

# ЭЛЕКТРОЛИЗ

Это **окислительно-восстановительная реакция**, протекающая в электролизёре на поверхности **электродов** при прохождении **электрического тока** через раствор или расплав **электролита**.



Расшифруем непонятное:

- \* **ОВР** = **окислительно-восстановительная реакция** - это реакция с изменением степеней окисления.
- \* **Электролизёр** или **электролитическая ванна** - прибор для проведения реакций электролиза.
- \* **Электроды** - специальные пластинки или стержни (чаще всего из неактивных металлов, например, Pt), опущенные в раствор или расплав электролита, на поверхности которых протекают реакции электролиза.
- \* **Раствор** = вещество + вода (водный раствор), **расплав** = вещество нагрели настолько сильно, что оно перешло в жидкое агрегатное состояние (т.е. воды нет!)



КТО ТАКИЕ  
“ЭЛЕКТРОЛИТЫ”?

**Электролит** - это вещество, раствор или расплав которого проводит электрический ток.



## Хорошими электролитами являются:

- растворимые соли (см. таблицу растворимости);
- растворимые основания = щёлочи (см. таблицу растворимости);
- сильные кислоты (УЧИ!!!)

### ЛАЙФХАК ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛЫ КИСЛОТЫ:

из числа атомов кислорода вычитаем число атомов водорода, если получается значение, большее 1, то кислота сильная (равно 1 или меньше 1 - слабая).

**р.с. не работает для бескислородных кислот:**

**$H_2S$  и  $HF$  - слабые кислоты!!!**

**! Все органические кислоты - также слабые.**



### Теория электролитической диссоциации (ТЭД):

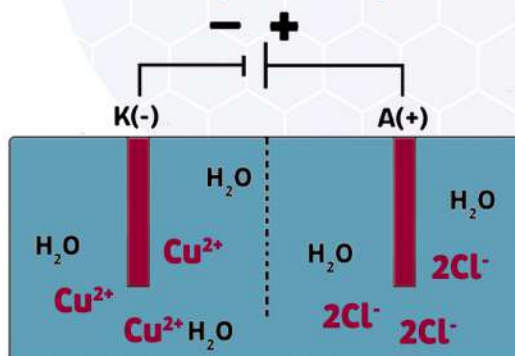
при растворении в воде (или при расплавлении) все электролиты распадаются на ионы (т.е. подвергаются диссоциации).



Типичный пример электролиза - **электролиз раствора соли  $CuCl_2$**  :

- 1)  $CuCl_2$  - растворимая соль - хороший электролит - значит, в растворе диссоциирует:  $CuCl_2 = Cu^{2+} + 2Cl^-$
- 2) Тем временем в электролизёре:

#### НА КАТОДЕ:



#### НА АНОДЕ:





## 1. ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ: “из чего образовалось, на тои распалось”.

Электролизом расплавов солей (хлоридов и бромидов, в частности) получают **активные металлы**.



## 2. ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРОВ.

### КАТОД



\* Если на катоде  $\text{H}^+$ , то выделяется  $\text{H}_2$ :  
 $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Sn, Pb, <b>H</b> , Cu, Hg, Ag, Au
--



Если соль образована активным металлом (до **Al включительно!**), то на катоде выделяется **водород**; если неактивным металлом (после  $\text{H}_2$ ) - выделяется **сам металл**; если металлом средней активности - образуется **и то, и другое**.

Электролиз растворов кислот на катоде даёт также **водород**.

# АНОД



А что он-то там забыл??



**бескислородный анион**



**кислородсодержащий анион**



**ОРГАНИКА - ОТДЕЛЬНАЯ ВСЕЛЕННАЯ:**



\* Если на аноде  $\text{OH}^-$ , то:  
 $4\text{OH}^- - 4e = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Если анион соли **бескислородный** - выделяется простое вещество-неметалл; если анион **кислородсодержащий (или  $\text{F}^-$ )** - выделяется кислород.

При электролизе растворов солей карбоновых кислот образуется  $\text{CO}_2$  и углеводород с удлинённым вдвое углеродным скелетом.

