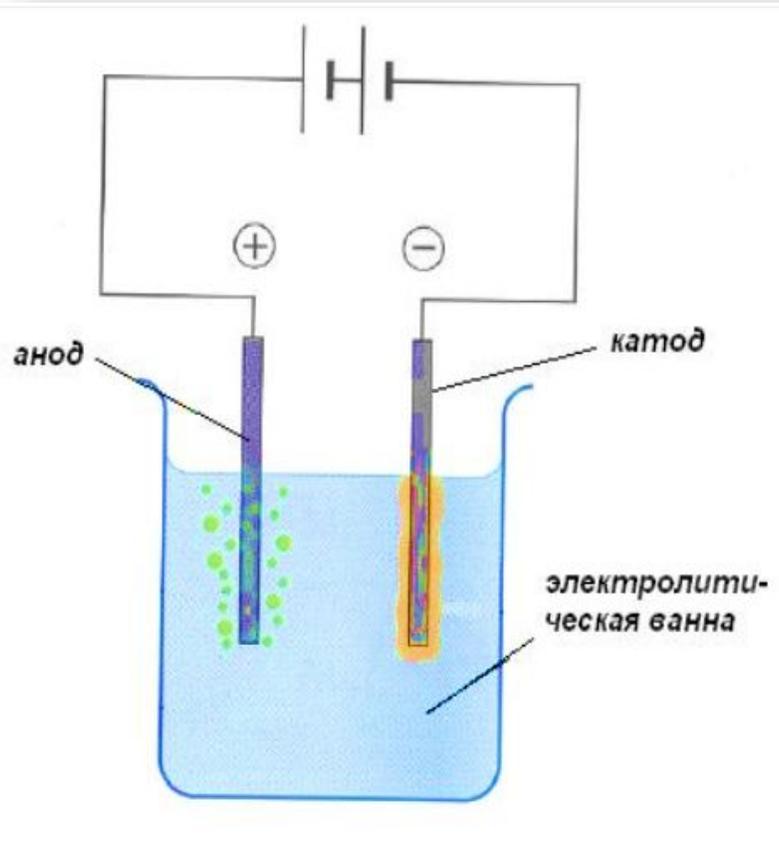


Электролиз

- окислительно-восстановительные процессы
на электродах
под действием внешнего источника тока



- Раствор или расплав электролита помещают в специальную емкость — **электролитическую ванну**.
- Отрицательно заряженный электрод - **катод** притягивает положительно заряженные ионы — **катионы**.
- Положительно заряженный электрод - **анод** притягивает отрицательно заряженные частицы **анионы**.
- Катод выступает в качестве восстановителя, а анод — в качестве окислителя.
- **Катод** – **катионы** – **восстановление** (+e)
- **Анод** – **анионы** – **окисление** (-e)

Электролиз

растворов

Катодные процессы

При электролизе растворов солей на катоде наблюдаются следующие закономерности:

1. Если металл в соли — **активный (от Li до Al³⁺ включительно)**, то на катоде ионы металлов не восстанавливаются, идет процесс восстановления **молекул воды**:



2. Если металл в соли — **средней активности (между Al³⁺ и H⁺)**, то на катоде восстанавливаются и **ион металла, и молекулы воды**:



Например, при электролизе раствора сульфата железа (II) на катоде будет восстанавливаться (разряжаться) и железо, и водород:

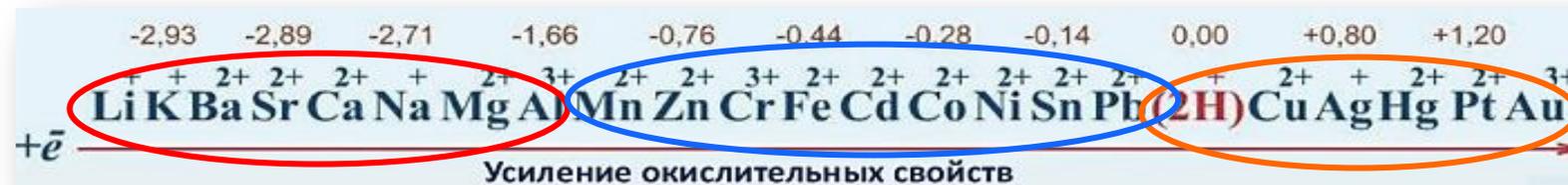


3. Если металл в соли — **неактивный (после H)**, то на катоде восстанавливается только **ион металла**: $\text{Me}^{n+} + n\bar{e} \rightarrow \text{Me}^0$

