

# Соли

## Определение

Соли — сложные вещества, образованные атомом металла и кислотным остатком.

## Классификация солей

1. **Средние соли**, состоят из атомов металла и кислотных остатков:  
 $NaCl$  — хлорид натрия.
2. **Кислые соли**, образованы атомами металла, водорода и кислотными остатками:  
 $NaHCO_3$  — гидрокарбонат натрия.
3. **Основные соли**, образованы атомами металла, гидроксильными группами и кислотными остатками:  
 $CaOHCl$  — гидроксохлорид кальция.
4. **Двойные соли** образованы атомами разных металлов и кислотным остатком:  
 $KAl(SO_4)_2$  — сульфат алюминия, калия.
5. **Смешанные соли**, состоят из атомов металла и разных кислотных остатков:  
 $AlSO_4Cl$  — сульфат, хлорид алюминия.
6. **Комплексные соли** (соединения с квадратными скобками):  
 $Na[Al(OH)_4]$  — тетрагидроксоалюминат натрия.

## Получение солей

Взаимодействие веществ генетического ряда металлов с веществами генетического ряда неметаллов обычно приводит к образованию солей.

### из металлов

металл + неметалл	$2Al + 3S \rightarrow Al_2S_3$
металл + кислота	$2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2 \uparrow$ $2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2$
металл + соль	$Al + FeCl_3 \rightarrow AlCl_3 + Fe$ $Al + Fe^{3+} \rightarrow 2Al^{3+} + Fe$

### из основных оксидов

основной оксид + кислота	$CaO + H_2SO_4 \rightarrow H_2O + CaSO_4$
основной оксид + кисл. оксид	$CaO + SO_3 \rightarrow CaSO_4$

### из кислотных оксидов

кислотный оксид + основной оксид	$3Na_2O + P_2O_5 \rightarrow 2Na_3PO_4$
кисл. оксид + щелочь	$P_2O_5 + 6NaOH \rightarrow 2Na_3PO_4 + 3H_2O$ $P_2O_5 + 6OH^- \rightarrow 2PO_4^{3-} + 3H_2O$
кисл. оксид + соль	$3Na_2CO_3 + P_2O_5 \rightarrow 2Na_3PO_4 + 3CO_2 \uparrow$ $3CO_3^{2-} + P_2O_5 \rightarrow 2PO_4^{3-} + 3CO_2$

**из щелочей**

щелочь + металл, оксид и гидроксид которого амфотерны	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} + 2\text{Al} \rightarrow \text{P-B } 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2\uparrow$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} + \text{Al} \rightarrow \text{P-P } \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3/2\text{H}_2\uparrow$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- + \text{Al} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3/2\text{H}_2$
щелочь + амфотерный оксид	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Na}(\text{OH}) \rightarrow \text{P-B } 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
щелочь + кисл. оксид	$\text{P}_2\text{O}_5 + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{P}_2\text{O}_5 + 6\text{OH}^- \rightarrow 2\text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O}$
щелочь + кислота	$\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
щелочь + амфотерное основание	$3\text{NaOH} + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6]$ $3\text{OH}^- + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow [\text{Fe}(\text{OH})_6]^{3-}$
щелочь + соль	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{BaCO}_3\downarrow$ $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaCO}_3$

**из амфотерных и нерастворимых оснований**

нерастворимое основание + кислота	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
амфотерное основание + кислота	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
амфотерное основание + щелочь	$3\text{NaOH} + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6]$ $3\text{OH}^- + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow [\text{Fe}(\text{OH})_6]^{3-}$

**из кислот**

соль + кислота	$\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HCl}$ $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$
----------------	--

**из солей**

соль + соль	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_3$
-------------	--

## Химические свойства солей

### Соли НЕ реагируют

- с основными оксидами
- с нерастворимыми основаниями

### Соли реагируют

#### с металлами

Металл, стоящий левее в ряду стандартных электродных потенциалов, вытеснит правее стоящий металл из водного раствора соли. В этой реакции нельзя использовать активные металлы, так как они будут реагировать с водой, а не с солью.

#### Примеры

$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}$	не реагируют в водном растворе, кальций реагирует с водой
$\text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$	не реагируют, цинк активнее меди
$\text{CuSO}_4 + \text{Fe} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$	железо активнее меди
$\text{NiSO}_4 + \text{Sn}$	не реагируют, олово менее активно, чем никель
$\text{ZnSO}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Zn}$	магний активнее цинка
$\text{HgCl}_2 + \text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2 + \text{Hg}$	медь активнее ртути

#### с кислотными оксидами

В кислотном остатке соли должны быть атомы кислорода. Менее летучий кислотный оксид вытесняет более летучий оксид из соединения.

#### Примеры

$3\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{CO}_2 \uparrow$	
$\text{NaCl} + \text{SiO}_2$	не реагируют — в кислотном остатке соли нет атомов кислорода
$\text{Na}_2\text{S} + \text{SiO}_2$	не реагируют по аналогичной причине
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2$	не реагируют из-за повышенной «летучести» оксида — газа

#### с кислотами

Реакция идет в сторону образования более слабого электролита.

