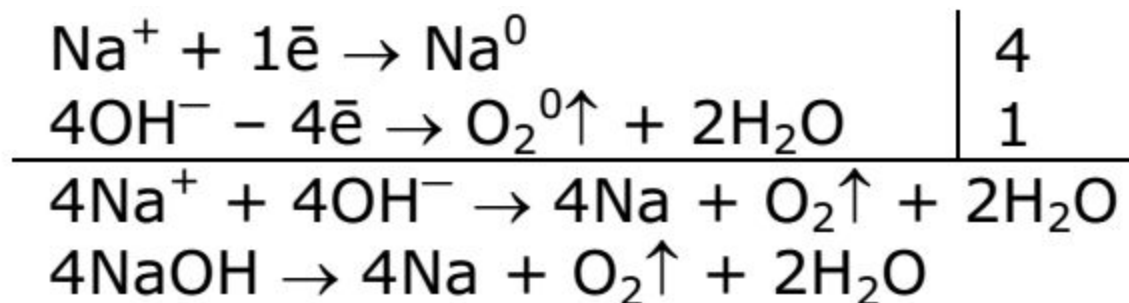
$\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{Cu} + \text{Cl}_2^{\uparrow}$



Электролиз расплавов

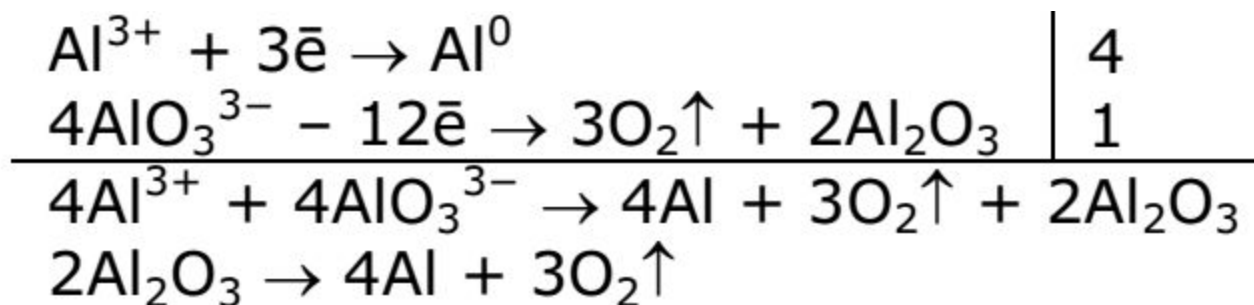
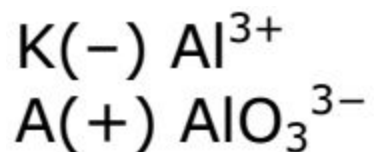
- **Пример 2.** Электролиз расплава NaOH
- $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

К(−) Na^+
А(+) OH^-



Электролиз расплавов

- **Пример 3.** Электролиз расплава Al_2O_3
- $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{AlO}_3^{3-}$



Электролиз водных растворов

- **Электролиз растворов**

- **Катодные** (восстановительные) **процессы**. На катоде происходит восстановление катионов металлов и водорода или молекул воды.

Для растворов кислот: $K(-) H^+, H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2^0 \uparrow$.

Для растворов солей или щелочей: $K(-) M^{n+}, H_2O$.

Характер восстановительного процесса зависит от значения стандартного электродного потенциала металла:

Li, Cs, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al	Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Ni, Pb	Bi, Cu, Ag, Hg, Pt, Au
Катионы этих металлов не восстанавливаются, восстановлению подвергаются молекулы воды $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + OH^-$	Катионы этих металлов восстанавливаются одновременно с молекулами воды, поэтому на катоде одновременно выделяются и H_2 и металл	Катионы этих металлов легко и полностью восстанавливаются на катоде