Например, при электролизе раствора сульфата меди (II) на катоде будет восстанавливаться медь:



4. Если на катод попадают **катионы водорода H⁺**, то они и восстанавливаются до молекулярного водорода:



Электролиз растворов

Анодные процессы

При электролизе растворов солей **на аноде** наблюдаются следующие закономерности:

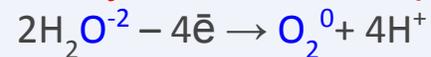
1. Если на анод попадает **бескислородный кислотный остаток**, то он окисляется до свободного состояния (до степени окисления 0):



Например: при электролизе раствора хлорида натрия на аноде окисляются хлорид-ионы:



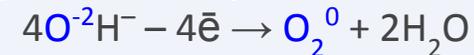
Исключение: при электролизе растворов фторидов окисляются молекулы воды, а не фторид-ионы:



2. Если на анод попадает **кислородсодержащий кислотный остаток, либо фторид-ион**, то окислению подвергается вода с выделением молекулярного кислорода:



3. Если на анод попадает **гидроксид-ион**, то он окисляется и происходит выделение молекулярного кислорода:



4. При электролизе растворов **солей карбоновых кислот** окислению подвергается **атом углерода карбоксильной группы**, выделяется углекислый газ и соответствующий алкан.

Например, при электролизе растворов ацетатов выделяется углекислый газ и этан:



Катодные процессы

Катод – Катионы – Восстановление – Взятие электронов – может образоваться Водород H_2

| | | |
|--|---|--|
| Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al | Mn, Cr, Zn, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb | H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au |
| $Li^+, Rb^+, K^+, Cs^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, Be^{2+}, Al^{3+}$ | $Mn^{2+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Sn^{2+}, Pb^{2+}$ | $H^+, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ag^+, Pt^{2+}, Au^{3+}$ |
| $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$ Катион металла M^{n+} не восстанавливается | $M^{n+} + n\bar{e} \rightarrow M^0$ $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$ | $M^{n+} + n\bar{e} \rightarrow M^0$ Вода не восстанавливается |
| $\xrightarrow{+n\bar{e}}$ усиление окислительных свойств катионов (способности принимать электроны) | | |

Анодные процессы

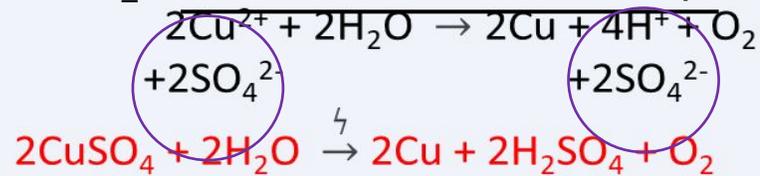
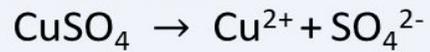
Анод – анионы – окисление – отдача электронов – может образоваться O_2

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Инертные аноды (электроды из графита, стеклоуглерода, из металлов с высокими значениями окислительно-восстановительных потенциалов - Au, Pt и др.) | | Активные (растворимые) аноды |
| Окисление простых анионов (кроме фторидов F^-) | $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$; $2Br^- - 2\bar{e} \rightarrow Br_2$ $2I^- - 2\bar{e} \rightarrow I_2$; $S^{2-} - 2\bar{e} \rightarrow S$ | $M^0 - n\bar{e} \rightarrow M^{n+}$ |
| Анионы кислородсодержащих кислот, имеющих центральные атомы в высших степенях окисления (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , $Cr_2O_7^{2-}$ и др.), а также ионы F^- на аноде не окисляются. При электролизе растворов солей таких кислот на аноде окисляется вода с выделением кислорода и накоплением в растворе ионов водорода | $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$ | $M^0 - n\bar{e} \rightarrow M^{n+}$ |
| В щелочных растворах на аноде окисляются ионы OH^- (как и в расплаве NaOH) | $4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 2H_2O$ | $M^0 - n\bar{e} \rightarrow M^{n+}$ |
| Окисление анионов карбоновых кислот с выделением оксида углерода (IV) | $2RCOO^- - 2\bar{e} \rightarrow 2CO_2 + R-R$ | $M^0 - n\bar{e} \rightarrow M^{n+}$ |

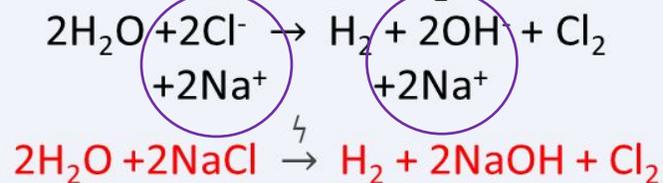
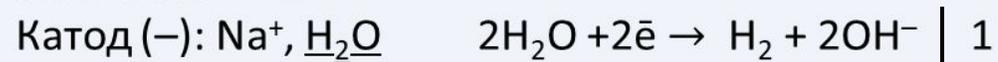
Суммарные процессы электролиза

Рассмотрим электролиз растворов различных солей.

