



ГОУ ВПО «Донбасская Национальная академия строительства и архитектуры»,

кафедра «Прикладная химия»

Курс лекций по дисциплине «Химия»

для студентов 1 курса

Направление подготовки – 08.03.01 Строительство



## Лекция №5 «Гидролиз солей»



Составил:  
Ташкинов Ю.А.

Макеевка, 2019



# Классификация электролитов в воде

## Сильные

Соли	Основания	Кислоты
Практически все	Гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов: от LiOH к CsOH, Ba(OH) <sub>2</sub>	HCl, HBr, HI
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub> , HClO <sub>3</sub> , HClO <sub>4</sub>

## Слабые

Соли	Основания	Кислоты
Некоторых металлов: HgCl <sub>2</sub> , CdJ <sub>2</sub> , Fe(CNS) <sub>3</sub>	Водный раствор аммиака, нерастворимые, амфотерные: Mg(OH) <sub>2</sub> , Be(OH) <sub>2</sub> .	HF, H <sub>2</sub> S, HCN,
		H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , HNO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> COOH



## КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ НЕКОТОРЫХ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
<b>HNO<sub>2</sub></b>	<b>7,1 · 10<sup>-4</sup></b>		
<b>HF</b>	<b>6,8 · 10<sup>-4</sup></b>		
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	<b>1,8 · 10<sup>-5</sup></b>		
<b>HClO</b>	<b>3,0 · 10<sup>-8</sup></b>		
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub></b>	<b>1,3 · 10<sup>-2</sup></b>	<b>6,3 · 10<sup>-8</sup></b>	
<b>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>4,2 · 10<sup>-7</sup></b>	<b>4,7 · 10<sup>-11</sup></b>	
<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>8,9 · 10<sup>-8</sup></b>	<b>1,0 · 10<sup>-13</sup></b>	
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>7,1 · 10<sup>-3</sup></b>	<b>6,2 · 10<sup>-8</sup></b>	<b>4,4 · 10<sup>-13</sup></b>
<b>NH<sub>4</sub>OH</b>	<b>1,8 · 10<sup>-5</sup></b>		

MyShared



# РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ

ИОНЫ	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>		Р	Р	Р	-	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	Н
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р
F <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	М	Р	Р	М	Р	-	М	М	Н	М	М
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	М	Н	Р	Р	Р	Р
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	-	Н	Н	Р	-	Р	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	М	М	М	Н	М	Н	-	Н	-	-	-	М	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	-	-	Н	Н	-	-	-
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	-	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	-	-	-	Н	-	-	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р

**Р**

РАСТВОРИМЫЕ

**М**

МАЛОРАСТВОРИМЫЕ

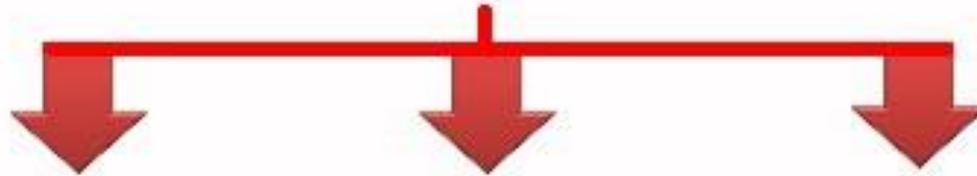
**Н**

НЕРАСТВОРИМЫЕ

**-**

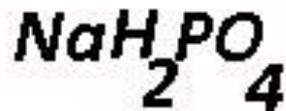
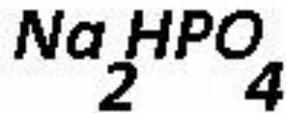
РАЗЛАГАЮТСЯ ВОДОЙ  
ИЛИ НЕ СУЩЕСТВУЮТ

# Соли



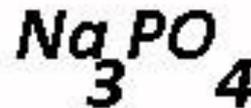
## Кислые

*от кислоты остался  
водород*



## Средние

*металл+  
кислотный  
остаток*



## Основные

*от основания осталась  
группа -ОН*





# Гидролиз солей.

- Гидролиз – это реакция обменного разложения веществ водой.
- Обратимый процесс



# Гидролиз солей



среда кислая  $\text{pH} < 7$



среда щелочная  $\text{pH} > 7$



## Как запомнить химию

### Гидролиз

$$pH > 7$$

если соль образована сильным основанием и слабой кислотой

$$pH < 7$$

если соль образована слабым основанием и сильной кислотой

если соль образована слабым основанием и слабой кислотой -

гидролиз идёт до конца, соль разлагается водой

если соль образована сильным основанием и сильной кислотой,

гидролиз не идёт

Канат перетягивает сильнейший

. Если оба слабые - то просто бросают канат  
у сильных противников перетягивание длится долго

