

ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА



# Организация подготовки к ЕГЭ по химии: электролиз

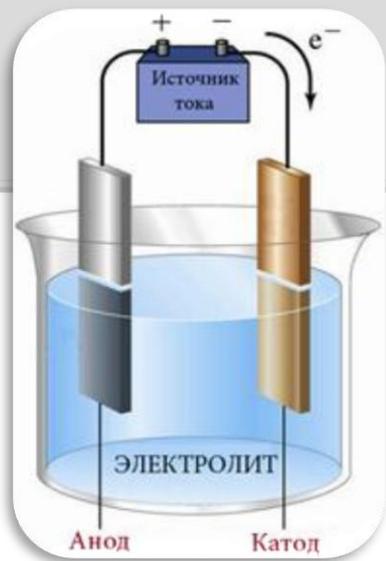
**Лидия Ивановна Асанова**

к.п.н., доцент кафедры естественнонаучного образования  
ГБОУ ДПО «Нижегородский институт развития образования»

# Задание 22. «Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)»

Проверяемые элементы содержания

✓ Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)



Требования к уровню подготовки выпускников

**Знать/понимать важнейшие химические понятия**

✓ использовать важнейшие химические понятия для объяснения отдельных фактов и явлений;

**Уметь определять /классифицировать окислитель и восстановитель**



# Задание 22.

## «Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)»

Установите соответствие между формулой соли и уравнением процесса, протекающего на инертном аноде при электролизе её водного раствора.

ФОРМУЛА СОЛИ	УРАВНЕНИЕ АНОДНОГО ПРОЦЕССА
А) KCl	1) $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$
Б) AlBr <sub>3</sub>	2) $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
В) CuSO <sub>4</sub>	3) $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2^0$
Г) AgNO <sub>3</sub>	4) $2\text{Br}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Br}_2^0$
	5) $2\text{SO}_4^{2-} - 2\bar{e} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$
	6) $2\text{NO}_3^- - 2\bar{e} \rightarrow 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$

Установите соответствие между формулой соли и уравнением процесса, протекающего на катоде при электролизе её водного раствора.

ФОРМУЛА СОЛИ	УРАВНЕНИЕ КАТОДНОГО ПРОЦЕССА
А) KCl	1) $\text{K}^+ + 1\bar{e} \rightarrow \text{K}^0$
Б) AlBr <sub>3</sub>	2) $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
В) CuSO <sub>4</sub>	3) $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$
Г) AgNO <sub>3</sub>	4) $\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}^0$
	5) $\text{Ag}^+ + 1\bar{e} \rightarrow \text{Ag}^0$
	6) $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^0$

Ответ:

А	

	В	Г

Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на инертном аноде при электролизе её водного раствора.

ФОРМУЛА СОЛИ	ПРОДУКТ НА АНОДЕ
А) AlBr <sub>3</sub>	1) Cl <sub>2</sub>
Б) Rb <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2) O <sub>2</sub>
В) Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3) H <sub>2</sub>
Г) AuCl <sub>3</sub>	4) Br <sub>2</sub>
	5) SO <sub>2</sub>
	6) NO <sub>2</sub>

Ответ:

А	Б	В	Г



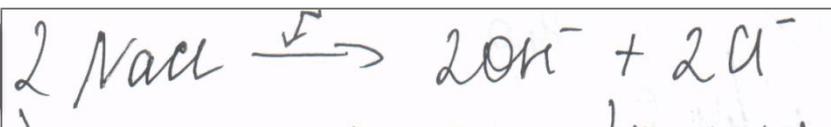
# Задание 31 (пример 1)

Провели электролиз раствора хлорида натрия. К полученному раствору добавили хлорид железа(III). Выпавший осадок отфильтровали и прокалили. Твёрдый остаток растворили в иодоводородной кислоте. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.

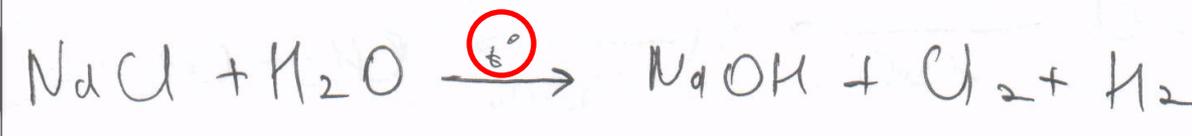
Вариант ответа

- 1)  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2$  (электролиз)
- 2)  $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$
- 3)  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HI} = 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

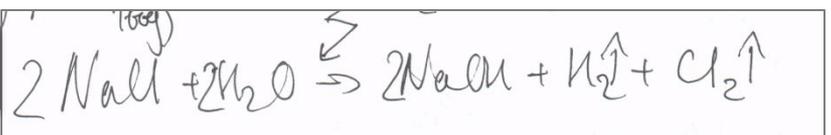
Работа 1



Работа 2



Работа 3

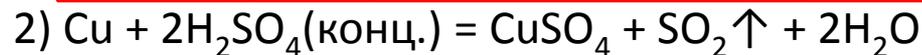
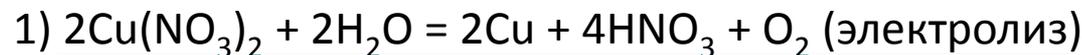


+

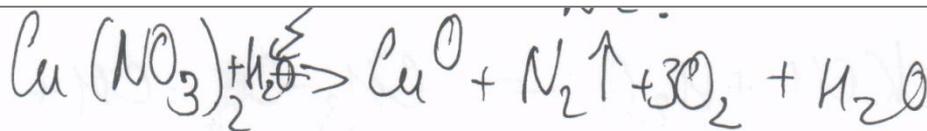
## Задание 31 (пример 2)

При электролизе водного раствора нитрата меди(II) получили металл. Металл обработали концентрированной серной кислотой при нагревании. Выделившийся в результате газ прореагировал с сероводородом с образованием простого вещества. Это вещество нагрели с концентрированным раствором гидроксида калия. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.

Вариант ответа



Работа 1



Работа 2

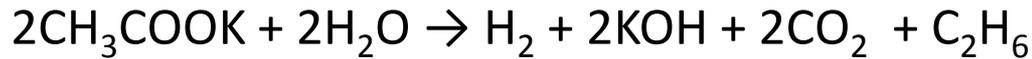
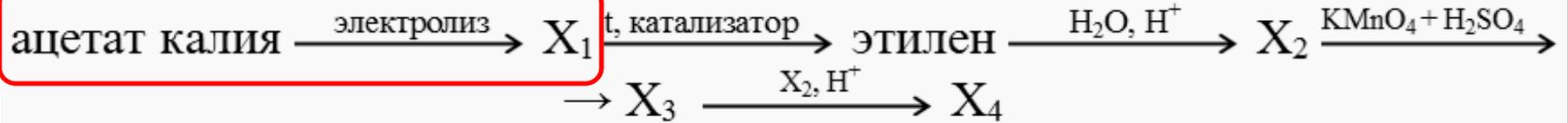


Работа 3

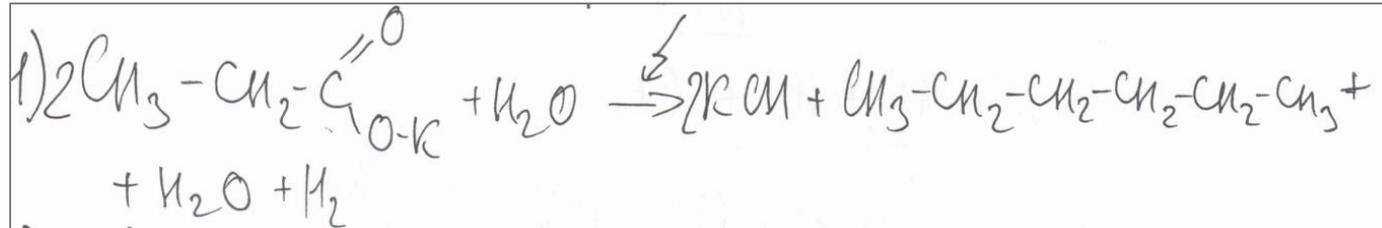


?