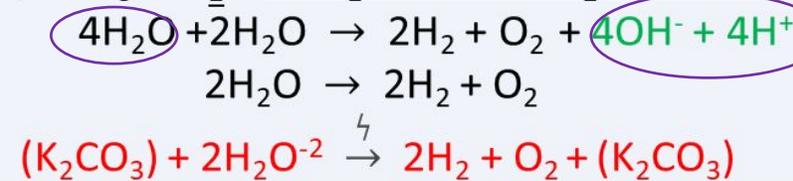
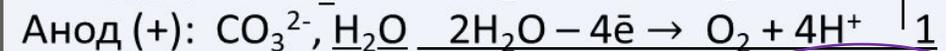
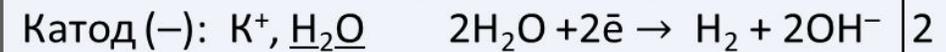
Например, электролиз раствора **сульфата меди**.



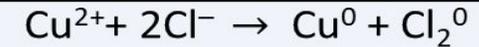
Электролиз раствора **хлорида натрия** выглядит так:



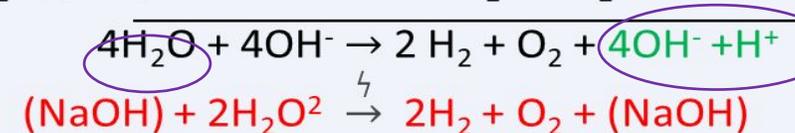
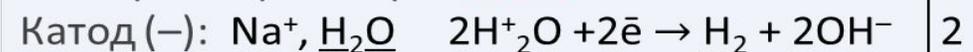
Электролиз водного раствора **K₂CO₃**.



Электролиз водного раствора **CuCl₂**.

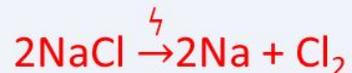
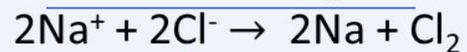
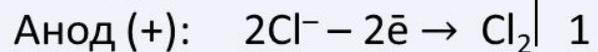
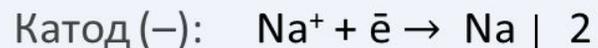


Электролиз раствора **NaOH**

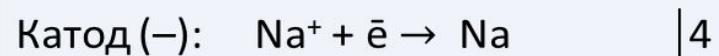


При **электролизе расплава** на аноде окисляются анионы кислотных остатков, а на катоде восстанавливаются катионы металлов. Молекул воды в системе нет.

Например: электролиз **расплава хлорида натрия**.



Электролиз **расплава гидроксида натрия**.



Электролиз расплавов

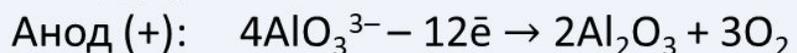


Многие металлы получают в промышленности **электролизом расплавов**.

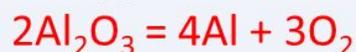
Например, **алюминий** получают электролизом раствора оксида алюминия в расплаве криолита.

Криолит – $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ плавится при более низкой температуре (**1100°C**), чем **оксид алюминия** (**2050°C**).

А оксид алюминия отлично растворяется в расплавленном криолите и диссоциирует на ионы:

