



Гидролиз

Что такое гидролиз?

■ Гидролиз

(от греческого **hydro** – вода;

lysis – разложение)

Определение гидролиза

- **Гидролиз соли** – это химическая реакция обмена соли с водой, в результате которой **ионы слабого электролита**, входящие в состав соли, **соединяются с** составными частями воды: **H^+ и OH^-** .

Причина гидролиза

Образование малодиссоциируемого или малорастворимого соединения

Виды гидролиза

```
graph LR; A[Виды гидролиза] --- B[По аниону]; A --- C[По катиону]; A --- D[По катиону и аниону (смешанный)];
```

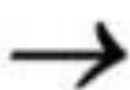
По аниону

По катиону

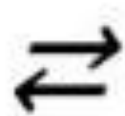
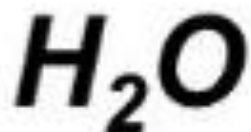
**По катиону и аниону
(смешанный)**

Гидролиз по аниону

(подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой)



Гидролиз

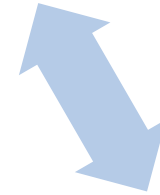
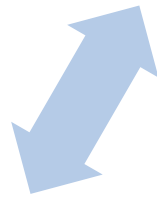


по аниону

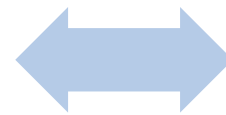
1) NaCN

2) K_3PO_4

**Гидролиз по
аниону**



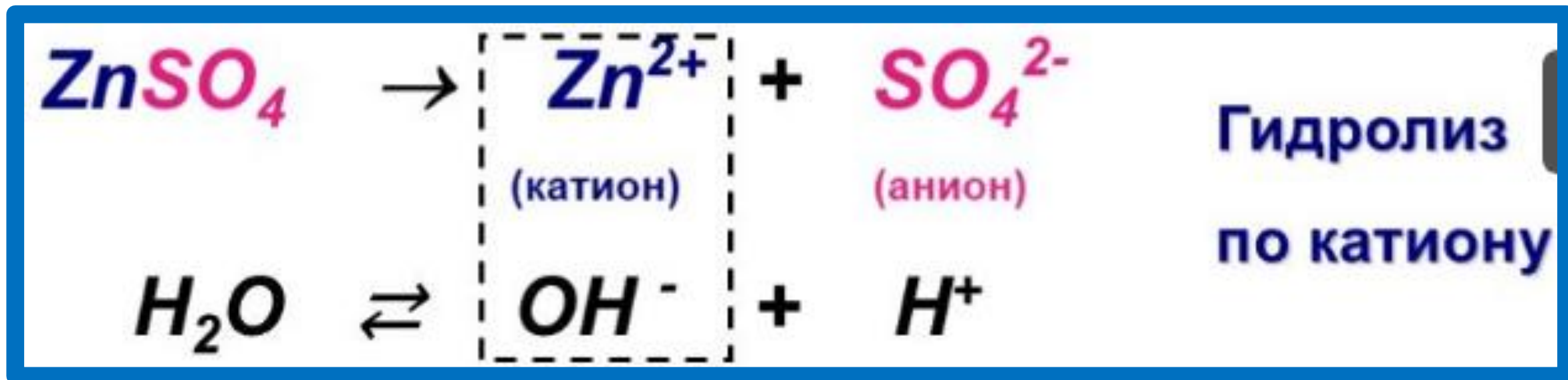
**Реакция
среды
щелочная**



$\text{pH} > 7$

Гидролиз по катиону

(подвергаются соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой)

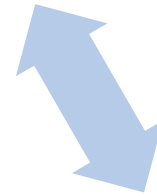
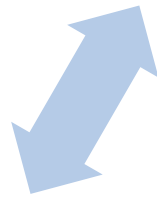