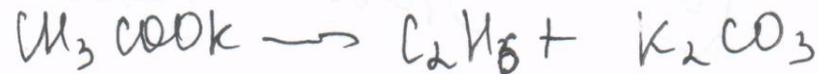
# Задание 32



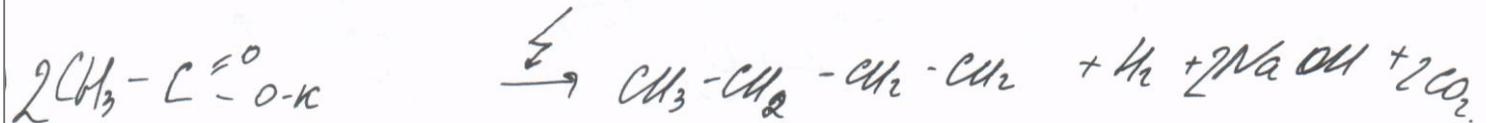
Работа 1



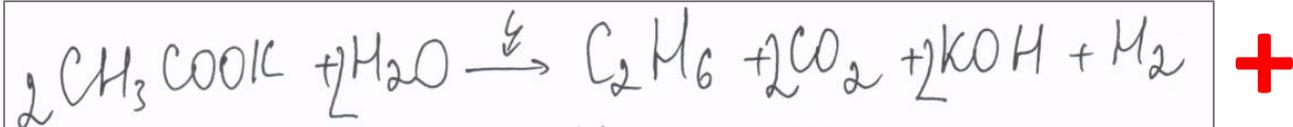
Работа 2



Работа 3



Работа 4



# Основные принципы организации подготовки обучающихся к экзамену

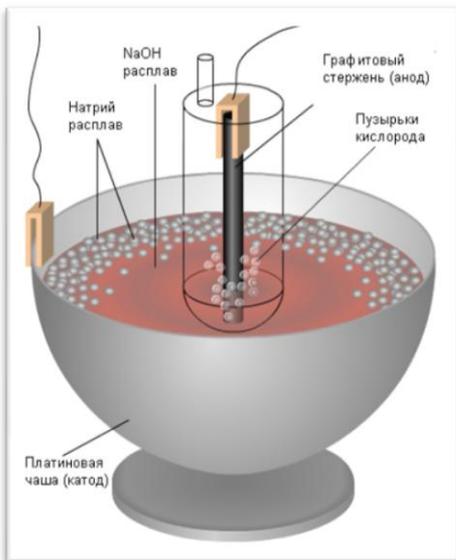
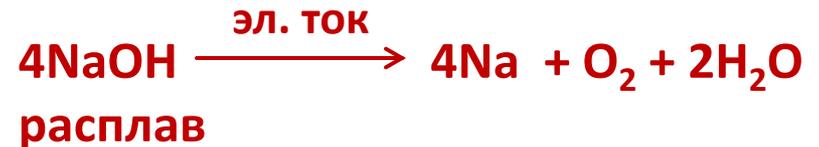
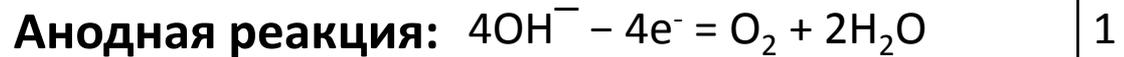
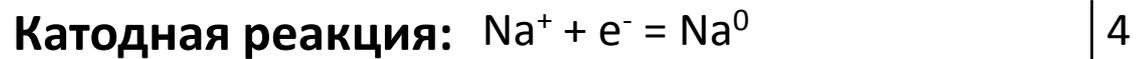
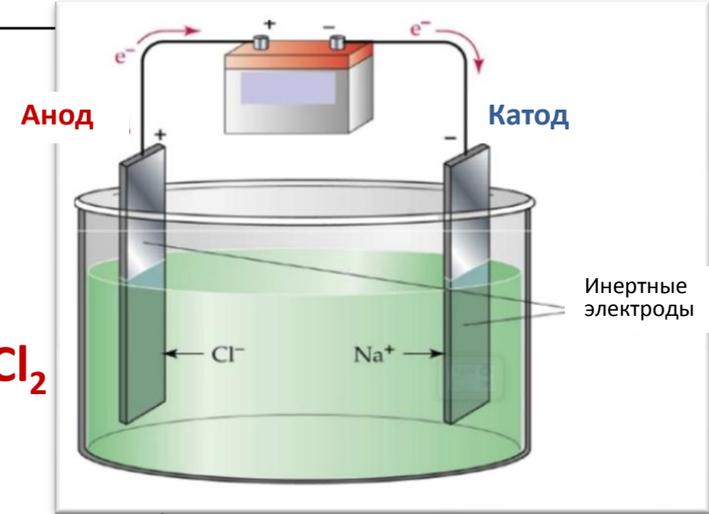
Подготовка к экзамену должна осуществляться в процессе преподавания учебного предмета.

**Нельзя сводить подготовку к экзамену только к тренировке в выполнении заданий, аналогичных заданиям экзаменационной работы!**

Главная задача подготовки к экзамену — целенаправленная работа по повторению, систематизации и обобщению изученного материала, по приведению в систему знаний ключевых понятий курса химии.

**Необходим опыт проведения реального химического эксперимента!**

# Электролиз расплавов



**На катоде – восстановление**  
**На аноде – окисление**

# Электролиз водных растворов

## Катодные процессы (восстановление)

Электрохимический ряд напряжений металлов			
Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al	Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb	H <sub>2</sub>	Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au
← Порядок восстановления катионов →			
Me <sup>n+</sup> не восстанавливаются $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$\text{M}^{n+} + \text{ne}^- = \text{M}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2$	$\text{M}^{n+} + \text{ne}^- = \text{M}^0$

На катоде протекает процесс с **наиболее высоким значением электродного потенциала** (восстанавливается наиболее сильный окислитель)

# Электролиз водных растворов

## Анодные процессы (окисление)

Анод	Кислотный остаток $A^{m-}$	
	бескислородный	кислородсодержащий
Нерастворимый (инертный)  графит, уголь, платина	Окисление аниона, <b>кроме фторидов</b> $A^{m-} - me^- = A^0$	<b>В щелочной среде:</b> $4OH^- - 4e^- = O_2 + 2H_2O$ <b>В кислой и нейтральной среде:</b> $2H_2O - 4e^- = O_2 + 4H^+$
	$S^{2-}, I^-, Br^-, Cl^-, OH^-, NO_3^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}$ → <b>Порядок окисления анионов</b>	
Растворимый	Окисление металла анода: $M^0 - ne^- = M^{n+}$	

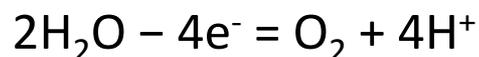
На аноде протекает процесс с **наиболее низким значением электродного потенциала** (окисляется наиболее сильный восстановитель)

# Электролиз растворов с инертным анодом



Катодная реакция:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2$

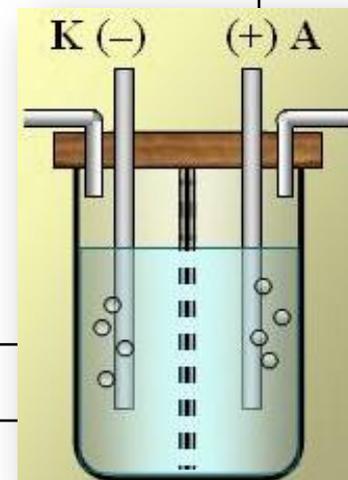
Анодная реакция: анионы  $\text{SO}_4^{2-}$  не окисляются!