**! Самое главное здесь - не забывать про  $\text{F}^-$ .**

## ПРАКТИКА



Полные уравнения электролиза **растворов солей:**





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.

- А)  $\text{CuCl}_2$
- Б)  $\text{AgNO}_3$
- В)  $\text{K}_2\text{S}$
- Г)  $\text{NaBr}$

- 1) водород
- 2) кислород
- 3) металл
- 4) галоген
- 5) сера
- 6) азот

Ответ: 3311

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.

- А)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- Б)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- В)  $\text{ZnBr}_2$
- Г)  $\text{CuCl}_2$

- 1)  $\text{SO}_2$
- 2)  $\text{O}_2$
- 3)  $\text{NO}_2$
- 4)  $\text{Br}_2$
- 5)  $\text{Cl}_2$
- 6)  $\text{H}_2$

Ответ: 2245

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

- А)  $\text{HNO}_3$
- Б)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
- В)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

- 1)  $\text{H}_2$
- 2)  $\text{O}_2$
- 3)  $\text{Cu}$
- 4)  $\text{Na}$



Г) NaOH

5) Cu + H<sub>2</sub>

6) N<sub>2</sub>

Ответ: 1311

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

А) CaCl<sub>2</sub>

1) H<sub>2</sub>

Б) AgNO<sub>3</sub>

2) O<sub>2</sub>

В) Ba(OH)<sub>2</sub>

3) Cl<sub>2</sub>

Г) CuSO<sub>4</sub>

4) SO<sub>2</sub>

5) Cu

Ответ: 3222

6) NO<sub>2</sub>

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

А) KOH (раствор)

1) K, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Б) KOH (расплав)

2) K, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

В) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (раствор)

3) Cu, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>

Г) CuSO<sub>4</sub> (раствор)

4) Cu, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

5) H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>

Ответ: 5254

6) H<sub>2</sub>, S, O<sub>2</sub>

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

А) KCl (раствор)

1) Na, Cl<sub>2</sub>

2) K, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>



- Б) NaCl (расплав)  
В) KNO<sub>3</sub> (раствор)  
Г) Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (раствор)

- 3) H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, KOH  
4) Cu, O<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>  
5) H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>  
6) Cu, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>

Ответ: 3154

Установите соответствие между формулой вещества и уравнением полуреакции, протекающей **на катоде** при электролизе **водного раствора**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- А) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
Б) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
В) CuSO<sub>4</sub>  
Г) Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

- 1)  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$   
2)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cu}$   
3)  $\text{K}^+ + \text{e} = \text{K}$   
4)  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$   
5)  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
6)  $\text{Al}^{3+} + 3\text{e} = \text{Al}$

Ответ: 1525

Установите соответствие между формулой вещества и уравнением полуреакции, протекающей **на аноде** при электролизе **водного раствора**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- А) K<sub>2</sub>S  
Б) KNO<sub>3</sub>  
В) KOH  
Г) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- 1)  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$   
2)  $4\text{OH}^- - 4\text{e} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
3)  $2\text{SO}_4^{2-} - 4\text{e} = 2\text{SO}_3 + \text{O}_2$   
4)  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$   
5)  $2\text{NO}_3^- - 2\text{e} = 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$   
6)  $\text{S}^{2-} - 2\text{e} = \text{S}$

Ответ: 6424



# ГИДРОЛИЗ

Существует три основных типа среды:



И если абсолютно точно понятно, что кислую среду в растворе создают кислоты, а щелочную - щёлочи, то логично предположить, что растворы солей имеют нейтральную среду. Но это не так.

Итак, чтобы понять, почему это неправда, для начала нам нужно обратиться к такому понятию, как **ЭЛЕКТРОЛИТЫ**.

**Электролиты** - это вещества, которые в растворе или в расплаве проводят электрический ток.

**Хорошими электролитами в свою очередь являются:**

- 1) растворимые основания, **кроме гидроксида аммония  $\text{NH}_4\text{OH}$**  (см. таблицу растворимости)
- 2) растворимые соли (см. таблицу растворимости)
- 3) сильные кислоты (**ПРОЧТО ВЫУЧИ И ВСЁ!!!**)

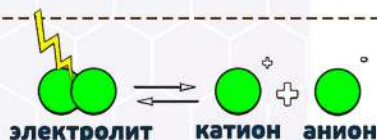
Соответственно, чем сильнее электролит, тем легче он диссоциирует, т.е. распадается на ионы.