1) NH_4Cl

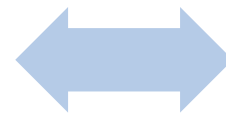
2) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$

3) CuSO_4

Гидролиз по катиону



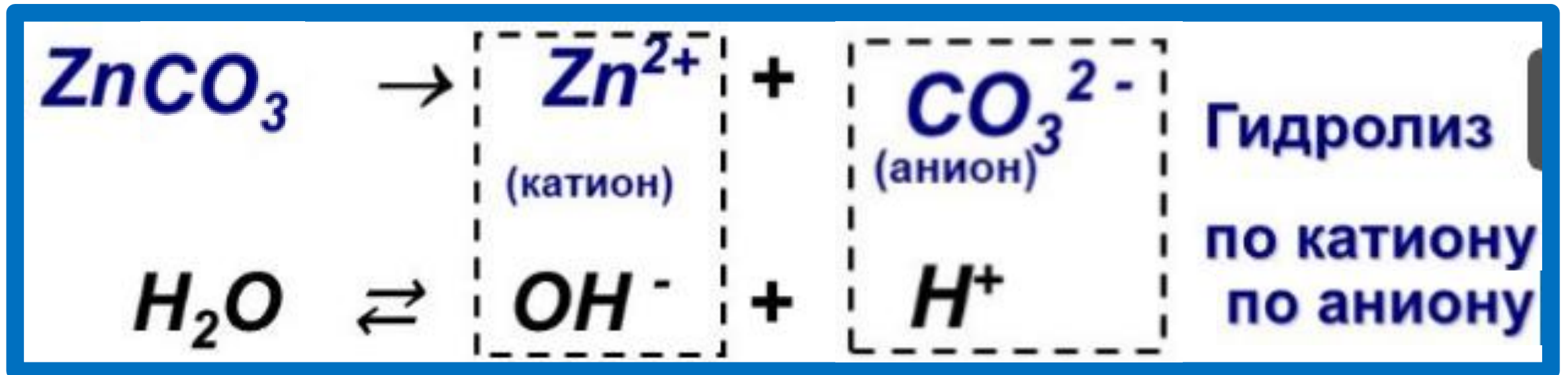
Реакция среды кислая



pH < 7

Гидролиз по катиону и аниону

(подвергаются соли, образованные слабым основанием и слабой кислотой)

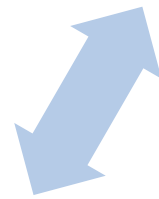


1) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

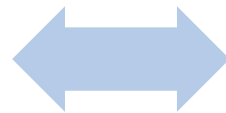


3) Al_2S_3

Гидролиз по катиону и аниону



Реакция
среды
нейтральная



$\text{pH} \approx 7$

Не подвергаются гидролизу

(соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой)



Гидролиз

не протекает

Сильные

Кислоты	Основания
H_2SO_4 HCl $HClO_4$ $HMnO_4$	$LiOH$ $Ca(OH)_2$
HNO_3 HBr $HClO_3$	$NaOH$ $Sr(OH)_2$
HI	KOH $Ba(OH)_2$
	$RbOH$
	$CsOH$

Слабые

H_2SO_3 HF H_2CO_3 $HClO$	Все нерастворимые гидроксиды: $Si(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$, $Be(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, NH_4OH
HNO_2 H_2S H_2SiO_3 $HClO_2$	
H_3PO_4	
$HCOOH$ CH_3COOH C_2H_5COOH	