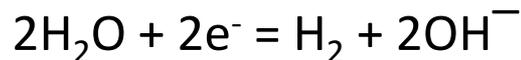
Суммарный процесс:  $4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$



2  
1



Катодная реакция: катионы  $\text{K}^+$  не восстанавливаются!



Анодная реакция:  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Суммарный процесс:  $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^- = 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



2  
1

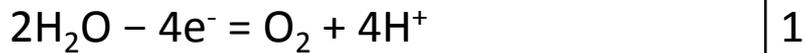
# Электролиз растворов с инертным анодом



Катодная реакция: катионы  $\text{Na}^+$  не восстанавливаются!



Анодная реакция: анионы  $\text{SO}_4^{2-}$  не окисляются!

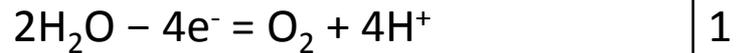


Суммарный процесс:  $4\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$



Катодная реакция:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}^0$  | 2

Анодная реакция: анионы  $\text{NO}_3^-$  не окисляются!



Суммарный процесс:  $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu}^0 + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$



Катодная реакция:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}^0$  | 1

Анодная реакция:  $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- = \text{Br}_2$  | 1

Суммарный процесс:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Br}^- = \text{Cu}^0 + \text{Br}_2$



# Электролиз растворов с инертным анодом



**Катодная реакция:** катионы  $\text{Na}^+$  не восстанавливаются!

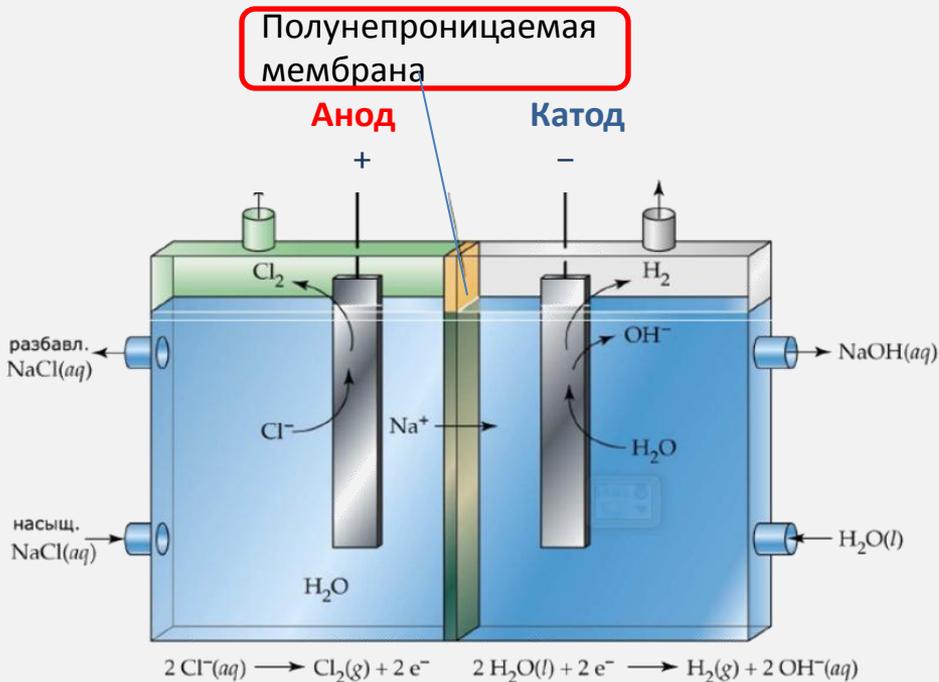
$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^- \quad | \quad 1$$

**Анодная реакция:**  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \quad | \quad 1$

**Суммарный процесс:**  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$



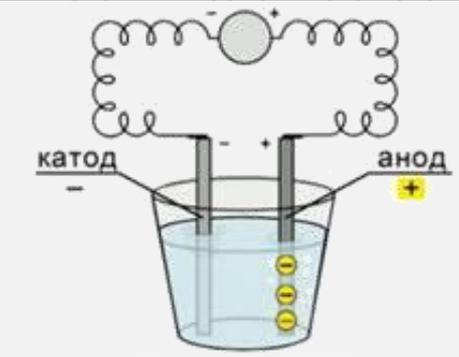
**Какими будут продукты электролиза раствора NaCl в отсутствие мембраны?**



**В холодном растворе:**



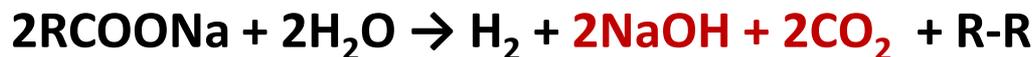
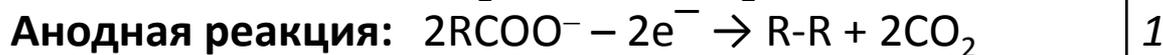
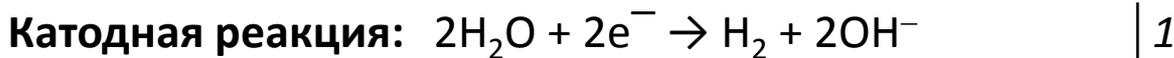
**В горячем растворе:**



Электролизер

**Промышленный способ получения  $\text{NaClO}$  и  $\text{NaClO}_3$ !**

# Электролиз растворов солей карбоновых кислот с инертным анодом (Кольбе, 1849 г.)



(при наличии мембраны)

или:



(в отсутствие мембраны)



или

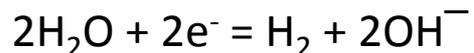


# Электролиз растворов с инертным анодом

Какими могут быть продукты электролиза солей кислородсодержащих кислот, в которых неметалл находится не в высшей степени окисления?



Катодная реакция: катионы  $\text{K}^+$  не восстанавливаются!



1

На аноде возможны процессы:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$   $E_1^0 = 1,23 \text{ В}$

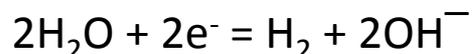


$E_2^0 < E_1^0 \Rightarrow$  окисляются ионы  $\text{SeO}_3^{2-}$

Суммарный процесс:  $3\text{H}_2\text{O} + \text{SeO}_3^{2-} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^- + \text{SeO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$

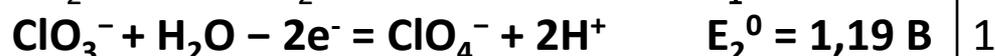


Катодная реакция: катионы  $\text{Na}^+$  не восстанавливаются!



1

На аноде возможны процессы:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$   $E_1^0 = 1,23 \text{ В}$



$E_2^0 < E_1^0 \Rightarrow$  окисляются ионы  $\text{ClO}_3^-$

Суммарный процесс:  $3\text{H}_2\text{O} + \text{ClO}_3^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^- + \text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+$



Промышленный способ получения  $\text{NaClO}_4$ !