**\*КРАТКАЯ ТЕОРИЯ ПО ТОМУ, КТО И КАК ДИССОЦИИРУЕТ**

**Запомнить просто, ступенчато диссоциируют:**

## ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ (ТЭД):

при растворении в воде (или при расплавлении) все электролиты распадаются на ионы/диссоциируют (т.е. подвергаются электролитической диссоциации)

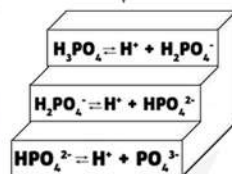




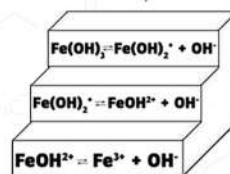
- МНОГОкислотные основания
- КИСЛЫЕ соли
- МНОГОосновные кислоты
- ОСНОВНЫЕ соли

**ВСЕ ОСТАЛЬНЫЕ- СРАЗУ!**

МНОГООСНОВНЫЕ  
КИСЛОТЫ



МНОГОКИСЛОТНЫЕ  
ОСНОВАНИЯ



А теперь обратимся конкретно к солям и к их гидролизу, что и рассматривается в задании №23.

**КАЖДАЯ СОЛЬ ОБРАЗОВАНА ОСНОВАНИЕМ И КИСЛОТОЙ**



катион<sup>+</sup>

анион<sup>-</sup>

**СИЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ  
(ЭЛЕКТРОЛИТЫ)**

растворимые основания  
(кроме  $\text{NH}_4\text{OH}$ )

см. таблицу растворимости

**СИЛЬНЫЕ КИСЛОТЫ  
(ЭЛЕКТРОЛИТЫ)**

просто выучи!  
**ЛАЙФХАК:** " $N_o - N_n > 1$ " -  
кислота **сильная**, также  
сильные **HCl, HBr, HI**

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  - соль образована слабым основанием и сильной кислотой

$\text{K}_2\text{CO}_3$  - соль образована сильным основанием и слабой кислотой

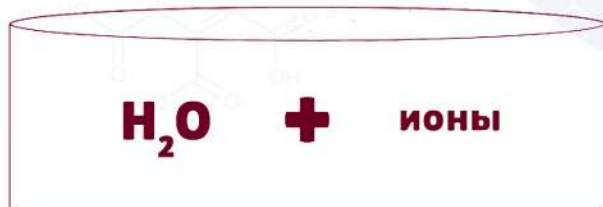
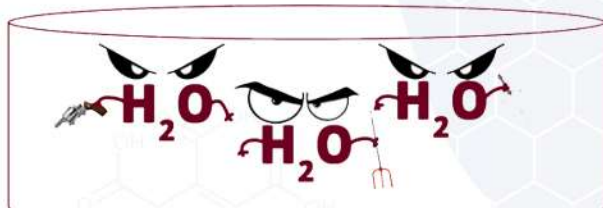
$\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$  - соль образована слабым основанием и слабой кислотой

**А ТЕПЕРЬ ВПЕРЁД, К ГИДРОЛИЗУ!**

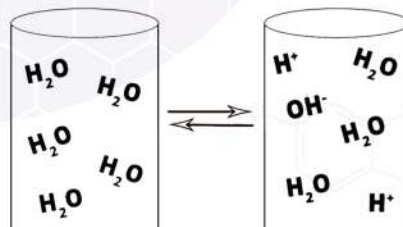
**HYDRO** - «вода»

**LYSIS** - «разрушение»

**ГИДРОЛИЗ = «РАЗРУШЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОДЫ»,  
взаимодействие ионов соли с водой**



причём взаимодействуют с водой  
(то бишь разрушатся ей) только  
«слабые» ионы!





Рассмотрим четыре возможных случая.

