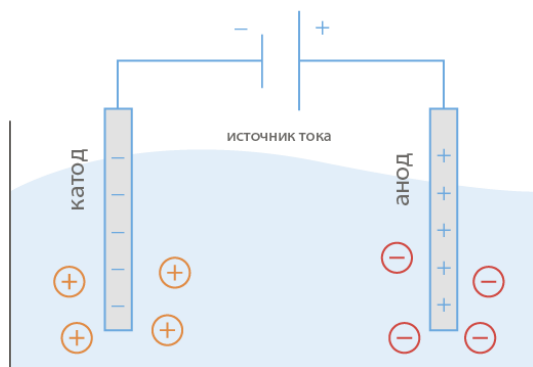


Электролиз – окислительно-восстановительные реакции, протекающие на электродах при пропускании электрического тока через раствор или расплав вещества.

Электрод, на котором происходит восстановление, называют катодом. Электрод, на котором происходит окисление, называют анодом. При электролизе они имеют, соответственно, отрицательный и положительный заряд: К(-) и А(+).

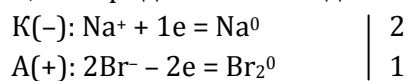
Прибор для проведения электролиза называется электролитической ячейкой и схематически выглядит следующим образом:



Поскольку катод и анод разнесены в пространстве, процессы, протекающие на них, принято расписывать отдельно. Рассмотрим сначала электролиз **расплавов** солей и щелочей.

Пример 1. Электролиз расплава бромида натрия.

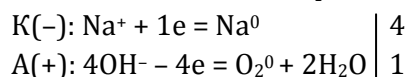
Хлорид натрия в расплаве диссоциирует на ионы Na^+ и Br^- . Катион натрия притягивается катодом, а хлорид-анион – анодом.



Суммарное уравнение: $2\text{NaBr} \xrightarrow{\quad} 2\text{Na} + \text{Br}_2$

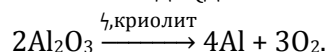
Пример 2. Электролиз раствора гидроксида натрия.

Гидроксид натрия в расплаве диссоциирует на ионы Na^+ и OH^- . Катион натрия притягивается катодом, а гидроксид-анион – анодом.



Суммарное уравнение: $4\text{NaOH} \xrightarrow{\quad} 4\text{Na} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Очевидно, что электролиз может быть использован для получения металлов в чистом виде. Важным промышленным процессом является электролитическое выделение алюминия из расплава его оксида (для снижения температуры плавления добавляют криолит NaAlF_6):



В **растворах** помимо самого вещества присутствуют молекулы воды, поэтому электролиз протекает по более сложной схеме. Чтобы правильно составить уравнение электролиза, необходимо проанализировать состав вещества и записать катодные и анодные полуреакции с использованием таблиц:

Катодные процессы при электролизе растворов

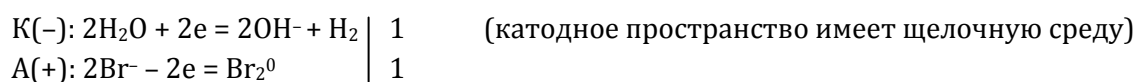
Металл в веществе:	Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al	Mn Zn Fe Cr Cd Co Ni Sn Pb	Cu Bi Ag Hg Pd Pt Au
Какое уравнение писать:	Катионы металла не восстанавливаются $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = 2\text{OH}^- + \text{H}_2$	Восстанавливаются и катионы металла, и вода ¹ $\text{Me}^{+n} + \text{ne} = \text{Me}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$	Восстанавливаются только катионы металла $\text{Me}^{+n} + \text{ne} = \text{Me}^0$

Анодные процессы при электролизе растворов

Анион в веществе:	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , S ²⁻	F ⁻ и кислородсодержащие анионы	OH ⁻ , RCOO ⁻ (исключения)
Какое уравнение писать:	Анион окисляется до простого вещества $\text{A}^{n-} - \text{ne} = \text{A}^0$	Окисляются молекулы воды $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$	$4\text{OH}^- - 4\text{e} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{RCOO}^- - 2\text{e} = \text{R-R} + 2\text{CO}_2$

Пример 3. Электролиз раствора бромида калия.