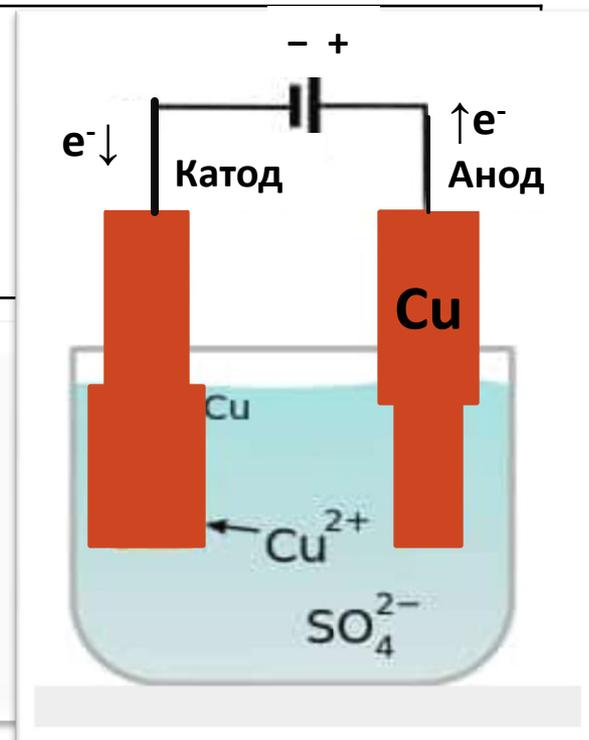
# Электролиз растворов с растворимым анодом

## Анод медный



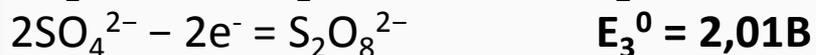
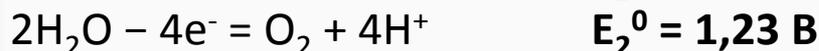
1

1



## Почему растворяется анод?

На аноде возможны процессы:



$E_1^0 < E_2^0 < E_3^0 \Rightarrow$  окисляется медь

Растворение металла происходит в том случае, **если электродный потенциал металлического анода имеет меньшее значение, чем потенциалы ионов  $\text{OH}^-$  или других веществ, присутствующих в растворе**

## Где можно использовать электролиз с растворимым анодом?

Электролитическая очистка металлов – электролитическое рафинирование

# Электролиз растворов с растворимым анодом

## Как очистить черновую медь от примесей Ag, Zn, Fe?

**Анод** – черновая медь с примесями других металлов (Ag, Fe, Zn),  
**катод** – чистая медь,  
**электролит** – раствор  $\text{CuSO}_4$



### Возможные процессы на аноде:

$E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}$

$\text{Ag}^0 - e^- = \text{Ag}^+$	$E_1^0 = 0,80 \text{ В}$
$\text{Cu}^0 - 2e^- = \text{Cu}^{2+}$	$E_2^0 = 0,34 \text{ В}$
$\text{Fe}^0 - 2e^- = \text{Fe}^{2+}$	$E_3^0 = -0,44 \text{ В}$
$\text{Zn}^0 - 2e^- = \text{Zn}^{2+}$	$E_4^0 = -0,76 \text{ В}$
$2\text{H}_2\text{O} - 4e^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$	$E_5^0 = 1,23 \text{ В}$
$2\text{SO}_4^{2-} - 2e^- = \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	$E_6^0 = 2,01 \text{ В}$

**На аноде** не окисляются ионы  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и Ag, имеющие наиболее высокие потенциалы.

Ag не растворяется и **выпадает в виде шлама** на дне электролизера («анодный ил»)

### Последовательность протекания процессов на аноде:

1.  $\text{Zn}^0 - 2e^- = \text{Zn}^{2+}$
2.  $\text{Fe}^0 - 2e^- = \text{Fe}^{2+}$
3.  $\text{Cu}^0 - 2e^- = \text{Cu}^{2+}$

к катоду

### Процессы на катоде:

В первую очередь восстанавливаются катионы  $\text{Cu}^{2+}$ , имеющие наибольшее значение электродного потенциала:



Ионы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  остаются в растворе

# Как количественно можно охарактеризовать процессы электролиза?

## Законы электролиза (М. Фарадей)

Количество электронов, прошедших через раствор:

$$\nu(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot t}{F}$$

$Q$  – заряд, прошедший через раствор или расплав;

$I$  – сила тока, А;

$t$  – продолжительность электролиза, с;

$F$  – постоянная Фарадея, 96500 Кл/моль (26,8 А · ч/моль), численно равная заряду 1 моль электронов;

Масса вещества, выделившегося на электроде:

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{n \cdot F}$$

$m$  – масса вещества, выделившегося на электроде в процессе электролиза;

$n$  – число моль электронов, перешедших от восстановителя к окислителю при получении 1 моль вещества.

**Пример 1.** При пропускании тока силой 3 А в течение 30 мин через водный раствор бромида металла (II) с инертными электродами на катоде выделился металл массой 5,624 г. Соль какого металла была подвергнута электролизу? Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах.

### Решение

Найдем молярную массу металла и определим металл:

$$M = \frac{m \cdot n \cdot F}{I \cdot t}$$

$$M = \frac{5,624 \text{ г} \cdot 2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{3 \text{ А} \cdot 1800 \text{ с}} = 201 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Hg}$$



Составим уравнения реакций процессов, происходящих на электродах:

**На катоде** происходит выделение ртути :



**На аноде** выделяется бром:



# Как количественно можно охарактеризовать процессы электролиза?

## Законы электролиза (М. Фарадей)

**Пример 2.** Определите массу меди и объем кислорода, которые выделяются на инертных электродах при прохождении постоянного электрического тока силой 4 А через раствор сульфата меди (II) в течение 12 минут.

### Решение



**На катоде** выделяется медь:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$

**На аноде** выделяется кислород:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$

Найдем количество электронов, прошедших через раствор:

$$\nu(\text{e}^-) = \frac{4 \text{ А} \cdot 12 \cdot 60 \text{ с}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 0,03 \text{ моль}$$

Найдем массу меди, которая выделилась на катоде:

$$\nu(\text{Cu}) = \frac{1}{2} \nu(\text{e}^-) = 0,015 \text{ моль},$$

$$m(\text{Cu}) = 0,015 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 0,96 \text{ г}.$$

Найдем объем кислорода, который выделился на аноде:

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{1}{4} \nu(\text{e}^-) = 0,0075 \text{ моль},$$

$$V(\text{O}_2) = 0,0075 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,168 \text{ л}.$$

# Как количественно можно охарактеризовать процессы электролиза?

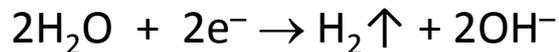
## Законы электролиза (М. Фарадей)

**Пример 3.** При электролизе раствора сульфата цинка с инертным анодом в течение 3 ч на аноде выделилось 5,6 л кислорода. Определите силу тока и массу цинка, выделившегося на катоде, если выход цинка составляет 70%. Выход кислорода считать количественным.