Типы гидролиза

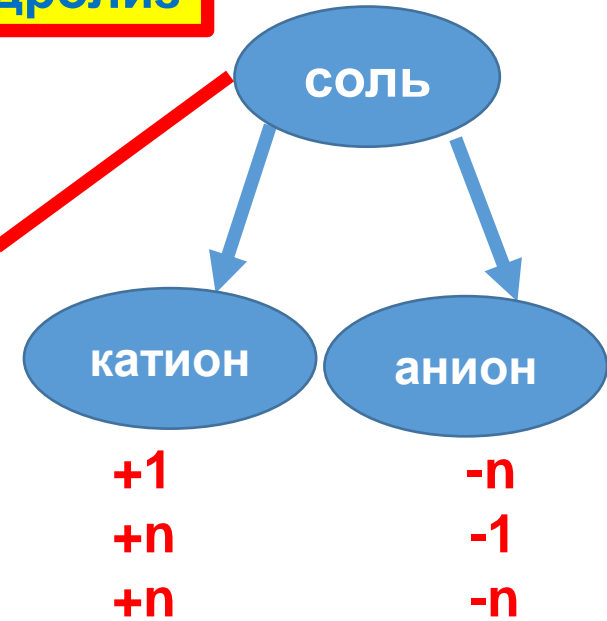
1) Одностадийный гидролиз

По катиону
По аниону
По катиону и аниону



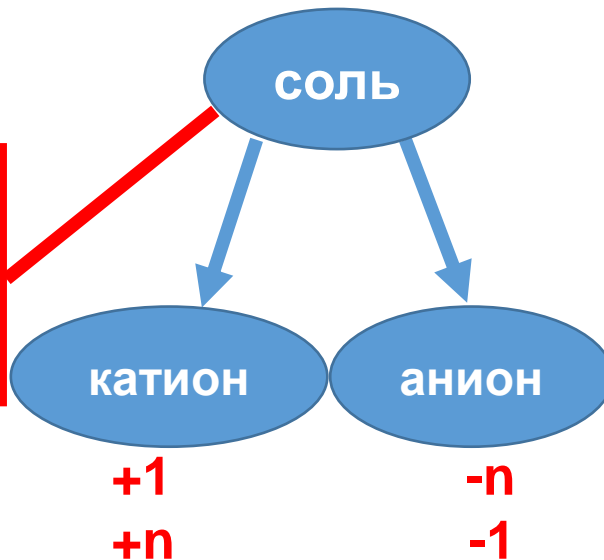
2) Многостадийный гидролиз

По катиону
По аниону



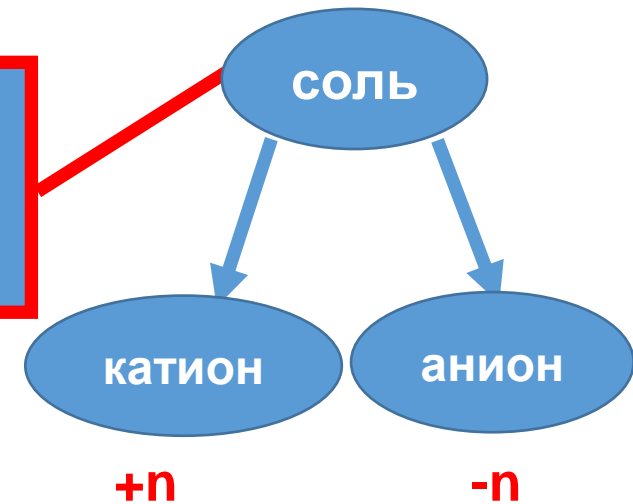
3) Гидролиз, заканчивающийся на I стадии

