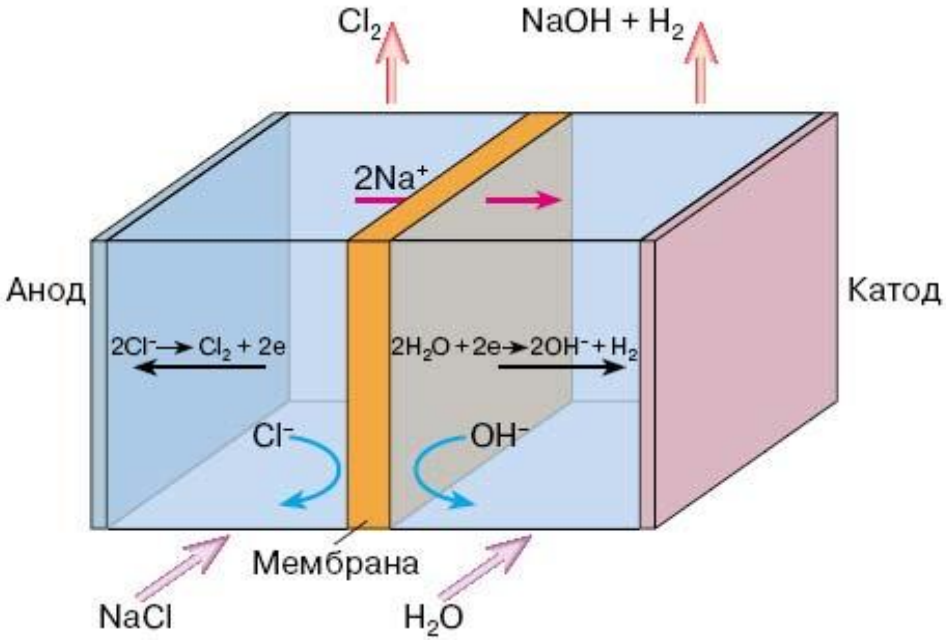
# Электролиз расплавов и растворов



***Электролиз*** – это окислительно — восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через расплав или раствор электролита.