### Решение



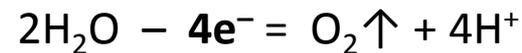
**На катоде** происходит одновременное выделение цинка и водорода:



Найдем количество кислорода и электронов:

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль} \Rightarrow \nu(\text{e}^-) = 4\nu(\text{O}_2) = 4 \cdot 0,25 \text{ моль} = 1,0 \text{ моль}$$

**На аноде** выделяется кислород:



Найдем силу тока:

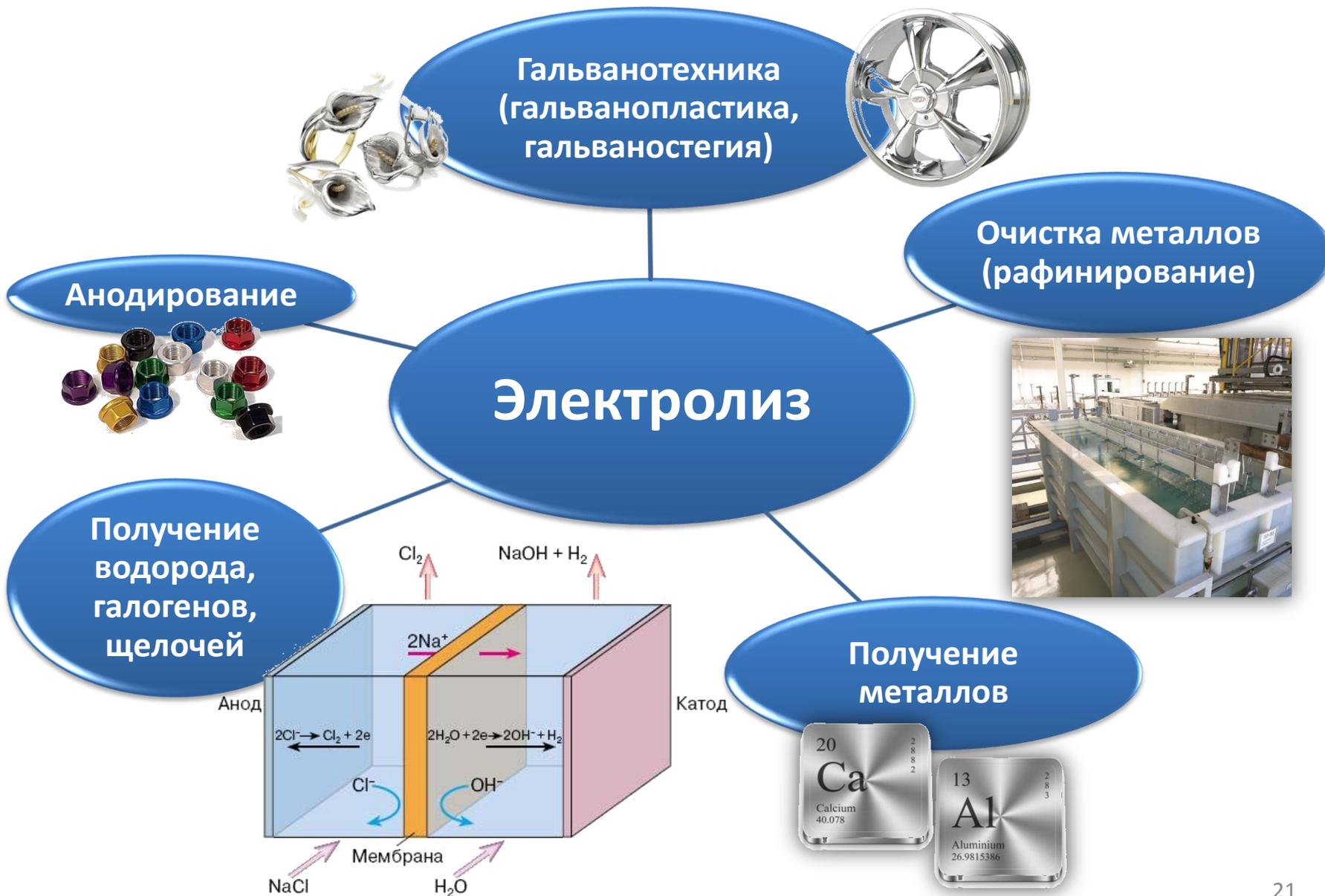
$$\nu(\text{e}^-) = \frac{I \cdot t}{F}; \quad I = \frac{\nu(\text{e}^-) \cdot F}{t} = \frac{1,0 \text{ моль} \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{10800 \text{ с}} = 8,94 \text{ А}$$

Найдем массу цинка:

$$\nu(\text{Zn}) = \frac{1}{2} \nu(\text{e}^-) = \frac{1}{2} \cdot 1,0 \text{ моль} = 0,5 \text{ моль}; \quad m(\text{Zn})_{\text{теор}} = 0,5 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 32,5 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn})_{\text{практ}} = \eta(\text{Zn}) \cdot m(\text{Zn})_{\text{теор}} = 0,7 \cdot 32,5 \text{ г} = 45,5 \text{ г}$$

# Применение электролиза



## УМК «ХИМИЯ. 10-11 классы»

О.С. Габриеляна и др.

## УМК «ХИМИЯ. 10-11 классы»

Н.Е. Кузнецовой и др.

## УМК «ХИМИЯ. 10-11 классы»

В.В. Еремина и др.



# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «Электролиз»

§ 21

## Электролиз. Химические источники тока

**Электролиз.** Если в раствор или расплав электролит опустить электроды и пропустить постоянный электрический ток, то ионы будут двигаться направленными потоками — к катоду (отрицательно заряженному электроду), анионы — к аноду (положительно заряженному электроду).

На катоде катионы принимают электроны, на аноде анионы отдают электроны. Этот процесс называют электролизом.



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

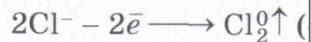
Рассмотрим в качестве примера электролиз расплава хлорида натрия (рис. 43). В расплаве идёт диссоциация:



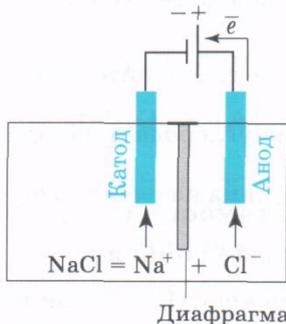
Под действием электрического тока катионы натрия движутся к катоду и принимают электроны:



Хлорид-анионы  $\text{Cl}^-$  движутся к аноду и отдают электроны:



Суммарное уравнение электролиза расплава хлорида натрия:



ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА



§ 68

## Химические источники тока. Электролиз

Химическое равновесие возможно не только в кислотно-основных, но и в окислительно-восстановительных реакциях (ОВР). Многие ОВР можно реализовать экспериментально с помощью электролиза.

§ 26

## Электролиз

? Какие процессы будут происходить при пропускании через раствор электролита постоянного электрического тока?

Одним из важнейших примеров окислительно-восстановительных реакций являются те, которые происходят на электродах, если через раствор или расплав электролита пропустить постоянный электрический ток. Совокупность таких реакций и есть *электролиз*.

**Электролиз** — это окислительно-восстановительные реакции, происходящие на электродах при пропускании через раствор или расплав электролита электрического тока от внешнего источника.

Электрод, на котором происходит *окисление*, называется **анод**, электрод, на котором происходит *восстановление*, — **катод**. При электролизе анод заряжен положительно, катод — отрицательно.

**Электролиз расплавов электролитов.** В расплавах электролитов на катоде происходит восстановление катионов металлов, на аноде — окисление анионов кислотного остатка или гидроксид-анионов. Рассмотрим *электролиз расплава хлорида калия*.