По катиону и аниону



4) Полный гидролиз

По катиону и аниону



Гидролиз солей

MAp

MOH	сильное	нейтральная среда $pH \sim 7$
HAп	сильная	

гидролиз не протекает

MOH	сильное	щелочная среда $pH > 7$
HAп	слабая	

$Aп^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HAп$

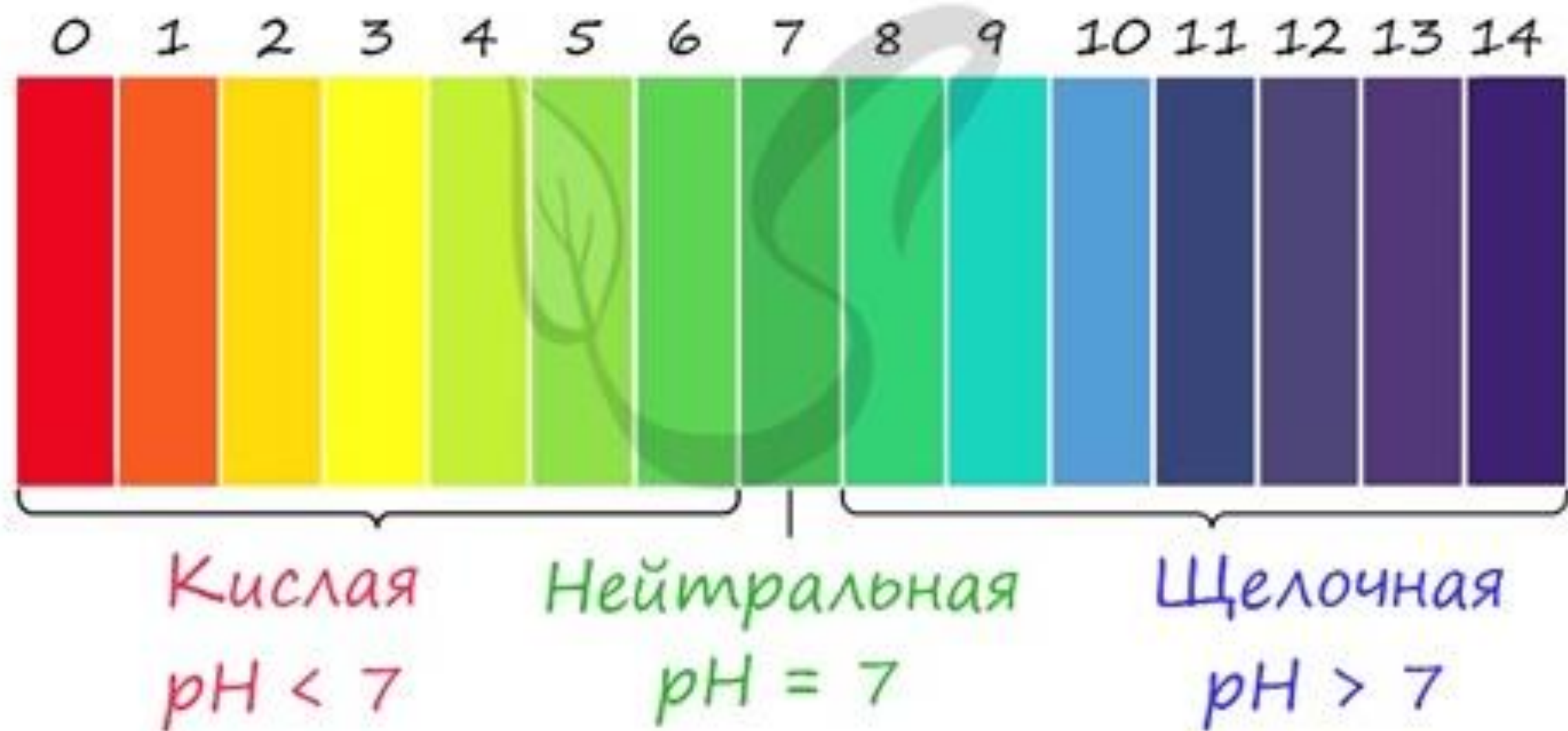
MOH	слабое	кислая среда $pH < 7$
HAп	сильная	