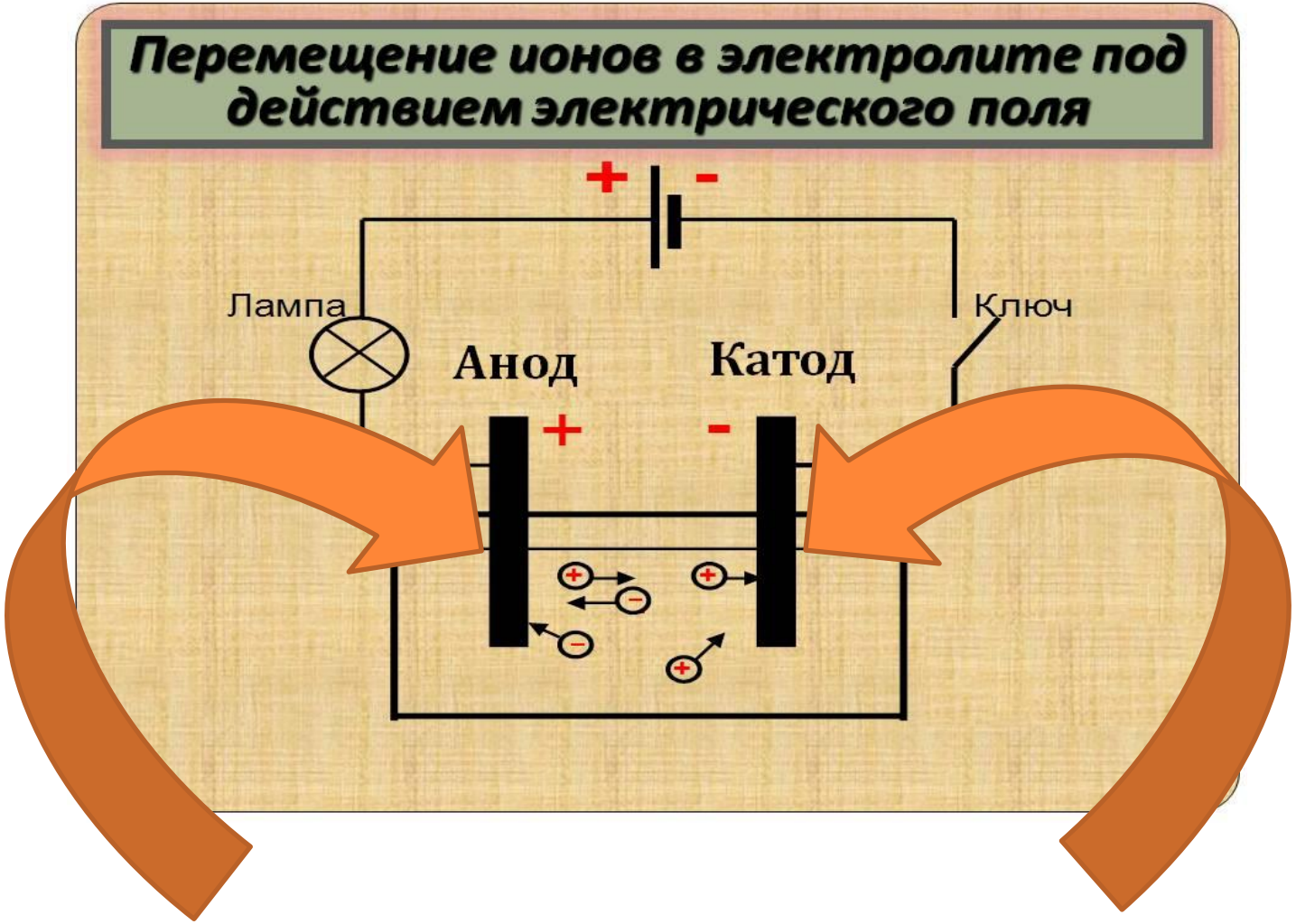
**Электроды**

**Катод К(-)**

окисление анионов и гидроксид-ионов

**Анод А(+)**

восстановление к атионов и ионов водорода




**Анод** – это положительно-заряженный электрод

**Катод** -это отрицательно - заряженный электрод

# Процесс на катоде

- Если в растворе **ионы H+** - они разряжаются до **$H_2$**

★ **Металлы правее H:**

Разряжаются на катоде - Me ↓ → $Me^{n+} + ne^- \rightarrow Me^0$

★ **Металлы от Al до H:**

Идет 2 параллельных процесса:
А) разрядка **металла** – Me
Б) разрядка **воды** – $H_2$

→ $Me^{n+} + ne^- \rightarrow Me^0$
$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2^0\uparrow + 2OH^-$

★ **Металлы левее Al :**

Восстанавливаются молекулы воды – $H_2$

→ $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2^0\uparrow + 2OH^-$

# Процесс на аноде

- если анод **растворяется** (железо, цинк, медь, серебро и все металлы, которые окисляются в процессе электролиза), то окисляется **металл** анода, несмотря на природу аниона;

- Если анод **<u>не растворяется</u>** (его называют инертным — графит, золото, платина)

| Анионы **<u>бескислородных</u>** кислот (кроме $F^-$) | Анионы **<u>кислородсодержащих</u>** кислот и $F^-$ |
|---|---|
| **Разряжаются** до простого вещества: $S^{2-}$, $I^-$, $Br^-$, $CI^-$ | **Не разряжаются**, идет разрядка **воды** – $O_2$ |
| $2Hal^- - 2e^- \rightarrow Cl^0_2\uparrow$ | $2\,H_2O - 4e^- \rightarrow O_2^0\uparrow + 4H^+$ <br> $4OH^- - 4e^- \rightarrow O_2^0\uparrow + 2H_2O$ |

Анионы **карбоновых** кислот – реакция **Кольбе**

Происходит процесс декарбоксилирования и выделяется **алкан**

$$2CH_3COO^- - 2e^- \rightarrow 2\ CO_2 + CH_3\text{-}CH_3$$

# 1. Анод нерастворимый (например, графитовый)

**<u>Пример №1.</u>**

$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

катод (–)
Ионы $Na^{+}$ не восстанавливаются, остаются в растворе

$$2H_2O + 2\bar{e} = H_2\uparrow + 2OH^{-}$$

анод (+)

$$2Cl^{-} - 2\bar{e} = \overset{0}{Cl_2}$$

**Суммарное уравнение**:

$$2H_2O + 2Cl^{-} = H^{2}\uparrow + Cl_2\uparrow + 2OH^{-}$$

**Учитывая присутствие ионов Na в растворе:**

$$2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2\uparrow + Cl_2\uparrow + 2NaOH$$