В расплаве хлорид калия диссоциирует на ионы:

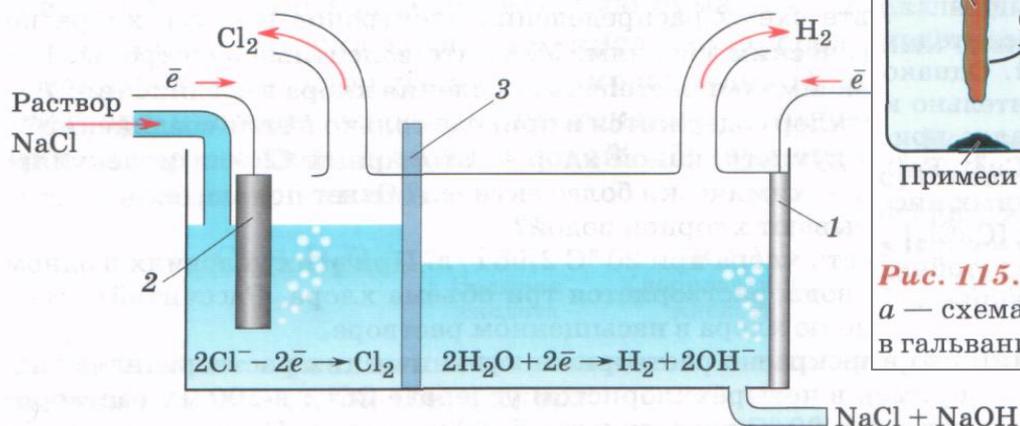


# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «Электролиз»

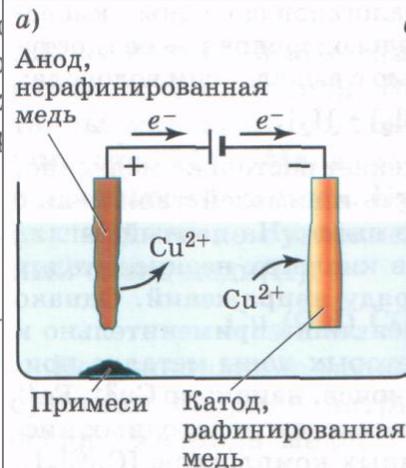
**Применяем знания о процессах электролиза при изучении разных тем!**



В промышленности хлор получают электролизом раствора поваренной соли. Электролизер представляет собой вертикальный цилиндр, выполненный из стали и закрытый асбестовой крышкой (рис. 8). Катодом 1 в нём служит железная сетка, а анодом 2 — графитовый стержень. Между катодом и анодом помещена асбестовая диафрагма 3, через которую, фильтруясь, медленно проходит раствор. Скорость фильтрации регулируется разницей уровней растворов. Хлор, образующийся в ходе реакции, выделяется через отверстия. Так как в процессе электролиза уровень в аппарате убывает, в анодное пространство непрерывно подается крепкий раствор поваренной соли.



**Рис. 8.** Схема электролиза раствора хлорида натрия: 1 — катод; 2 — анод; 3 — диафрагма



**Рис. 115.** Очистка меди гальваническим рафинированием: а — схема электролизёра; б — медные аноды перед погружением в гальваническую ванну

# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «Электролиз»

**Пример 2.** Составьте уравнения катодного и анодного процессов и уравнение реакции электролиза расплава гидроксида калия.

В расплаве KOH диссоциирует на ионы:  $\text{KOH} = \text{K}^+ + \text{OH}^-$

Катодный процесс:  $\text{K}^+ + 1e \rightarrow \text{K}^0$  | 4

Анодный процесс:  $4\text{OH}^- - 4e \rightarrow \text{O}_2^0 + 2\text{H}_2\text{O}$  | 1

эл. ток

Суммарное ионное уравнение:  $4\text{K}^+ + 4\text{OH}^- = 4\text{K}^0 + \text{O}_2^0 + 2\text{H}_2\text{O}$

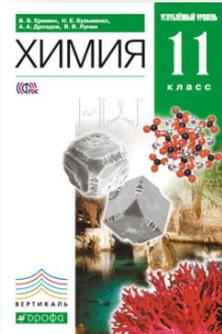
эл. ток

Суммарное молекулярное уравнение:  $4\text{KOH} = 4\text{K}^0 + \text{O}_2^0 + 2\text{H}_2\text{O}$

В случае электролиза растворов электролитов на электродах может также происходить процесс окисления или восстановления воды:

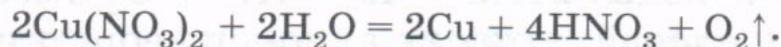
$2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$  (окисление воды)

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



**Пример.** Вычислите массу меди, выделившейся на катоде при пропускании тока силой 6 А через раствор нитрата меди(II) в течение 40 мин.

**Решение.** Запишем уравнение электролиза:



При электролизе 1 моль нитрата меди происходит перенос двух молей электронов, следовательно  $n = 2$ . Подставляем все величины в формулу, выражая время в секундах:

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{n \cdot F} = \frac{64 \text{ г/моль} \cdot 6,4 \text{ А} \cdot 2400 \text{ с}}{2 \cdot 96\,500 \text{ Кл/моль}} = 5,1 \text{ г.}$$

# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «Электролиз»



- 1 Чем отличается электролиз расплавов от электролиза водных растворов?
- 2 Какие металлы можно получить электролизом расплавов их солей и нельзя получить электролизом водных растворов этих веществ?
- 3 Составьте уравнения реакций электролиза хлорида бария: а) в расплаве; б) в растворе.
- 4 Составьте уравнения электролиза водных растворов солей: а)  $K_3PO_4$ ; б)  $MnI_2$ . Электроды графитовые.
- 5 Составьте уравнения электролиза водных растворов веществ, формулы которых: а)  $Ba(OH)_2$ ; б)  $SrCl_2$ ; в)  $CuCl_2$ ; г)  $HCl$ ; д)  $Cr(NO_3)_3$ . Анод нерастворимый.
- 6 Составьте уравнения электролиза водного раствора нитрата серебра: а) с медными электродами; б) с графитовыми электродами. Чем отличаются эти процессы? Поясните ответ.
- 7 Определите последовательность катодных процессов в случае электролиза водного раствора, содержащего смесь солей  $Cu(NO_3)_2$  и  $AgNO_3$ , с инертными электродами.



# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «Электролиз»

## Приложение 3

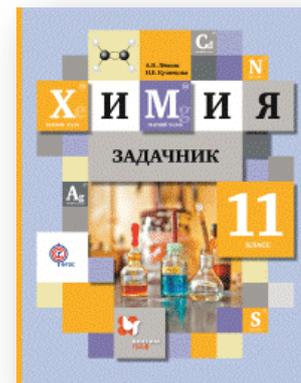
Электрохимический ряд напряжений металлов  
(стандартные электродные потенциалы)

ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА

дрофа

вентана  
граф

Процесс	$E^\circ, \text{В}$	Процесс	$E^\circ, \text{В}$	Процесс	$E^\circ, \text{В}$
$\text{Li}^+/\text{Li}$	-3,045	$\text{Be}^{2+}/\text{Be}$	-1,847	$\text{H}^+/\text{H}_2$	<b>0,000</b>
$\text{Rb}^+/\text{Rb}$	-2,925	$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	-1,700	$\text{Sb(III)}/\text{Sb}$	0,240
$\text{K}^+/\text{K}$	-2,924	$\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}$	-1,208	$\text{Re(III)}/\text{Re}$	0,300
$\text{Cs}^+/\text{Cs}$	-2,923	$\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$	-1,192	$\text{Bi(III)}/\text{Bi}$	0,317
$\text{Ra}^{2+}/\text{Ra}$	-2,916	$\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}$	-0,852	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	0,338
$\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}$	-2,905	$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	-0,763	$\text{Ru}^{2+}/\text{Ru}$	0,450
$\text{Sr}^{2+}/\text{Sr}$	-2,888	$\text{Ga}^{3+}/\text{Ga}$	-0,560	$\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}$	0,798
$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$	-2,864	$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	-0,441	$\text{Ag}^+/\text{Ag}$	0,799
$\text{Na}^+/\text{Na}$	-2,711	$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$	-0,404	$\text{Rh}^{3+}/\text{Rh}$	0,800
$\text{Ac}^{3+}/\text{Ac}$	-2,600	$\text{In}^{3+}/\text{In}$	-0,338	$\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}$	0,852
$\text{La}^{3+}/\text{La}$	-2,522	$\text{Co}^{2+}/\text{Co}$	-0,277	$\text{Pd}^{2+}/\text{Pd}$	0,915
$\text{Y}^{3+}/\text{Y}$	-2,372	$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$	-0,234	$\text{Pt(II)}/\text{Pt}$	0,963
$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$	-2,370	$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$	-0,141	$\text{Au}^+/\text{Au}$	1,691
$\text{Sc}^{3+}/\text{Sc}$	-2,077	$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	-0,126	$\text{Pu}^{3+}/\text{Pu}$	2,03



# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «Электролиз»

6–165. Составьте уравнения катодного и анодного процессов и уравнение электролиза растворов: а) сульфида натрия; б) нитрата серебра; в) хлорида ртути (II); г) карбоната калия; д) пропионата натрия.