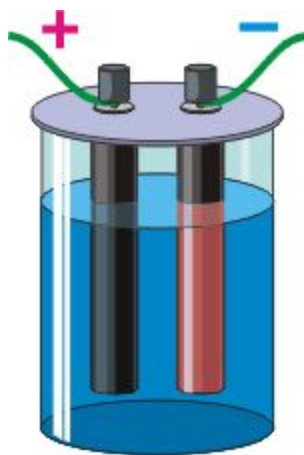
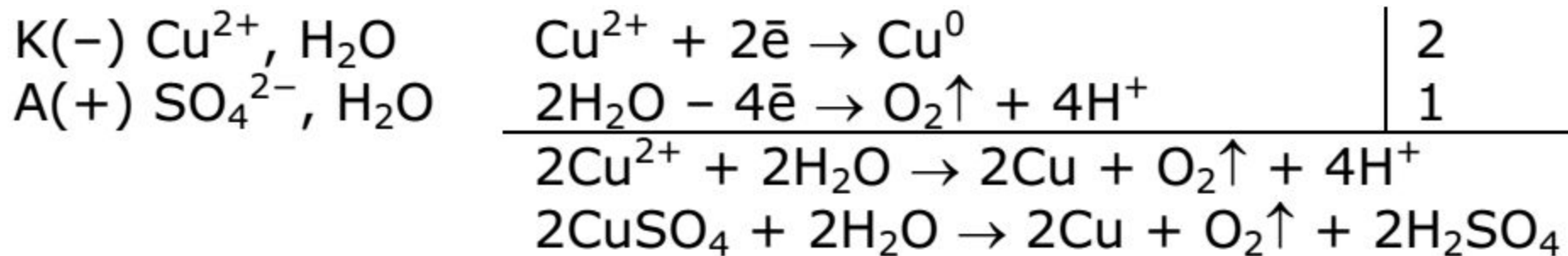
Электролиз водных растворов

- **Анодные** (окислительные) **процессы**. При электролизе растворов используют растворимые и нерастворимые аноды. Нерастворимые аноды изготавливают из углерода или платины, а растворимые – из цинка, меди, никеля и других металлов. На нерастворимом аноде происходит окисление анионов или молекул воды.

Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , CN^-	PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , ClO_4^- , F^-
Анионы кислот, не содержащих атомов кислорода (за исключением F^-), легко окисляются: $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow$	Анионы кислородсодержащих кислот не окисляются. Окисляются молекулы воды: $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

Электролиз водных растворов

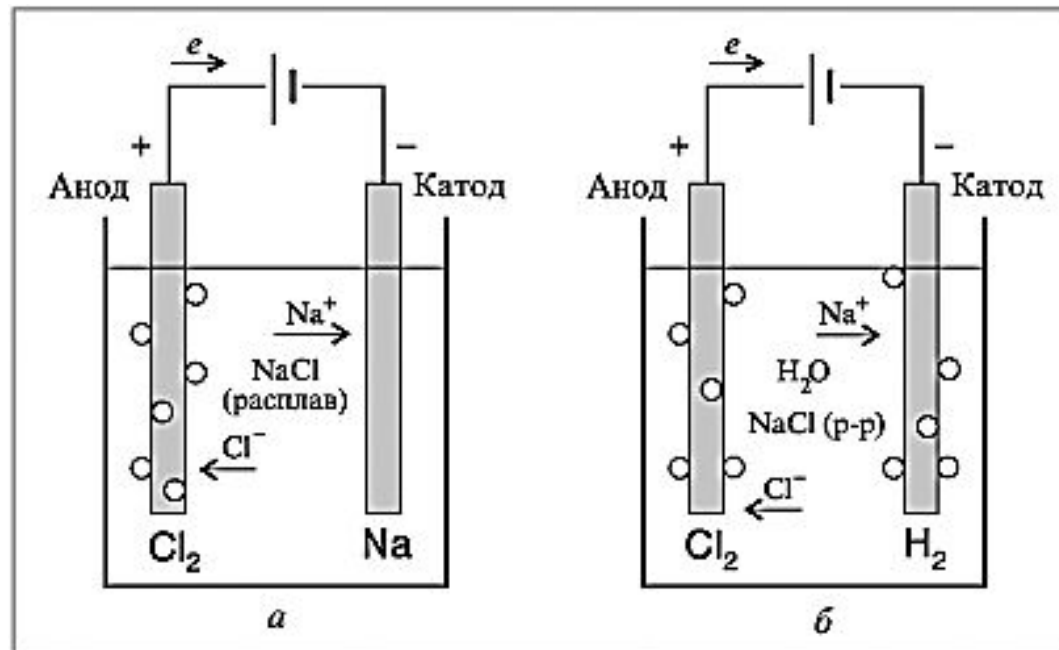
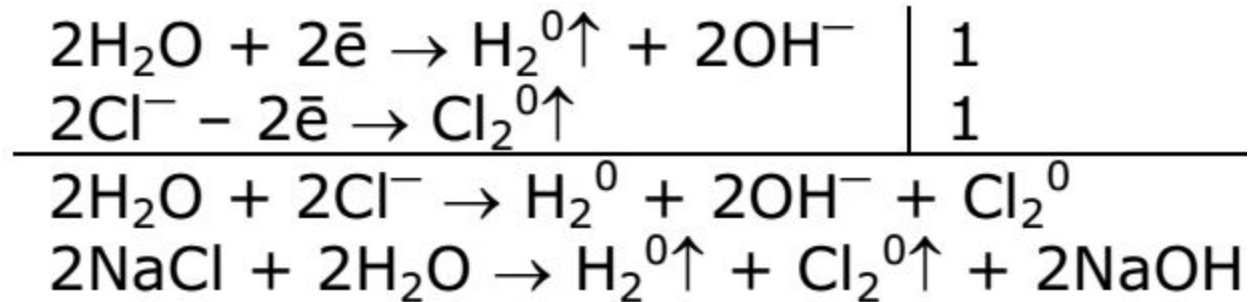
- **Пример 1.** Электролиз раствора CuSO_4
- $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$