$M^+ + H_2O \rightleftharpoons H^+ + MOH$

MOH	слабое	нейтральная среда ? $pH \sim ?$
HAп	слабая	

$M^+ + Aп^- + H_2O \rightleftharpoons MOH + HAп$

Водородный показатель pH



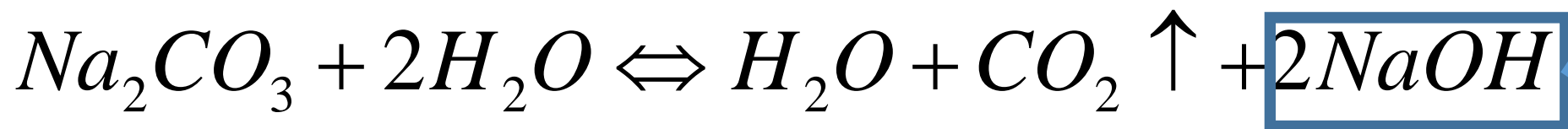
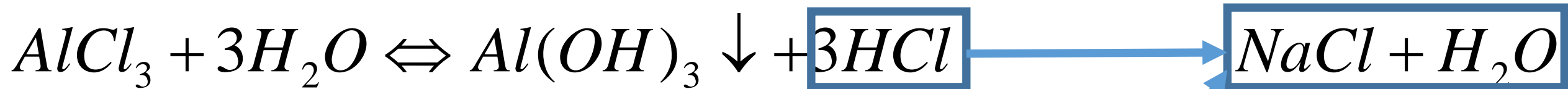
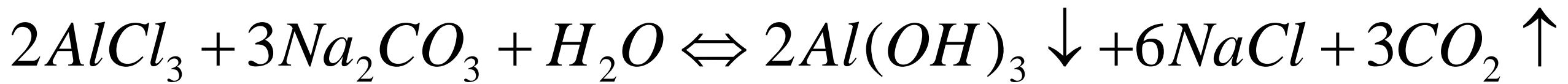
Индикатор	Окраска индикатора в среде		
	Кислой	Нейтральной	Щелочной
Фенолфталеин	Бесцветный	Бесцветный	Малиновый
Метиловый оранжевый	Красный	Оранжевый	Желтый
Лакмус	Красный	Фиолетовый	Синий

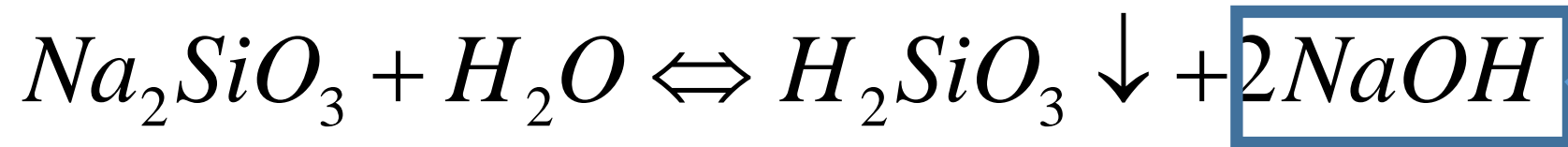
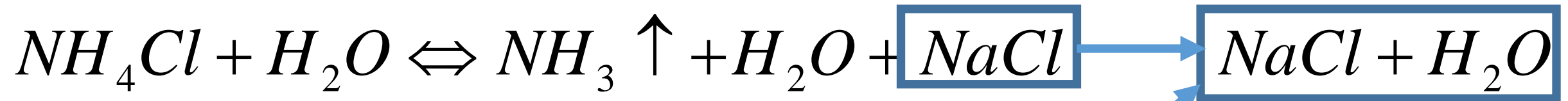
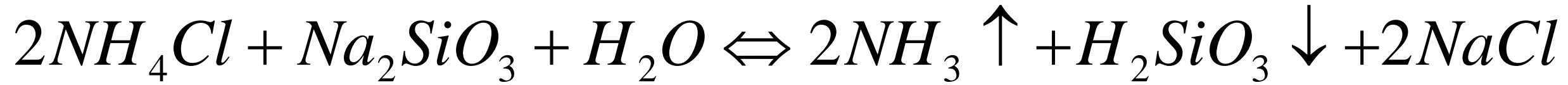
Характеристика видов гидролиза солей