6–168. Составьте уравнения катодного и анодного процессов и уравнение электролиза растворов: а) хлорида никеля (анод — никель); б) сульфата меди (II) (анод — медь).

6–169. Напишите уравнение электролиза раствора такого электролита, при разложении которого на катоде образуется вещество А, а на аноде — вещество В.

Вещества	1	2	3	4	5
А	Ртуть	Водород	Серебро	Водород	Медь
В	Кислород	Иод	Кислород	Кислород	Хлор



6–170. Некоторый раствор содержит ионы  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  в одинаковой концентрации. В какой последовательности эти ионы будут восстанавливаться при электролизе, если напряжение будет достаточным для восстановления всех соответствующих металлов? Составьте уравнения соответствующих катодных процессов.

# Задания по теме «Электролиз» в формате ЕГЭ

Установите соответствие между формулой соли и продуктами, образующимися на катоде при электролизе с инертными электродами её водного раствора.

ФОРМУЛА СОЛИ

- А)  $\text{NaF}$
- Б)  $\text{CuBr}_2$
- В)  $\text{MgSO}_4$
- Г)  $\text{CH}_3\text{COONa}$

ПРОДУКТЫ НА АНОДЕ

- 1) водород
- 2) кислород
- 3) оксид углерода (IV) и этан
- 4) оксид серы (IV)
- 5) галоген

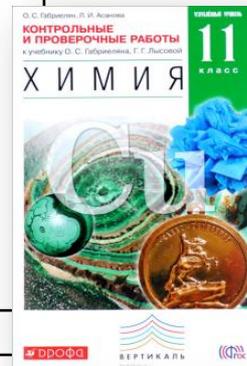
Установите соответствие между формулой вещества и продуктами, образующимися на катоде и аноде при электролизе с инертными электродами его водного раствора.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А)  $\text{KOH}$
- Б)  $\text{MnSO}_4$
- В)  $\text{NaBr}$
- Г)  $\text{CuCl}_2$

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- 1) металл, галоген
- 2) металл, кислород
- 3) водород, галоген
- 4) водород, кислород
- 5) металл, водород, кислород



# Задания по теме «Электролиз» в формате ЕГЭ

Установите соответствие между формулой вещества и процессом, протекающим на аноде при электролизе с инертными электродами его водного раствора.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А) NaOH
- Б) MnBr<sub>2</sub>
- В) KF
- Г) Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

АНОДНЫЙ ПРОЦЕСС

- 1)  $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$
- 2)  $4\text{OH}^- - 4\bar{e} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- 4)  $2\text{F}^- - 2\bar{e} = \text{F}_2$
- 5)  $2\text{Br}^- - 2\bar{e} = \text{Br}_2$
- 6)  $2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2$

Установите соответствие между металлом и способом его электролитического получения.

МЕТАЛЛ

- А) калий
- Б) кальций
- В) серебро
- Г) кадмий

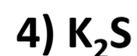
ЭЛЕКТРОЛИЗ

- 1) водного раствора солей
- 2) расплава галогенида
- 3) водного раствора гидроксида
- 4) расплава нитрата
- 5) раствора глинозема в расплавленном криолите



## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при выполнении различных заданий...

Для выполнения заданий 1–3 используйте следующий ряд солей. Ответом в заданиях 1–3 является последовательность цифр, под которыми соли указаны в данном ряду.



1. Из указанных в ряду солей выберите две соли, при электролизе водных растворов которых на аноде выделяется кислород.

Запишите в поле ответа номера выбранных солей.

Ответ:

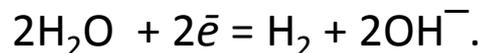
2. Из указанных в ряду солей выберите три соли, при электролизе водных растворов которых на катоде одновременно могут выделяться металл и водород.

Расположите выбранные соли в соответствии с последовательностью выделения металлов на катоде из раствора, содержащего смесь этих солей с одинаковой концентрацией.

Запишите в поле ответа номера выбранных солей в нужной последовательности.

Ответ:

3. Из указанных в ряду солей выберите две соли, при электролизе водных растворов которых на катоде происходит только один процесс:



Запишите в поле ответа номера выбранных солей.

Ответ:

## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при выполнении различных заданий...

Для выполнения заданий 1–3 используйте следующий ряд солей. Ответом в заданиях 1–3 является последовательность цифр, под которыми соли указаны в данном ряду.



1. Из указанных в ряду солей выберите две соли, при электролизе водных растворов которых на катоде происходит только выделение водорода.

Запишите в поле ответа номера выбранных солей.

Ответ:

2. Из указанных в ряду солей выберите три соли, при электролизе водных растворов которых можно получить металл.

Расположите выбранные соли в соответствии с последовательностью выделения металлов на катоде из раствора, содержащего смесь этих солей с одинаковой концентрацией.

Запишите в поле ответа номера выбранных солей в нужной последовательности.

Ответ:

3. Из указанных в ряду солей выберите две соли, при электролизе водных растворов которых в прианодном пространстве уменьшается значение pH.

Запишите в поле ответа номера выбранных солей.

Ответ:

## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при выполнении различных заданий...

**А8.** На графике показана зависимость количества вещества образующихся на электродах продуктов электролиза водного раствора нитрата серебра от времени (рис. 6).