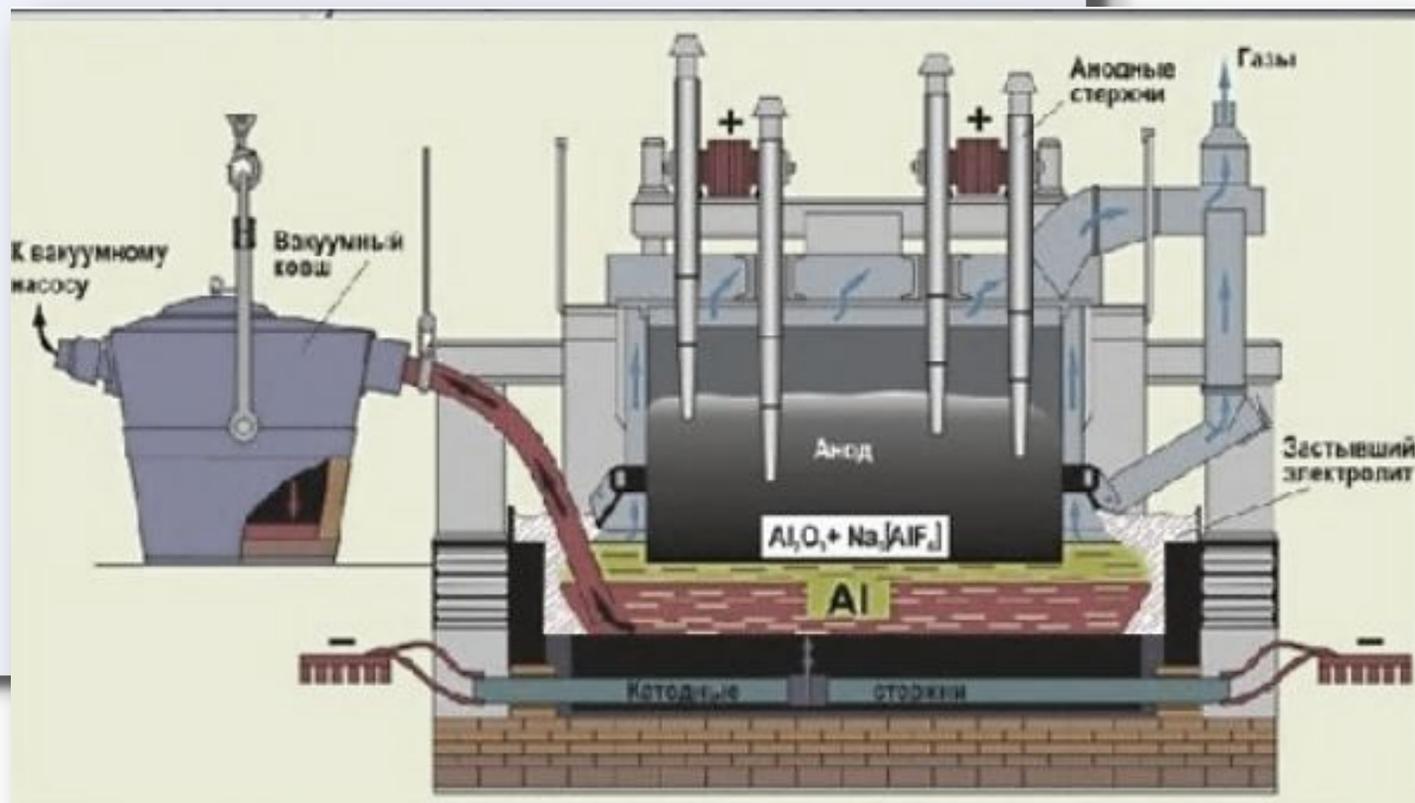
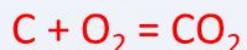


Общее уравнение электролиза раствора оксида алюминия в расплаве криолита:



В промышленности при электролизе оксида алюминия в качестве электродов используют графитовые стержни.

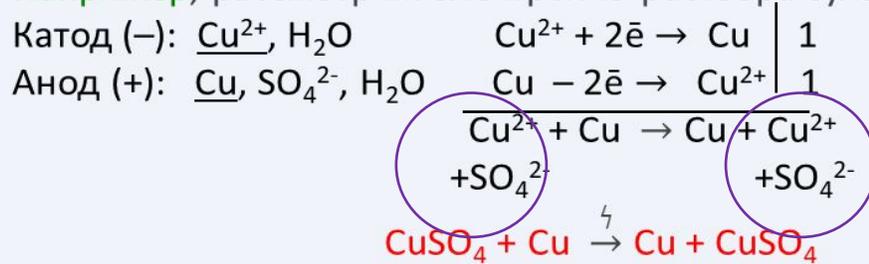
При этом электроды частично окисляются в выделяющемся кислороде:



Электролиз с растворимыми электродами

Если материал электродов выполнен из того же металла, который присутствует в растворе в виде соли, или из более активного металла, то на аноде разряжаются не молекулы воды или анионы, а окисляются частицы самого металла в составе электрода.

Например, рассмотрим электролиз раствора сульфата меди (II) с медными электродами.



Неочищенная медь, которая является анодом, растворяется, переходит в раствор в виде ионов.

Энергия электрического тока расходуется на перенос этих ионов к катоду, их восстановление и осаждение чистой меди.

Примеси (Ag, Au и другие благородные металлы), не окисляются, а выпадают в осадок на дне ванны, тем самым окупая расходы на проведение рафинирования меди.