### 1) СИЛЬНОЕ ОСНОВАНИЕ + СЛАБАЯ КИСЛОТА

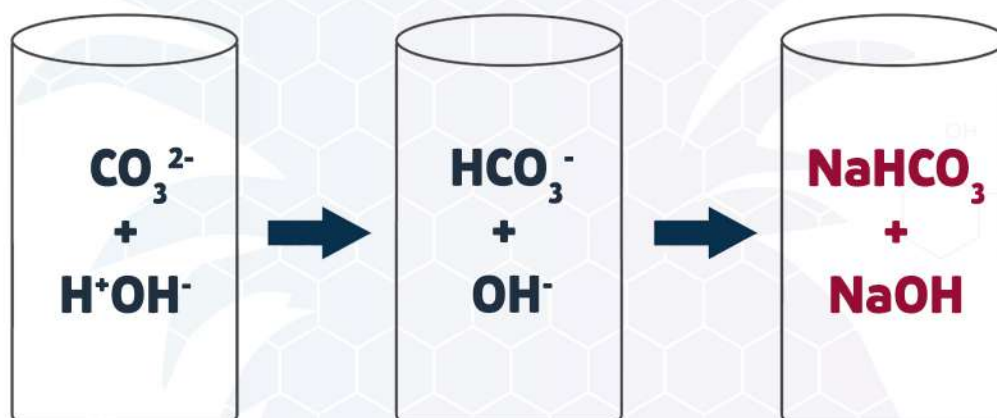
Бросаем карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в воду. Так как эта соль растворима в воде, значит, она является сильным электролитом, а значит, в водном растворе распадается на иончики:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

**!** Не забываем про наличие в водном растворе частиц  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ .

Далее плюс притягивается к минусу:  $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NaOH}$   
 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$

Уравнение гидролиза соли:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$

Итог: 1) гидролиз по аниону; 2) среда щелочная.



### 2) СЛАБОЕ ОСНОВАНИЕ + СИЛЬНАЯ КИСЛОТА

Бросаем сульфат алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  в воду. Так как эта соль растворима в воде, значит, она является сильным электролитом, а значит, в растворе распадается на иончики:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$

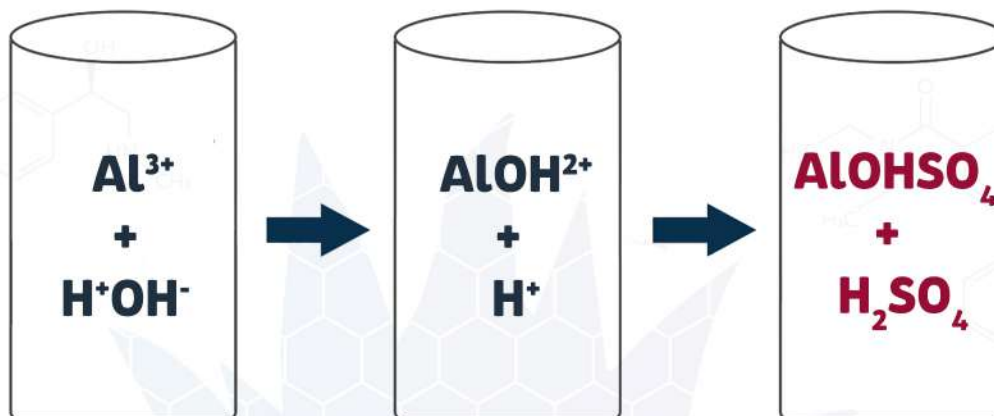
**!** Не забываем про наличие в водном растворе частиц  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ .

Далее плюс притягивается к минусу:  $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\text{Al}^{3+} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{AlOH}^{2+}$

Уравнение гидролиза соли:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{AlOHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$

Итог: 1) гидролиз по катиону; 2) среда кислая.