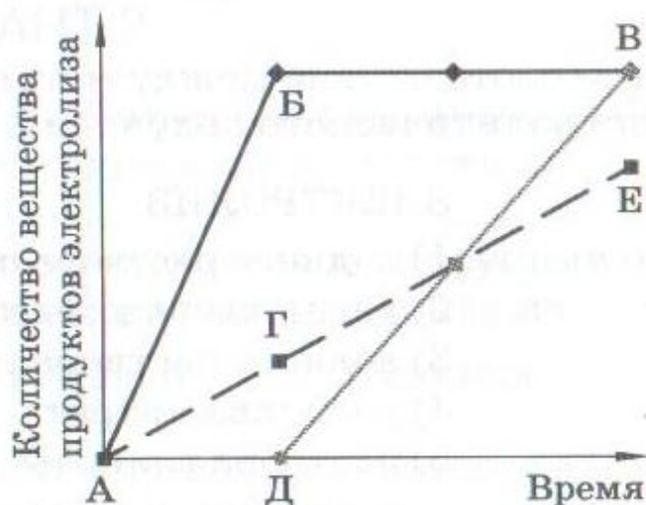


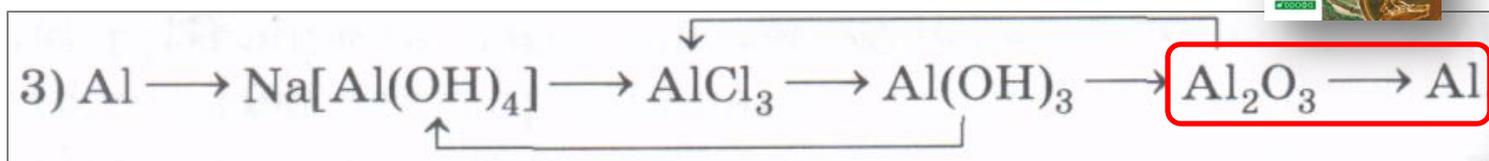
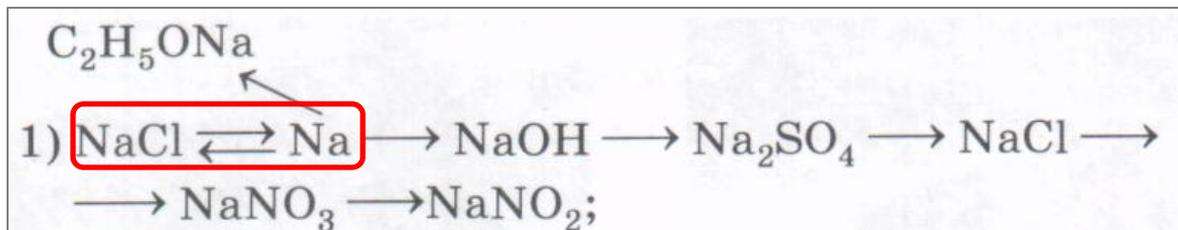
Рис. 6

Процессу выделения кислорода на стадии разложения нитрата серебра соответствует участок графика

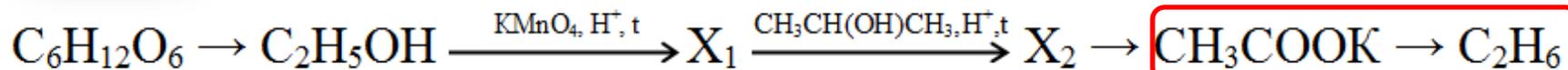
- 1) А—В      2) Д—В      3) А—Г      4) Г—Е



## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при выполнении различных заданий...



6–180. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить схему превращений веществ: хлорид натрия → гидроксид натрия → ацетат натрия → гидроксид натрия → натрий → бромид натрия → гидроксид натрия.



## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при выполнении различных заданий...

9. В газе, выделившемся на аноде при электролизе водного раствора хлорида кальция, сожгли алюминий. Полученное вещество растворили в воде и добавили к нему водный раствор карбоната натрия. Запишите уравнения реакций.

! 11. Определите, что будет происходить при электролизе горячего раствора KCl в отсутствие диафрагмы. Напишите уравнение реакции.



Газ, полученный при взаимодействии железных опилок с раствором соляной кислоты, пропустили над нагретым оксидом меди (II) до полного восстановления металла. Полученный металл растворили в концентрированной азотной кислоте. Образовавшийся раствор подвергли электролизу с инертными электродами. Напишите уравнения описанных реакций.

К раствору, полученному в результате взаимодействия пероксида натрия с водой при нагревании, добавили раствор соляной кислоты до окончания реакции. Раствор образовавшейся соли подвергли электролизу с инертными электродами. Газ, образовавшийся в результате электролиза на аноде, пропустили через суспензию гидроксида кальция. Напишите уравнения описанных реакций.

Раствор, полученный в результате взаимодействия кальция с водой, полностью нейтрализовали соляной кислотой. Образовавшийся раствор подвергли электролизу с инертными электродами. Выделившийся на аноде газ пропустили через горячий раствор гидроксида калия. Напишите уравнения описанных реакций.

## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при решении расчетных задач...

14. Производство кальция основано на электролизе расплава его хлорида. Напишите уравнение реакции. Какой объем хлора (н. у.) выделился на аноде, если известно, что масса образовавшегося металла равна 60 кг?



При электролизе водного раствора хлорида меди(II) с инертными электродами на катоде выделилось 12,8 г металла. Объем газа, выделившегося на аноде, равен при нормальных условиях \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до сотых.)

При электролизе водного раствора нитрата калия с инертными электродами на аноде выделилось 25 л (н.у.) газа. Объем газа, выделившегося на катоде, равен при нормальных условиях \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до целых.)

При электролизе водного раствора нитрата меди(II) с инертными электродами на аноде выделилось 11,2 л (н.у.) газа. Масса кислоты, образовавшейся в электролизере, равна \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

При электролизе водного раствора бромида калия с инертными электродами на катоде выделилось 8,96 л (н.у.) газа. Масса брома, выделившегося на аноде, равна \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

При электролизе водного раствора нитрата серебра с инертными электродами на катоде выделилось 10,8 г металла. Объем газа, выделившегося на аноде, равен при нормальных условиях \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до сотых.)

## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при решении расчетных задач...

Электролизу с инертными электродами подвергли 10%-й раствор сульфата натрия. Через некоторое время массовая доля соли в растворе составила 15%. Определите объёмы (н. у.) газов, выделившихся на катоде и аноде в процессе электролиза.

Электролизу с инертными электродами подвергли 16%-й раствор сульфата меди (II) объемом 84,75 мл с плотностью 1,18 г/мл. После того как масса катода увеличилась на 1,28 г, ток отключили. Определите объём (н. у.) газа, выделившегося на аноде, и массовые доли веществ в растворе после окончания электролиза.

Электролиз 110 г раствора, содержащего смесь хлорида натрия и хлорида калия общей массой 20,75 г, продолжали до полного разложения солей. В результате электролиза на аноде выделилось 3,36 л (н. у.) газа. Определите массовые доли хлорида натрия и хлорида калия в исходном растворе.

Раствор ацетата натрия массой 200 г подвергли электролизу с инертным анодом до полного разложения соли. Для нейтрализации образовавшейся щёлочи потребовалось 32 мл 20%-го раствора соляной кислоты с плотностью 1,14 г/мл. Определите массовую долю ацетата натрия в исходном растворе.



## Применяем знания о закономерностях протекания процессов электролиза при решении расчетных задач...

- 6–176. Вычислите массу серебра, выделившегося на катоде при пропускании постоянного тока силой 6 А через раствор нитрата серебра в течение 20 мин.
- 6–177. Сколько времени потребуется для полного разложения 1 л воды электрическим током силой 5 А?
- 6–178. Какое количество электричества (Кл) необходимо для получения 1 г натрия из расплава гидроксида натрия?  
Указание: количество электричества можно рассчитать по формуле  $q = I \cdot t$ , где  $q$  — количество электричества в Кл.
- 6–179. При электролизе водного раствора сульфата меди (II) током силой 2 А масса катода увеличилась на 8 г. Рассчитайте, в течение какого времени осуществлялся электролиз.

5. Определите время, необходимое для осаждения на катоде 6,4 г меди при пропускании постоянного тока силой 5,36 А через водный раствор сульфата меди.
6. Через расплавленный оксид алюминия пропускали постоянный ток силой 16 А в течение 3 ч. Вычислите массу алюминия, выделившегося на катоде.
7. Водный раствор едкого натра подвергали электролизу током 10 А в течение 268 ч. После окончания электролиза осталось 100 г 24%-го раствора гидроксида натрия. Найдите массовую долю щёлочи в исходном растворе.



$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{n \cdot F}$$



ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА



# Спасибо за внимание!

Лидия Ивановна Асанова  
[asanovali@yandex.ru](mailto:asanovali@yandex.ru)

910-391-46-47