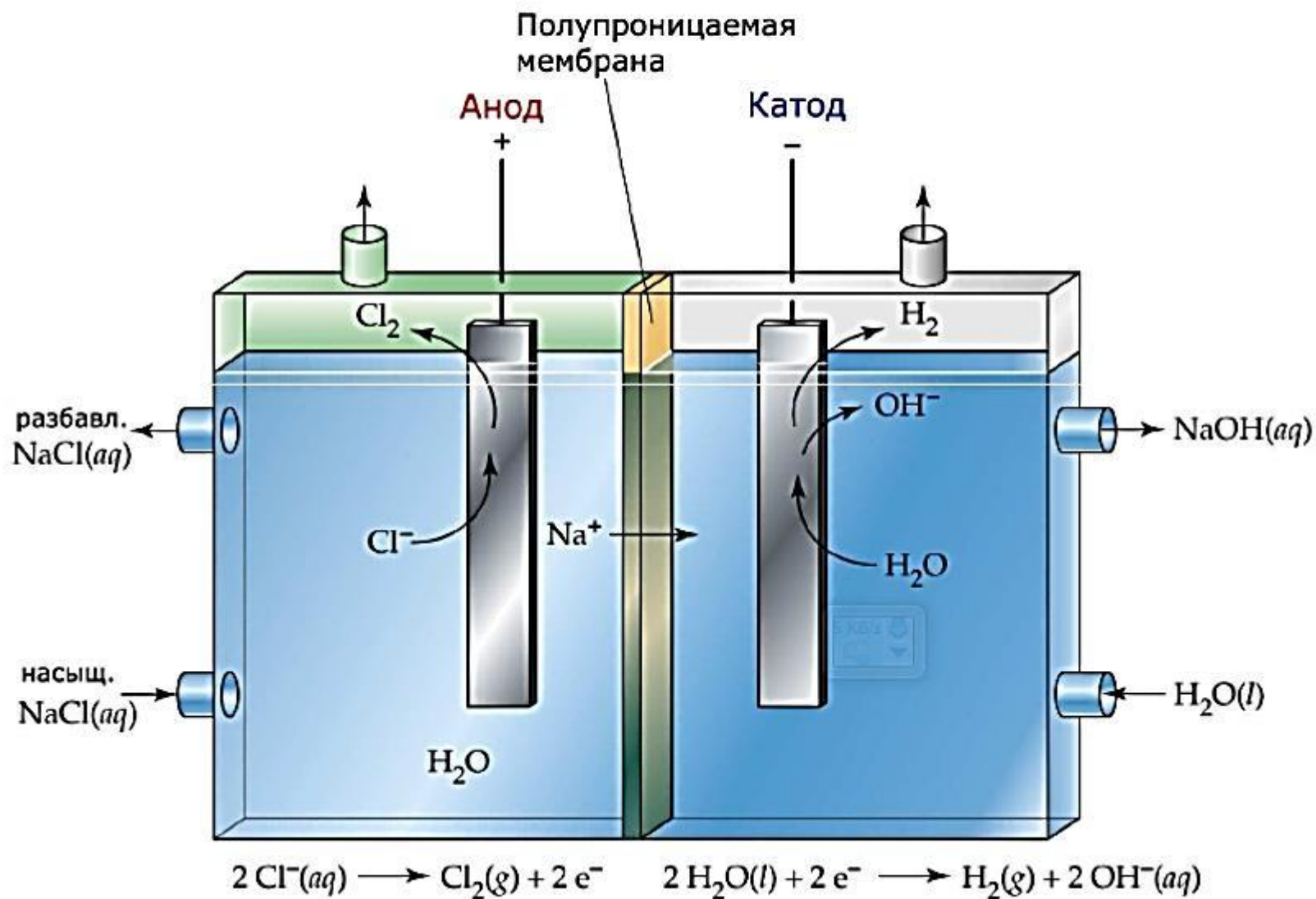
Электролиз водных растворов

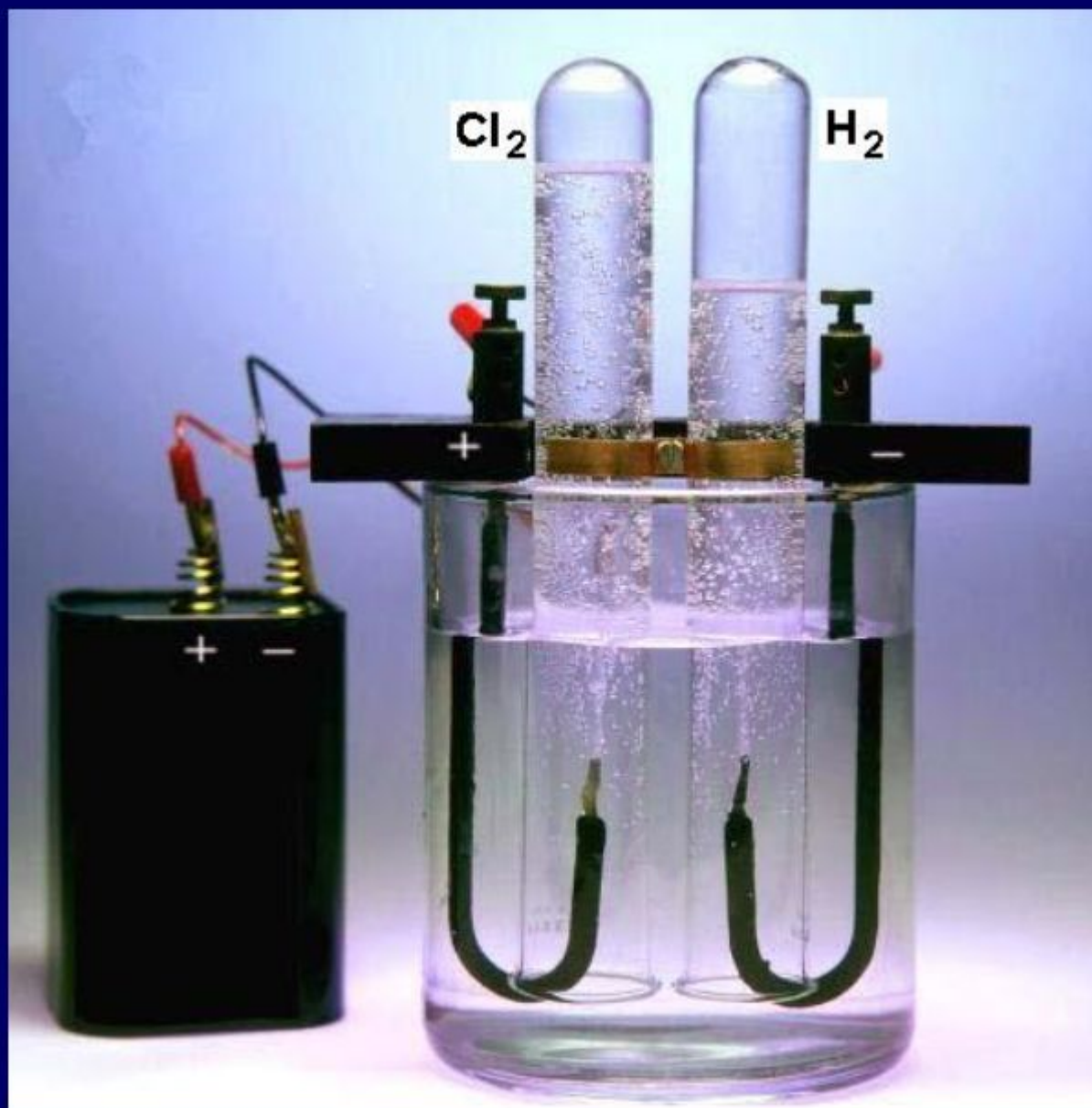
- **Пример 2.** Электролиз раствора NaCl
- $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