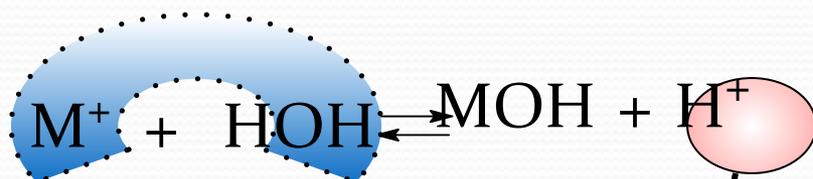
5



Прикладная химия

# Схема гидролиза соли

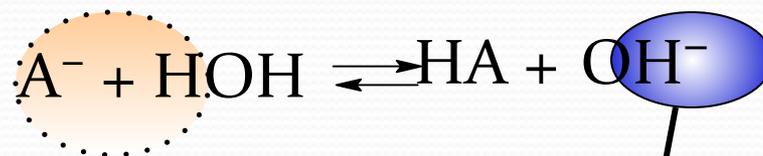
по катиону:



среда кислая

pH < 7

по аниону:



среда щелочная

pH > 7



## Гидролиз соли слабого основания и сильной кислоты

Проходит по катиону, при этом может образоваться слабое основание или основная соль. pH раствора уменьшится.







## Гидролиз соли слабой кислоты и сильного основания

Проходит по аниону, при этом может образоваться слабая кислота или кислая соль. рН раствора увеличится.



среда щелочная  $\text{pH} > 7$





# Соли, образованные слабой кислотой и слабым основанием.

## Гидролиз по катиону и по аниону.

1. Химическое равновесие смещено вправо.
2. Реакция среды или нейтральная, или слабокислая, или слабощелочная, что зависит от констант диссоциации кислоты и основания.
3. Гидролиз может быть необратимым, если хотя бы один из продуктов реакции гидролиза уходит из сферы реакции.

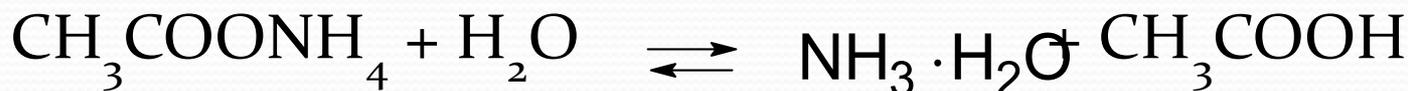
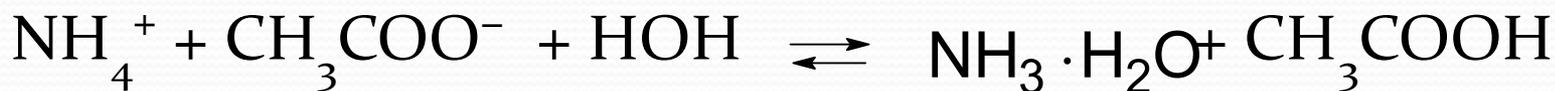


# Гидролиз соли $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

Соль образована слабым основанием и слабой одноосновной кислотой



Уравнения гидролиза:



$$K^{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$K^{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$K_{\text{основания}} = K_{\text{кислоты}}$$

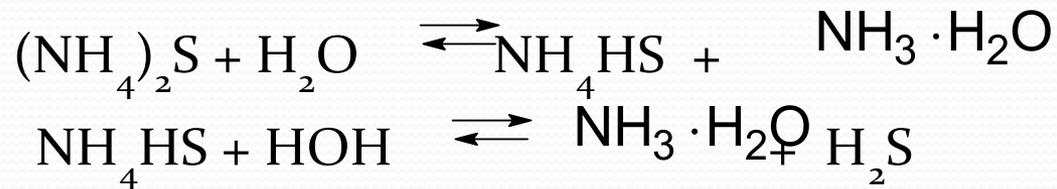
среда нейтральная



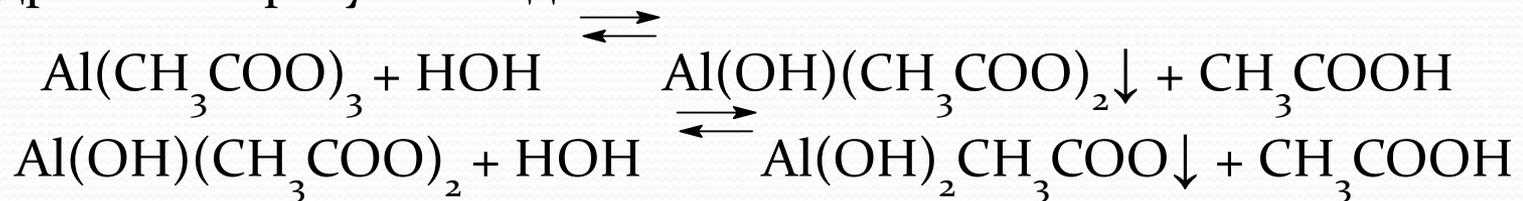


# Гидролиз солей слабых кислот и слабых оснований

- Соли слабого основания и слабой многоосновной кислоты в растворе полностью гидролизуются