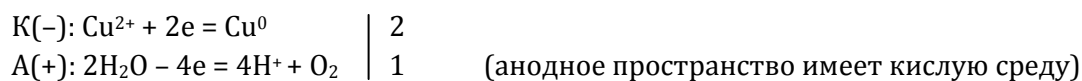
Бромид калия диссоциирует в растворе на ионы K⁺ и Br⁻. Калий относится к группе активных металлов и его катион не восстанавливается при электролизе растворов, поэтому катодная реакция идет по воде (1 таблица, 1 столбец). Анион брома будет окисляться до простого вещества (2 таблица, 1 столбец). Запишем полуреакции и суммарное уравнение:



Суммарное уравнение: $2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{э}} 2\text{KOH} + \text{H}_2 + \text{Br}_2$

Пример 4. Электролиз раствора нитрата меди.

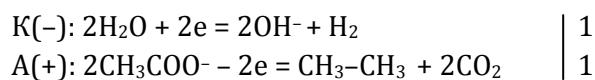
Нитрат меди диссоциирует в растворе на ионы Cu²⁺ и NO₃⁻. Медь относится к группе малоактивных металлов, поэтому ее катион будет восстанавливаться при электролизе (1 таблица, 3 столбец). Нитрат-ион является кислородсодержащим, поэтому анодный процесс идет по воде (2 таблица, 2 столбец). Запишем полуреакции и суммарное уравнение:



Суммарное уравнение: $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{э}} 4\text{HNO}_3 + \text{O}_2 + 2\text{Cu}$

Пример 5. Электролиз раствора ацетата натрия.

Ацетат натрия диссоциирует в водном растворе на ионы Na⁺ и CH₃COO⁻. Натрий относится к группе активных металлов и его катион не восстанавливается при электролизе растворов, поэтому катодная реакция идет по воде (1 таблица, 1 столбец). Ацетат-ион входит в группу исключений (2 таблица, 3 столбец). Запишем полуреакции и суммарное уравнение:



Суммарное уравнение: $2\text{CH}_3\text{COONa} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{э}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{CH}_3\text{-CH}_3 + 2\text{CO}_2$

¹ В этом случае суммарное уравнение не записывается

Упражнения:

1. Составьте уравнение электролиза расплавов хлорида натрия, сульфида лития, иодида калия, бромида кальция, гидроксида калия.
2. Составьте уравнения электролиза растворов нитрата серебра, сульфата натрия, хлорида меди, пропионата натрия, карбоната натрия, бромида золота (III), сульфида лития.
3. При электролизе водного раствора нитрата меди(II) на катоде выделился металл. Металл нагрели с серой, а затем прокалили на воздухе. Полученное твердое вещество растворили в соляной кислоте. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.
4. К раствору сульфата меди(II) добавили раствор хлорида бария. Осадок отделили и провели электролиз оставшегося раствора. Образовавшийся на катоде металл прореагировал при нагревании с концентрированной серной кислотой. Напишите уравнения описанных реакций.
5. Оксид меди(II) обработали раствором соляной кислоты. При электролизе образовавшегося раствора на аноде выделился газ. Газ пропустили через раствор бромида натрия. Напишите уравнения описанных реакций.
6. Оксид меди(II) обработали раствором серной кислоты. При электролизе образовавшегося раствора на инертном аноде выделился газ. Газ смешали с оксидом азота(IV) и поглотили водой. Напишите уравнения описанных реакций.
7. Провели электролиз раствора хлорида натрия. К полученному раствору добавили хлорид железа(III). Выпавший осадок отфильтровали и прокалили. Твёрдый остаток растворили в серной кислоте. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.
8. Соляную кислоту нейтрализовали карбонатом натрия. Полученный раствор подвергли электролизу. Газ, выделившийся на катоде, пропустили при нагревании над оксидом меди(II). Образовавшееся твердое вещество добавили к горячему раствору хлорида железа(III), при этом наблюдали растворение вещества. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.
9. При электролизе 240 г 14,9%-го раствора хлорида калия на аноде выделилось 4,48 л (н. у.) газа. Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе.
10. Определите массу азотной кислоты, которая может быть получена при электролизе 400 г 11,28%-го нитрата меди.
11. Раствор сульфида натрия подвергали электролизу до тех пор, пока на катоде не выделилось 6,72 л газа. К полученному раствору прилили 130 г 8%-го раствора сульфата меди. Определите массу образовавшегося осадка.