**Пример №2.**

$$KOH = K^+ + OH^-$$

| Катод (–) | Анод (+) |
|---|---|
| ионы $K^+$ не восстанавливаются, остаются в растворе | $4OH^- - 4\bar{e} = O_2\uparrow + 2H_2O$ |
| $2H_2O + 2\bar{e} = H_2\uparrow + 2OH^-$ | (других анионов нет) |

$$2H_2O + 2\bar{e} = H_2\uparrow + 2OH^- \quad | \; 2$$

$$4OH^- - 4\bar{e} = O_2\uparrow + 2H_2O \quad | \; 1$$

**Суммарное ионное уравнение:**

$$4H_2O + 4OH^- = 2H_2\uparrow + 4OH^- + O_2\uparrow + 2H_2O$$

**Суммарное молекулярное уравнение**:

$$2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

# 2. Анод растворимый (например, медный)

$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

**Если анод растворимый, то металл анода будет окисляться:**

$$Cu^{0} - 2\bar{e} = Cu^{2+}$$

**Катионы $Cu^{2+}$ в ряду напряжений стоят после ($H^{+}$), поэтому они и будут восстанавливаться на катоде.**

| Анод (+) | Катод (−) |
|---|---|
| $Cu^{0} - 2\bar{e} = Cu^{2+}$ | $Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu^{0}$ |
| | выделение на катоде чистой меди |

# Алгоритм составления уравнений электролиза:

| Исходные частицы | Процесс | Продукты |
|---|---|---|
| Металл | $M - n\bar{e} = M^{n+}$ | Ионы металла |
| Анионы бескислородных кислот. | $S^{2-} > I^{-} > Br^{-} > Cl^{-}$<br>$2Hal^{-} - 2\bar{e} = Hal_2\uparrow$ | Свободные неметаллы |
| Анионы кислот с промежуточной степенью окисления элемента | $SO_3^{2-}$, $NO_2^{-}$, и т.п.<br>$SO_3^{2-} + H_2O - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + 2H^{+}$ | Анионы кислот с высшей степенью окисления элемента |
| Анионы карбоновых кислот | $2RCOO^{-} - 2\bar{e} = R\text{-}R + 2CO_2$ | Углеводороды и оксид углерода(IV) |
| Гидроксид-ион | $4OH^{-} - 4\bar{e} = O_2\uparrow + 2H_2O$ | Кислород |
| Вода | $2H_2O - 4\bar{e} = O_2\uparrow + 4H^{+}$ | Кислород |
| Анионы кислот с высшей степенью окисления элемента | $SO_4^{2-}$, $NO_3^{-}$, и т.п.<br>$SO_4^{2-} - 2\bar{e} = S_2O_8^{2-}$ | Перекисные соединения |
| Фторид-ион | $2F^{-} - 2\bar{e} = F_2\uparrow$ | Фтор |

Задания на электролиз
Проверь себя…

# Задание 1

Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на катоде при электролизе её водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

| ФОРМУЛА СОЛИ | ПРОДУКТ НА КАТОДЕ |
|---|---|
| А) $CuCl_2$ | 1) водород |
| Б) $AgNO_3$ | 2) кислород |
| В) $K_2S$ | 3) металл |
| Г) NaBr | 4) галоген |
| | 5) сера |
| | 6) азот |

# Задание 2

Установите соответствие между формулой соли и продуктом, который образуется на инертном аноде в результате электролиза её водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

| ФОРМУЛА СОЛИ | ПРОДУКТ НА АНОДЕ |
|---|---|
| А) $Na_2SO_4$ | 1) $SO_2$ |
| Б) $Ca(NO_3)_2$ | 2) $O_2$ |
| В) $ZnBr_2$ | 3) $NO_2$ |
| Г) $CuCl_2$ | 4) $Br_2$ |
| | 5) $Cl_2$ |
| | 6) $H_2$ |

# Задание 3

Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на катоде при электролизе её водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

| ФОРМУЛА СОЛИ | ПРОДУКТ НА КАТОДЕ |
|---|---|
| А) $RbCl$ | 1) хлороводород |
| Б) $K_2CO_3$ | 2) оксид азота(IV) |
| В) $BaBr_2$ | 3) кислород |
| Г) $Cu(NO_3)_2$ | 4) хлор |
| | 5) бром |
| | 6) углекислый газ |