- Соли слабых одноосновных кислот и слабых оснований при гидролизе образуют осадки основных солей:



- Гидролиз некоторых солей, образованных летучими или малорастворимыми слабыми кислотами и слабыми основаниями протекает необратимо:



Такие соли в водных растворах не существуют



Гидролизу **НЕ** подвергаются:

- Катион сильного основания  
**Na<sup>+</sup>; Ca<sup>2+</sup>; K<sup>+</sup>** и др.
- Анион сильной кислоты  
**Cl<sup>-</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**; и др.





- **Гидролиз можно усилить:**

1. Добавить воды.
2. Нагреть раствор (увеличится диссоциация воды).
3. Связать один из продуктов гидролиза в труднорастворимое соединение или удалить один из продуктов в газовую фазу.

- **Гидролиз можно подавить.**

1. Увеличить концентрацию растворённого вещества.
2. Охладить раствор.
3. Ввести в раствор один из продуктов гидролиза: подкислять (если  $\text{pH} < 7$ ) или подщелачивать (если  $\text{pH} > 7$ ).





Установите соответствие между формулой соли и её отношением к гидролизу:

**ФОРМУЛА  
СОЛИ**

**ОТНОШЕНИЕ К  
ГИДРОЛИЗУ**



1) гидролизуется по катиону

2) гидролизуется по аниону

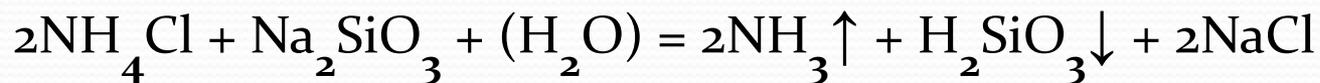
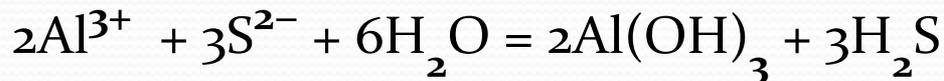
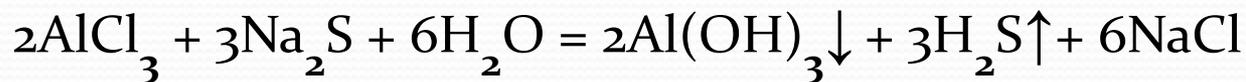
3) гидролизуется по катиону и аниону

4) не гидролизуется

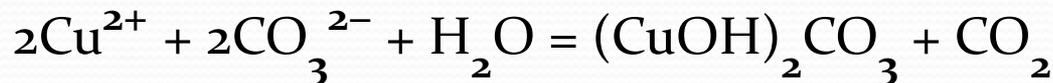


# Необратимый совместный гидролиз

- - с участием катионов  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  и анионов  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  проходит с образованием слабого основания и кислоты



- - солей слабых оснований типа  $\text{M}(\text{OH})_2$  и солей угольной кислоты проходит с образованием основных солей и угольной кислоты

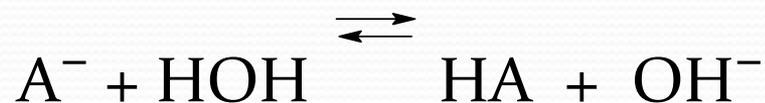




# Константа гидролиза



Гидролиз по аниону:



Константа гидролиза:

$$K_r = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]}$$

$$K_r = \frac{[HA][OH^-][H^+]}{[A^-][H^+]} = \frac{[HA]}{[A^-][H^+]} [H^+][OH^-]$$

Diagram illustrating the derivation of the hydrolysis constant  $K_r$  from the acid dissociation constant  $K_{\text{кислоты}}$  and the water ionization constant  $K_w$ .

- The term  $[H^+][OH^-]$  is circled in blue and labeled  $K_w$ .
- The term  $\frac{[HA]}{[A^-][H^+]}$  is circled in orange and labeled  $\frac{1}{K_{\text{кислоты}}}$ .