#### Примеры

$3\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HNO}_3$	фосфат кальция выпадает в осадок
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HCl}$	не реагируют, так как продукты реакции не будут слабыми электролитами
$\text{BaSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$	реакция идет в сторону образования осадка и газа
$\text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_3$	не реагируют, так как наиболее слабым электролитом является сульфат бария — исходное вещество

## со щелочами

И в этих реакциях должны выполняться условия необратимости реакций обмена: исходные вещества растворимы в воде, в продукте реакции — осадок (или газ, если взаимодействие проходит с солью аммония).

### Примеры

$\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$ $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_3$	один из продуктов реакции выпадает в осадок
$2\text{NaOH} + \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ $2\text{OH}^- + \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$	один из продуктов реакции выпадает в осадок

## с солями

В таких превращениях также должны выполняться условия необратимости реакций обмена, легче всего их соблюсти, если исходные вещества будут растворимы в воде, а в продукте реакции появится осадок.

### Примеры

$\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$	один из продуктов реакции выпадает в осадок
$3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6\text{NaCl}$ $3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	один из продуктов реакции выпадает в осадок

## некоторые соли разлагаются

Некоторые соли разлагаются (карбонаты, сульфиты, силикаты не содержащие в своем составе металлов Ia подгруппы, кроме Li) обычно с образованием оксида металла и воды. Достаточно легко разлагаются и нитраты:

### Схема разложение нитратов (селитр) $\text{MeNO}_3$ при нагревании:

1. Me активный  $\rightarrow \text{MeNO}_2 + \text{O}_2$
2. Me за Cu  $\rightarrow \text{Me} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
3. все остальные  $\rightarrow \text{MeO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$

### Примеры

$2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{NO}_2 + 3/2\text{O}_2$	
--	--

## Графические формулы солей и кислот

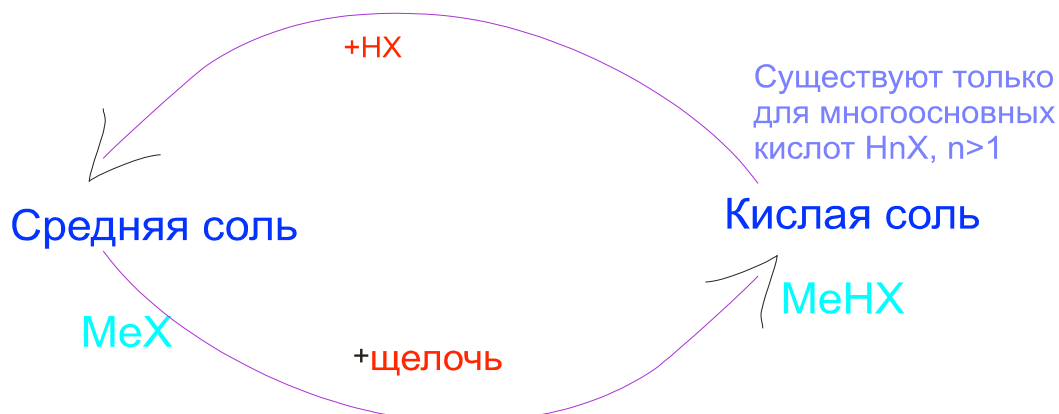
Построить графическую формулу соли легко по графической формуле соответствующей кислоты, в которой атомы водорода надо заместить на атомы металлов с учетом степеней окисления элементов.

$\text{H}_3\text{PO}_4$	
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	
$\text{H}_2\text{SO}_3$	
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	

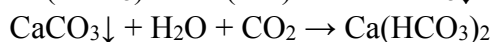
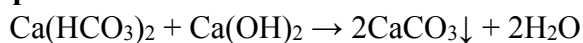
## Взаимопревращения средних и кислых солей

Чтобы среднюю соль сделать кислой, надо к ней добавить избыток соответствующей кислоты.

Чтобы кислую соль сделать средней, надо к ней добавить щелочи.

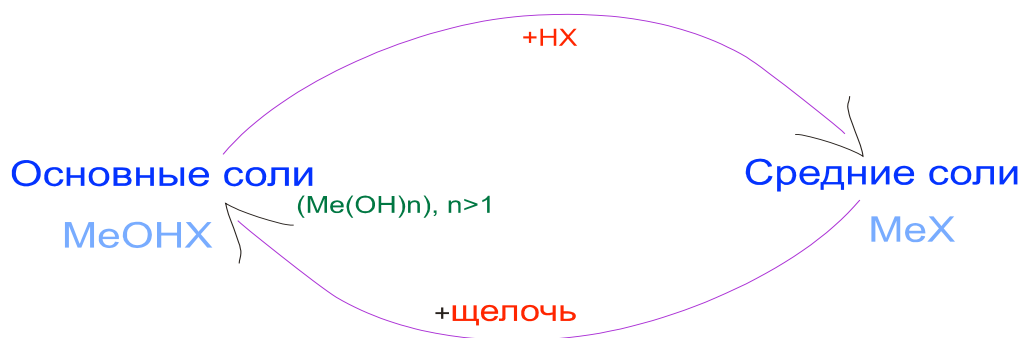


Примеры:

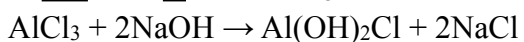
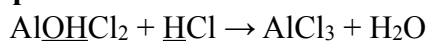


## Взаимопревращения средних и основных солей

Чтобы основную соль сделать средней, надо добавить к ней кислоты. Чтобы среднюю соль сделать основной, надо добавить к ней щелочи.