Задание № 22 ЕГЭ

1) Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| А) CuBr_2 | 1) H_2, O_2 |
| Б) NaF | 2) Na, F_2 |
| В) KNO_3 | 3) H_2, F_2 |
| Г) K_2S | 4) K, S |
| | 5) Cu, Br_2 |
| | 6) H_2, S |

А	Б	В	Г

2) Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| А) AuCl_3 | 1) H_2, Cl_2 |
| Б) BaCl_2 | 2) H_2, O_2 |
| В) K_2SO_4 | 3) Au, Cl_2 |
| Г) LiNO_3 | 4) Ba, Cl_2 |
| | 5) Li, O_2 |
| | 6) K, SO_3 |

А	Б	В	Г

3) Установите соответствие между формулой соли и продуктом электролиза водного раствора этой соли, который выделился на инертном **аноде**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| А) CuCl_2 | 1) H_2 |
| Б) NaF | 2) O_2 |
| В) Na_2SO_4 | 3) Cl_2 |
| Г) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 4) Cu |
| | 5) Na |
| | 6) F_2 |

А	Б	В	Г

4) Установите соответствие между формулой соли и продуктом электролиза водного раствора этой соли, который выделился на инертном **аноде**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| А) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 1) H_2 |
| Б) BaBr_2 | 2) O_2 |
| В) AgNO_3 | 3) Br_2 |
| Г) KCl | 4) NO_2 |
| | 5) Cl_2 |
| | 6) F_2 |

А	Б	В	Г

5) Установите соответствие между формулой соли и продуктом электролиза водного раствора этой соли, который выделился на инертном **катоде**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|-----------------|--------------|
| А) $Zn(NO_3)_2$ | 1) Na |
| Б) NaF | 2) O_2 |
| В) $CuSO_4$ | 3) Hg |
| Г) $Hg(NO_3)_2$ | 4) Zn, H_2 |
| | 5) H_2 |
| | 6) Cu |

А	Б	В	Г

6) Установите соответствие между названием вещества и способом его электролитического получения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|------------|---------------------------------|
| А) литий | 1) электролиз раствора LiF |
| Б) серебро | 2) электролиз расплава LiF |
| В) магний | 3) электролиз раствора $MgCl_2$ |
| Г) фтор | 4) электролиз расплава Ag_2O |
| | 5) электролиз расплава $MgBr_2$ |
| | 6) электролиз раствора $AgNO_3$ |

А	Б	В	Г

7) Установите соответствие между названием вещества и электролитическим способом его получения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|-------------|---|
| А) кислород | 1) электролиз водного раствора AgF |
| Б) сера | 2) электролиз водного раствора Na_2S |
| В) водород | 3) электролиз водного раствора $HgBr_2$ |
| Г) натрий | 4) электролиз расплава NaF |
| | 5) электролиз водного раствора $CuCl_2$ |

А	Б	В	Г

8) Установите соответствие между названием вещества и уравнением катодного процесса, протекающего **на катоде** при электролизе ее водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|-------------|-------------------------------|
| А) KNO_3 | 1) $Ag^+ + 1e = Ag^0$ |
| Б) $AlBr_3$ | 2) $2H_2O + 2e = 2OH^- + H_2$ |
| В) AgF | 3) $K^+ + 1e = K^0$ |
| Г) $CuSO_4$ | 4) $2H_2O - 4e = 4H^+ + O_2$ |
| | 5) $Cu^{2+} + 2e = Cu^0$ |
| | 6) $Al^{3+} + 3e = Al^0$ |

А	Б	В	Г

Ответы к тесту

1	2	3	4	5	6	7	8
5116	3122	3222	2325	4563	2652	1224	2215