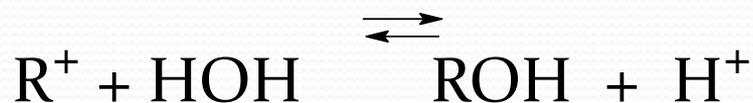
$$K_r = \frac{K_w}{K_{\text{кислоты}}}$$

Чем слабее кислота, образующая соль, тем



# Константа гидролиза

Гидролиз по катиону:



Константа гидролиза:

$$K_r = \frac{[ROH][H^+]}{[R^+]}$$

$$K_r = \frac{[ROH][H^+][OH^-]}{[R^+][OH^-]} = \frac{[ROH]}{[R^+][OH^-]} [H^+][OH^-]$$

$$K_r = \frac{K_w}{K_{\text{основания}}}$$

Чем слабее основание, образующее соль, тем



# Степень гидролиза соли -

отношение количества вещества (соли), подвергнувшегося гидролизу, к общему количеству растворенного вещества

$$h = \frac{C_{\text{гидр}}}{C}$$

Размерность – доли ед., %

При комнатной температуре степень гидролиза соли обычно невелика:

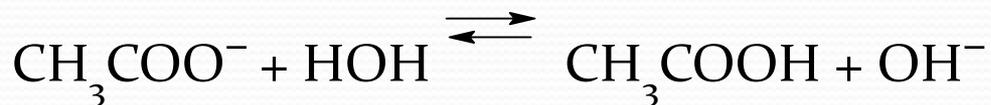
Формула соли	Концентрация раствора, моль/л	h, % при 298 К (25 <sup>0</sup> С)
NH <sub>4</sub> Cl	0,01	0,01
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,1	2,7
CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	0,1	0,5





# Расчет степени гидролиза $\text{CH}_3\text{COONa}$ в 0,1М растворе и pH раствора

- Ионное уравнение гидролиза



- Степень гидролиза

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot C}} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1}} = 7,5 \cdot 10^{-5}$$

- Концентрация ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$   
 $[\text{OH}^-] = h \cdot C = 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 = 7,5 \cdot 10^{-6}$  моль/л

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{7,5 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = -\lg(1,3 \cdot 10^{-9}) = 8,9$$





# Взаимосвязь степени и константы гидролиза

Соль гидролизуется по аниону:  $A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + OH^-$

$C$  – исходная концентрация аниона в растворе соли, моль/л

$hC$  – концентрация анионов, подвергшихся гидролизу, моль/л



$[A^-] = C - hC = C(1-h)$  – равновесная концентрация анионов соли

$[HA] = [OH^-] = hC$  – равновесные концентрации продуктов гидролиза

$$K_r = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{hC \cdot hC}{C - hC} = \frac{h^2C}{1-h} \rightarrow K_r = \frac{h^2C}{1-h}$$

Если  $h \ll 1$   $K \approx h^2C$

$$h \approx \sqrt{\frac{K_r}{C}}$$





# Зависимость степени гидролиза от различных факторов

## Влияние природы соли

слабее основание или кислота, образующие соль

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K \cdot C}}$$

меньше значение  $K$  - константы диссоциации

↓  
↓  
больше  $h$

## Влияние концентрации раствора

увеличение концентрации ( $C \uparrow$ )  $\Rightarrow$   $h \downarrow$

уменьшение концентрации ( $C \downarrow$ )  $\Rightarrow$   $h \uparrow$

## Влияние температуры

↑  
Гидролиз – процесс эндотермический

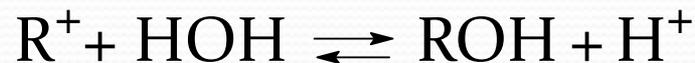
нагревание  $\Rightarrow$   $h$

охлаждение  $\Rightarrow$   $h \downarrow$



# Смещение равновесия гидролиза

Гидролиз по катиону:



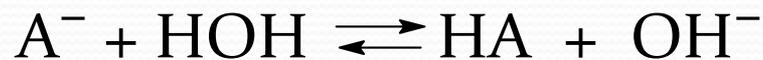
← при добавлении кислоты

$h$  уменьшается

→ при добавлении щелочи

$h$  увеличивается

Гидролиз по аниону:



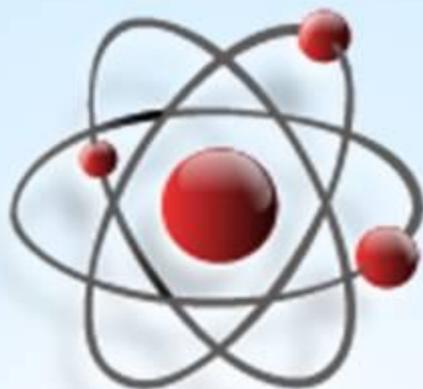
→ при добавлении кислоты

$h$  увеличивается

← при добавлении щелочи

$h$  уменьшается





Спасибо за  
внимание