К(−) Na^+ , H_2O
 А(+) Cl^- , H_2O



Электролиз водных растворов и расплавов солей

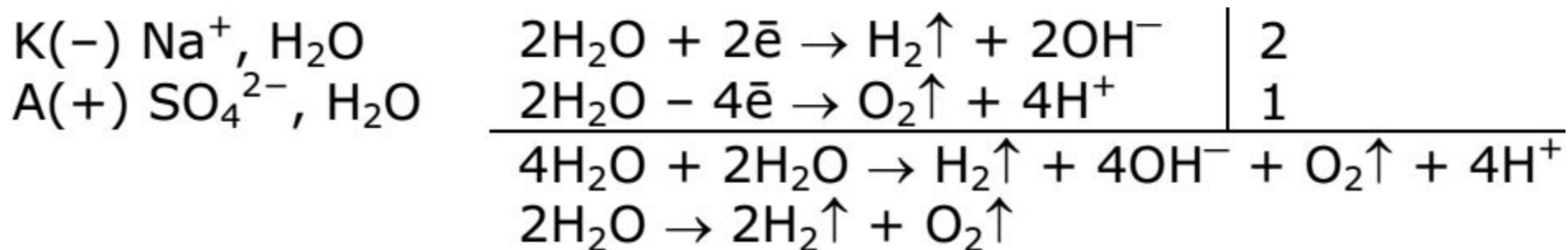




Электролиз раствора поваренной соли. Схема сбора газа

Электролиз водных растворов и расплавов солей

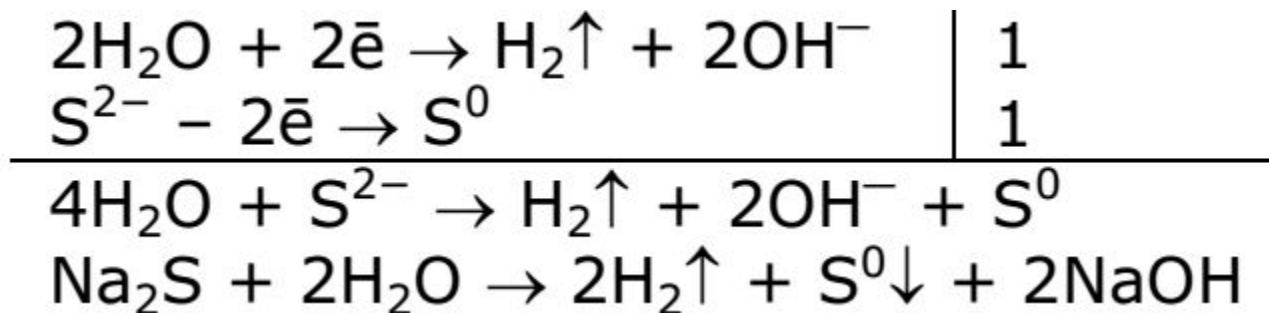
- **Пример 3.** Электролиз раствора Na_2SO_4 .
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$



Электролиз водных растворов и расплавов солей

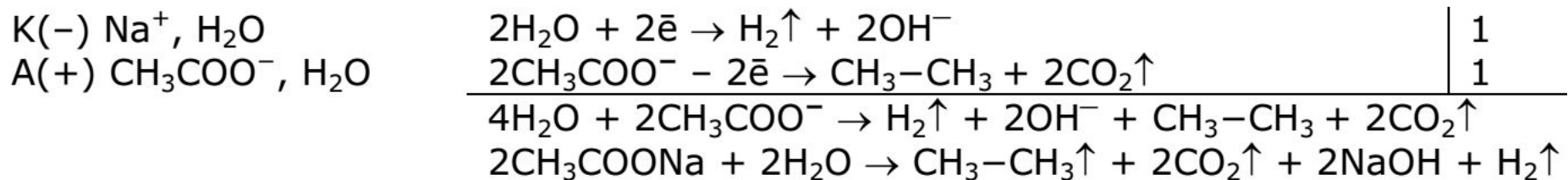
- **Пример 4.** Электролиз раствора Na_2S
- $\text{Na}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{S}^{2-}$

K(-) Na^+ , H_2O
 A(+) S^{2-} , H_2O



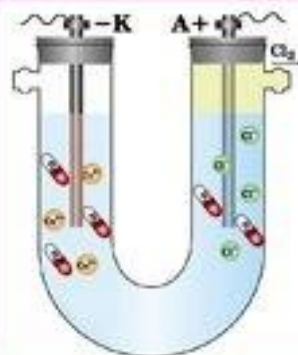
Электролиз водных растворов и расплавов солей

- **Пример 5.** Электролиз раствора CH_3COONa
- $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$



ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ с угольными электродами

Электролиз раствора хлорида меди (II)



Частицы в растворе: H_2O , Cu^{2+} , Cl^-

Процесс на катоде: $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0$

Процесс на аноде: $2\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2^0 \uparrow$