Примеры



## Гидролиз солей

**Определение:** Гидролиз — это реакция, проходящая между солью и водой в направлении, обратном реакции нейтрализации.

Реакция нейтрализации (взаимодействие кислоты со щелочью):

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$  — это краткое ионное уравнение реакции нейтрализации.

Основание + кислота  $\rightarrow$  соль + вода



Гидролиз проходит за счет взаимодействия иона, соответствующего слабому (кислоте или основанию) с водой.

### Условия гидролиза:

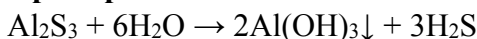
1. Соли не гидролизуются, если они **образованы сильным основанием и сильной кислотой**.

Сильные основания – это щелочи, сильные кислоты – HBr, HCl, HI и HxЭOy, где  $y-x \geq 2$ .

1. Среда водных растворов таких солей нейтральная (pH=7).

2. Соль гидролизуется полностью до основания и кислоты, если она **образована и слабым основанием, и слабой кислотой**.

#### Пример:



Реакция среды в этом случае будет обычно слабокислой, т.к. слабые кислоты диссоциируют на ионы, а нерастворимые основания практически нет.

3. Соли гидролизуются, если они **образованы чем-то одним слабым — либо слабым основанием, либо слабой кислотой**, но процесс в естественных условиях проходит только по первой стадии. Реакцию среды в этом случае будет определять то сильное (кислота или основание), что образовывало соль:

pH < 7 — среда кислая в водном растворе FeCl<sub>3</sub>

(соль образована сильной кислотой и слабым основанием);

pH > 7 — среда щелочная в водном растворе Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

(соль образована сильным основанием и слабой кислотой).

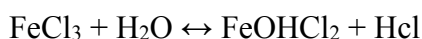
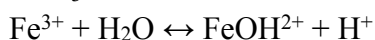
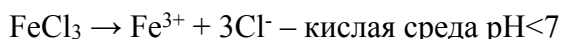
### Примеры:

#### Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

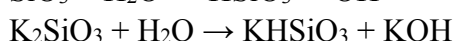
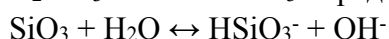
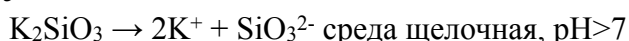


$Na_2CO_3 + H_2O \leftrightarrow NaHCO_3 + NaOH$  — полное молекулярное уравнение первой стадии гидролиза соли. При гидролизе карбоната натрия среда щелочная, pH > 7.

#### FeCl<sub>3</sub>



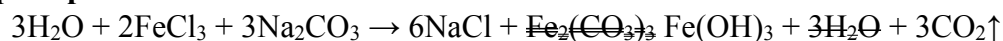
#### K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>



#### 4. Последнее правило гидролиза, на котором все всегда делают ошибки:

Если реагируют две соли: одна из них образована слабым основанием и сильной кислотой, а другая сильным основанием и слабой кислотой, то необходимо учесть, что в результате реакции соль, образованная слабым основанием и слабой кислотой, может не получиться из-за гидролиза.

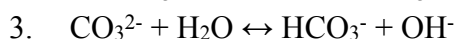
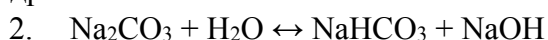
Пример:



### **Гидролиз солей (по Википедии)**

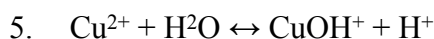
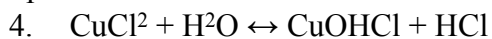
Различают несколько вариантов гидролиза солей:

#### 1. Гидролиз соли слабой кислоты и сильного основания



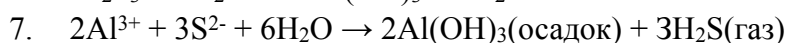
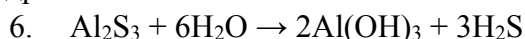
(раствор имеет щелочную реакцию, реакция протекает обратимо)

#### 2. Гидролиз соли сильной кислоты и слабого основания



(раствор имеет кислую реакцию, реакция протекает обратимо)

#### 3. Гидролиз соли слабой кислоты и слабого основания:



(Гидролиз в этом случае протекает практически полностью, так как оба продукта гидролиза уходят из сферы реакции в виде осадка или газа).

#### 4. Соль сильной кислоты и сильного основания не подвергается гидролизу, и раствор нейтрален.