### 3) СИЛЬНОЕ ОСНОВАНИЕ + СИЛЬНАЯ КИСЛОТА

Бросаем хлорид натрия  $\text{NaCl}$  в воду. Так как эта соль растворима в воде, значит, она является сильным электролитом, а значит, в водном растворе подвергается диссоциации:  $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

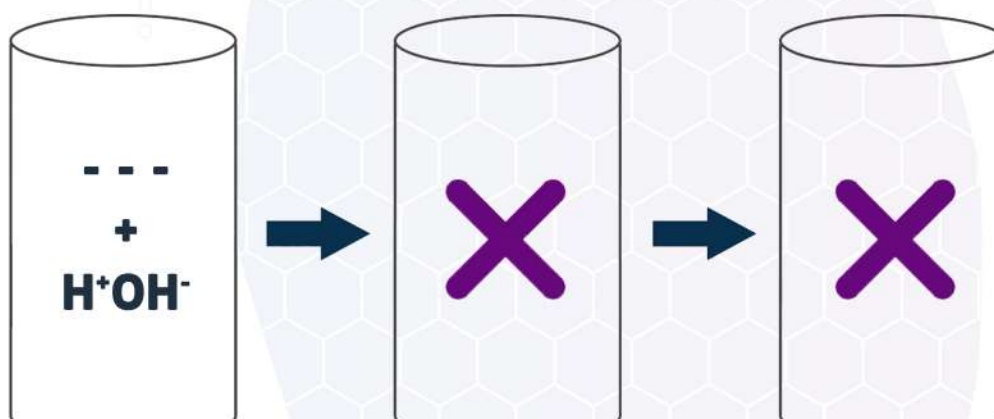
**! Не забываем про наличие в водном растворе частиц  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ .**

Далее плюс притягивается к минусу:  $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NaOH}$   
 $\text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCl}$

В итоге мы получили два вещества, которые **ОБА** являются **СИЛЬНЫМИ** электролитами, а значит, в растворе они оба диссоциируют.

Уравнение гидролиза соли: **СОЛЬ НЕ ПОДВЕРГАЕТСЯ ГИДРОЛИЗУ**

**Итог: 1) гидролизу не подвергается; 2) среда нейтральная.**



### 4) СЛАБОЕ ОСНОВАНИЕ + СЛАБАЯ КИСЛОТА

Бросаем сульфид алюминия  $\text{Al}_2\text{S}_3$  в воду. В принципе мы, конечно, не имеем права сказать, что эта соль растворима в воде, так как это не совсем так: она разлагается в водной среде (помечена "-" в таблице растворимости). Для большего понимания процесса распишем её на ионы:  $\text{Al}_2\text{S}_3 \rightleftharpoons 2\text{Al}^{3+} + 3\text{S}^{2-}$



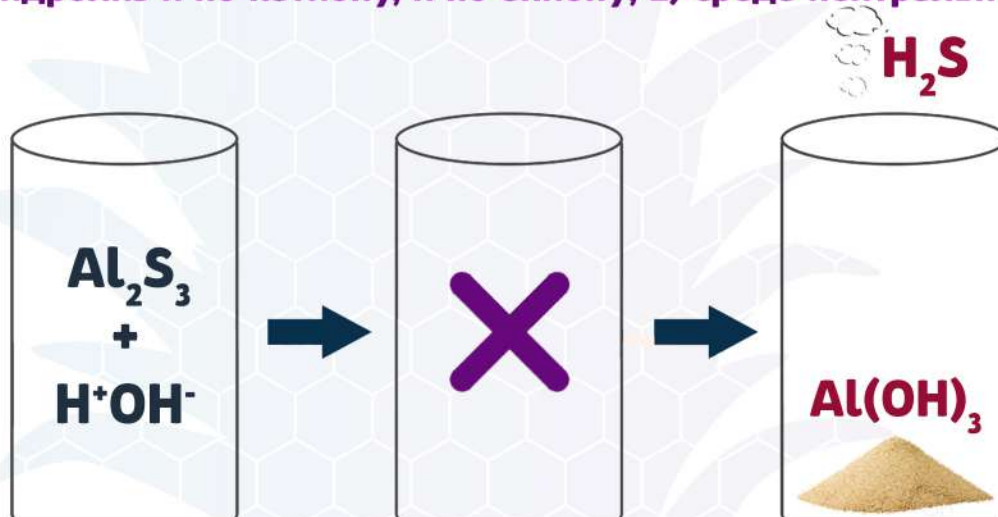
**! Не забываем про наличие в водном растворе частиц  $H^+$  и  $OH^-$ .**

Далее плюс притягивается к минусу:  $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3$   
 $S^{2-} + 2H^+ = H_2S$

В итоге на выходе мы получаем **ОСАДОК** и **ГАЗ**.