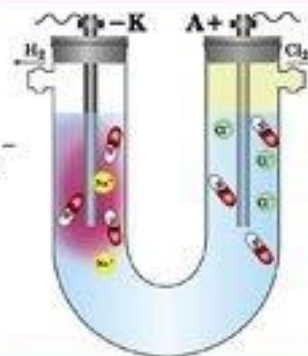
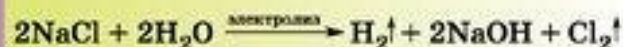


Электролиз раствора хлорида натрия

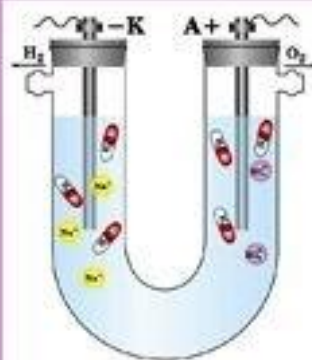
Частицы в растворе: H_2O , Na^+ , Cl^-

Процесс на катоде: $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2^0 \uparrow + 2\text{OH}^-$

Процесс на аноде: $2\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2^0 \uparrow$



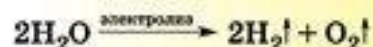
Электролиз раствора сульфата натрия



Частицы в растворе: H_2O , Na^+ , SO_4^{2-}

Процесс на катоде: $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2^0 \uparrow + 2\text{OH}^-$

Процесс на аноде: $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- \rightarrow \text{O}_2^0 \uparrow + 4\text{H}^+$