# Задание 4

Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на катоде при электролизе её водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

| ФОРМУЛА СОЛИ | ПРОДУКТ НА КАТОДЕ |
|---|---|
| А) $Ca(NO_3)_2$ | 1) серебро |
| Б) $CuSO_4$ | 2) алюминий |
| В) $Al_2(SO_4)_3$ | 3) медь |
| Г) $AgNO_3$ | 4) кальций |
| | 5) водород |
| | 6) кислород |

# Задание 5

Установите соответствие между веществом и продуктами его электролиза в растворе или расплаве: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

| ВЕЩЕСТВО | ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРО ЛИЗА |
|---|---|
| А) KCl (водный раствор) | 1) Na, $Cl_2$ |
| Б) NaCl (расплав) | 2) K , $NO_2$, $O_2$ |
| В) $KNO_3$(водный раствор) | 3) $H_2$, $Cl_2$, KOH |
| Г) $Cu(NO_3)_2$ (водный раствор) | 4) Cu, $O_2$, $HNO_3$ |
| | 5) $H_2$, $O_2$ |
| | 6) Cu, $NO_2$, $H_2$ |

# Задание 6

**Вычислите объём в литрах газа, выделяющегося на аноде при электролизе водного раствора гидроксида кальция с инертными электродами, если на катоде выделился газ объемом 67,2 л (при н.у.).**

**1) 16,8; 2) 11,2; 3) 33,6; 4) 5,6.**

*Решение:*

Электролиз водного раствора гидроксида кальция с инертными электродами:

Катодный процесс К(-) будет: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$;

Анодный процесс А(+) будет: $2H_2O - 4e^- \rightarrow O_2 + 4H^+$;

Процесс электролиза сводится к разложению воды:

$2H_2O$(электролиз) $\rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$.

$n(H_2) = 67,2/22,4 = 3$ моль;

$n(O_2) = n(H_2)/2 = 3/2 = 1,5$ моль;

$V(O_2) = 22,4*1,5 = 33,6$ л.

# Задание 7

**Какая масса (в граммах) гидроксида лития образуется в растворе при электролизе водного раствора хлорида лития с инертными электродами с инертными электродами, если на аноде выделяется 10,08 л газа (н.у.)?**
**1) 24; 2) 46; 3) 19; 4) 21,6.**

*Решение:*

Электролиз водного раствора хлорида лития с инертными электродами:

Катодный процесс К(-) будет: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$;

Анодный процесс А(+) будет: $2Cl^- — 2e^- \rightarrow Cl_2$;

Суммарный процесс электролиза:

$2LiCl + 2H_2O$ (электролиз) $\rightarrow H_2\uparrow + Cl_2\uparrow + 2LiOH$.

$n(Cl_2) = 10{,}08/22{,}4 = 0{,}45$ моль;

$n(LiOH) = 2n(Cl_2) = 0{,}45*0{,}45 = 0{,}9$ моль;

$M(LiOH) = 24$ г/моль;

$m(LiOH) = 24*0{,}9 = 21{,}6$ г.

# Задание 8

**Какая масса газа выделится на аноде (в граммах) при полном электролизе 320 г 10 %-го водного раствора сульфата меди?**
**1) 3,2; 2) 12,8; 3) 19,2; 4) 25,6.**

*Решение:*

Электролиз водного раствора сульфата меди с инертными электродами:

Катодный процесс К(-) будет: $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$;

Анодный процесс А(+) будет: $2H_2O - 4e^{-} \rightarrow O_2 + 4H^{+}$;

Суммарный процесс электролиза:

$2CuSO_4 + 2H_2O$ (электролиз) $\rightarrow 2Cu + O_2\uparrow + 2H_2SO_4$.

$m(CuSO_4) = 320 * 10/100 = 32$ г;

$M(CuSO_4) = 160$ г/моль;

$n(CuSO_4) = 32/160 = 0,2$ моль;

$n(O_2) = n(CuSO_4)/2 = 0,1$ моль;

$M(O_2) = 32$ г/моль;

$m(O_2) = 0,1 * 32 = 3,2$ г.