Уравнение гидролиза соли:  $Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2S$

Итог: 1) гидролиз и по катиону, и по аниону; 2) среда **нейтральная**.



Такие реакции называют **РЕАКЦИЯМИ НЕОБРАТИМОГО ГИДРОЛИЗА**.

**ДЕЛАЕМ ВЫВОД:**  
**ГИДРОЛИЗ ПО СЛАБОЙ ЧАСТИ**  
**СРЕДА ПО СИЛЬНОЙ**

**р.с.** это логично, что гидролизуется ("разрушается" то бишь) слабая часть, а среду даёт оставшаяся в растворе сильная.

**р.р.с.** и не забывайте о том, что **НЕРАСТВОРИМЫЕ** соли не гидролизуются, т.к. не диссоциируют; а также о том, что соли с катионом  $Ag^+$  по катиону не гидролизуются.

**КАКАЯ СРЕДА В РАСТВОРЕ МОЖНО ОПРЕДЕЛИТЬ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРА**

Среда / Индикатор	Лакмус	Метилоранж	Фенолфталеин
Кислая среда	Красный	Розовый	Бесцветный
Нейтральная среда	Фиолетовый	Оранжевый	Бесцветный
Щелочная среда	Синий	Желтый	Малиновый

**Вычисление водородного показателя pH:**  
 **$pH = -\lg [H^+]$**





Чем меньше значение pH,  
тем более кислая среда;  
чем больше - тем более  
щелочная; **pH = 7 -  
нейтральная среда.**

Please Notice This



Группа воды	Значение pH
Сильнокислая	до 3,0
Кислая	от 3,0 до 5,0
Слабокислая	от 5,0 до 6,5
Нейтральная	от 6,5 до 7,5
Слабощелочная	от 7,5 до 8,5
Щелочная	от 8,5 до 9,5
Сильнощелочная	более 9,5

### ПРАКТИКА!

Установите соответствие между названием соли и её **отношением к гидролизу**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- А) хлорид аммония
- Б) сульфат калия
- В) карбонат натрия
- Г) сульфид алюминия

Ответ: 1324

- 1) гидролиз по катиону
- 2) гидролиз по аниону
- 3) гидролизу не подвергается
- 4) гидролиз и по катиону, и по аниону

Установите соответствие между названием соли и **средой её водного раствора**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- А) сульфит натрия
- Б) нитрат бария
- В) сульфат цинка
- Г) хлорид аммония

Ответ: 3211

- 1) кислая
- 2) нейтральная
- 3) щелочная



Установите соответствие между солью и **окраской лакмуса в её растворе**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| А) нитрат аммония | 1) синяя      |
| Б) сульфат калия  | 2) красная    |
| В) ацетат кальция | 3) фиолетовая |
| Г) иодид бария    |               |

Ответ: 2313

Установите соответствие между формулой соли и **характером среды её разбавленного водного раствора**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- |                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| А) $\text{AlCl}_3$            | 1) нейтральная   |
| Б) $\text{Na}_2\text{S}$      | 2) сильноокислая |
| В) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | 3) слабоокислая  |
| Г) $\text{K}_2\text{CO}_3$    | 4) слабощелочная |

Ответ: 3414

Установите соответствие между формулой соли и **характером среды её разбавленного водного раствора**: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| А) $\text{NaI}$             | 1) нейтральная   |
| Б) $\text{ZnSO}_4$          | 2) сильноокислая |
| В) $\text{NH}_4\text{NO}_3$ | 3) слабоокислая  |
| Г) $\text{K}_3\text{PO}_4$  | 4) слабощелочная |

Ответ: 1334



Установите соответствие между формулой соли и характером среды её разбавленного водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.



1) нейтральная

2) сильноокислая

3) слабоокислая

4) слабощелочная

Ответ: 3144

Установите соответствие между формулой соли и характером среды её разбавленного водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.



1) нейтральная

2) сильноокислая

3) слабоокислая

4) слабощелочная

Ответ: 1443