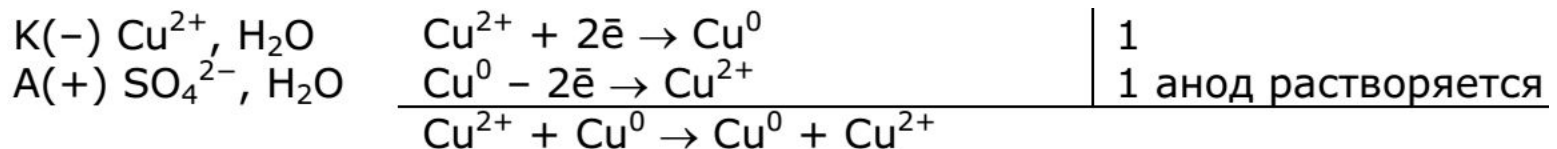


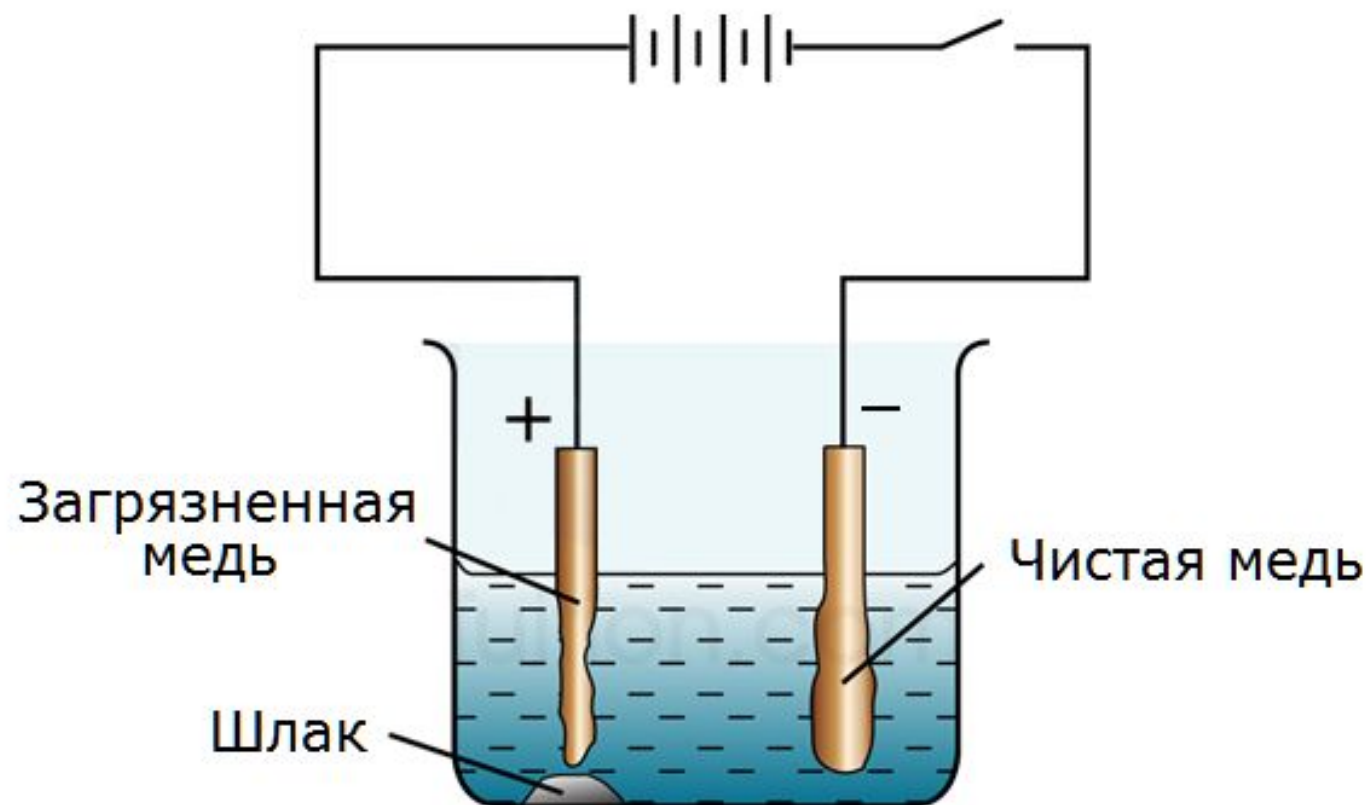
Электролиз водных растворов

- Растворимый анод при электролизе сам подвергается окислению, т.е. направляет электроны во внешний круг. При отдаче электронов смещается равновесие между электродом и раствором и электрод растворяется:



- Пример 4.** Электролиз раствора CuSO_4 с использованием медного анода.
- $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$





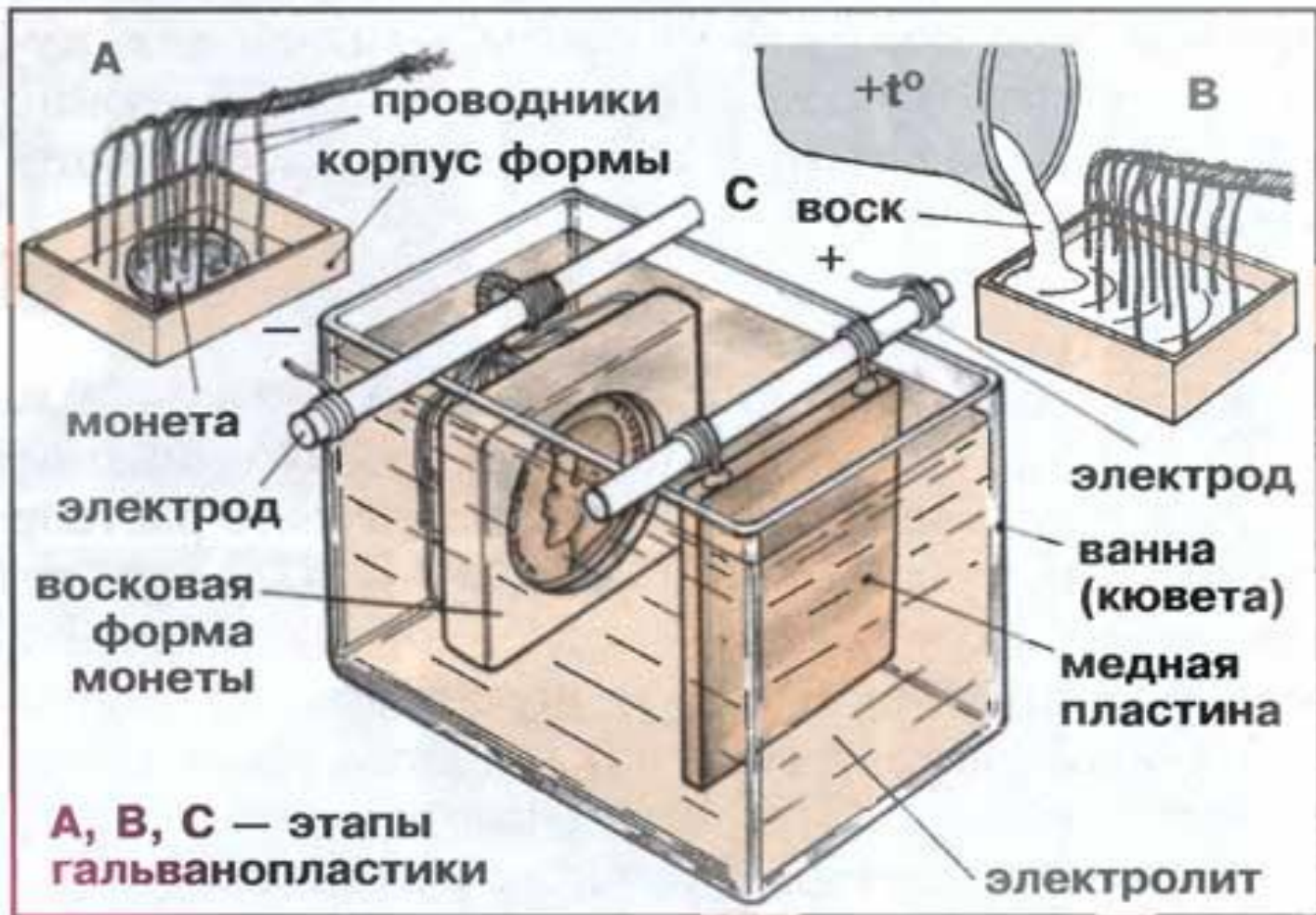
- **Использование электролиза**

Окислительная и восстановительная способность электрического тока намного сильнее, чем у химических окислителей и восстановителей.

Поэтому электролизом получают наиболее активные металлы (калий, натрий, кальций, магний, алюминий), и менее активные (цинк, медь, кадмий и т.д.). Восстановленные на катоде металлы характеризуются очень высокой чистотой. Применяют электролиз и для очистки некоторых металлов от примесей (электролитическое рафинирование), например меди, никеля, свинца, золота.

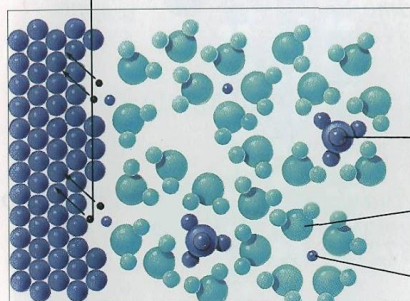
- Электролизом получают активные неметаллы (хлор, фтор) и такие важные соединения, как натрий гидроксид, калий гидроксид, калий хлорат, пероксид водорода.
- Электролиз применяют также для нанесения защитных металлических покрытий на поверхности (**гальванопластика**) и изготовление копий рельефных поверхностей (**гальваностегия**, электрохимическая обработка). Например, хромирование деталей машин, золочение ювелирных изделий.
- Электролизом сточных промышленных вод обеспечивается их очистка от катионов металлов-загрязнителей, которые восстанавливаются на катоде.

Электролиз водных растворов и расплавов солей



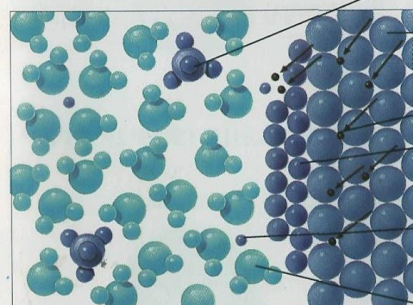
Электролиз водных растворов и расплавов солей

Батарейка отнимает электроны у атомов медного анода, превращая их в ионы меди



НА АНОДЕ – МЕДНОЙ ТРУБКЕ

Положительный полюс батарейки отнимает электроны у атомов медного анода. Образующиеся при этом катионы меди (II) движутся через раствор к катоду.



НА КАТОДЕ – ЛАТУННОМ КЛЮЧЕ

Ионы меди восстанавливаются до атомов меди и осаждаются на катоде – поверхности латунного ключа. После гальваностегии ключ покрыт тонким слоем меди.

ГАЛЬВАНОСТЕГИЯ

КЛЮЧ С МЕДНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Для получения гальванического покрытия тонкий слой одного металла осаждают на поверхности другого, служащего катодом в электролитической ячейке. Осаждаемый металл содержится в электролите в виде ионов. Здесь показано, как латунный ключ покрывают слоем меди. Ионы меди переходят в раствор с медного анода.

«Плюс» батарейки отнимает электроны у атомов медного анода

Зажим «крокодил»

Медная трубка – анод

На аноде Cu превращается в $\text{Cu}^{2+} + 2e^-$

«Минус» батарейки направляет электроны к катоду – латунному ключу

Голубой раствор сульфата меди (II)

Ионы меди, Cu^{2+} , движутся к катоду

Батарейка на 4,5 В



ЛАТУННЫЙ КЛЮЧ



КЛЮЧ С МЕДНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Cu^{2+} из раствора и $2e^-$ образуют на катоде металлическую медь

Катод латунный ключ

Стакан, 600 мл

Медное покрытие