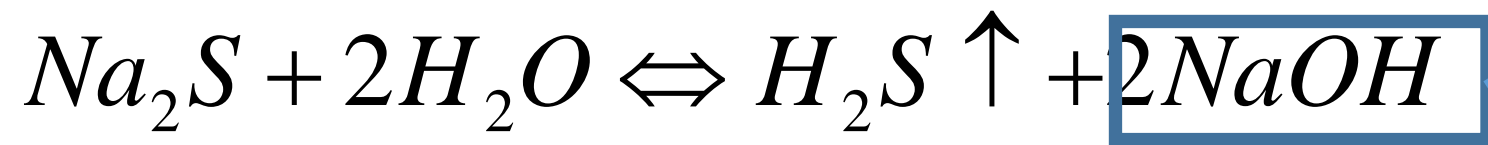
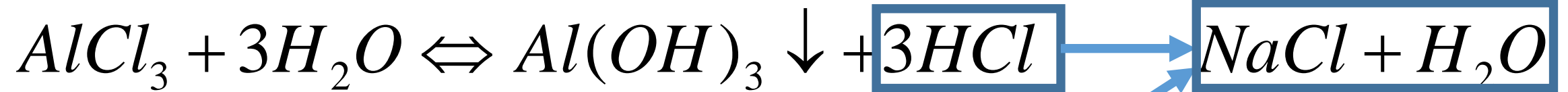
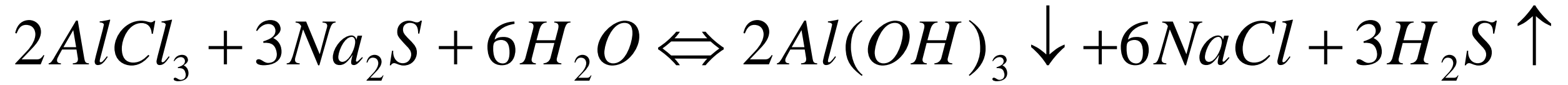
Вид гидролиза	Состав соли	Реакция среды	Цвет индикатора
1 Гидролиз по катиону	слабое основание + сильная кислота	кислая	Метиловый оранжевый
2 Гидролиз по аниону	сильное основание + слабая кислота	щелочная	Фенолфталеин
3 Гидролиз по катиону и аниону	слабое основание + слабая кислота	нейтральная	Лакмус
4 Гидролизу не подвергаются	сильное основание + сильная кислота	нейтральная	Лакмус Бингоскул



Взаимный гидролиз







Количественная характеристика процесса гидролиза

Степень гидролиза (h) - это отношение числа гидролизующихся молекул ($N_{\text{гид.}}$) к общему числу молекул растворенного вещества ($N_{\text{общ.}}$).

Степень гидролиза выражают в долях единицы или в процентах.

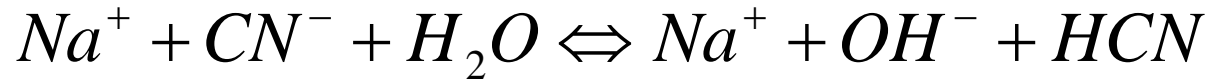
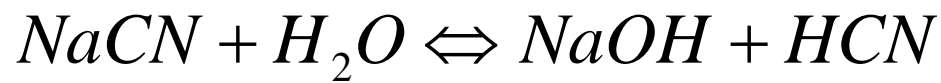
$$h = \frac{N_{\text{гид.}}}{N_{\text{общ.}}}$$

$$C_{\text{иона}} = C_M (v - va) \cdot h_{(v \text{ долях единицы})} \cdot N$$

где N — число ионов данного вида

Константа гидролиза

**1. Соль сильного основания
и слабой кислоты
(гидролиз по аниону)**



$$K_p = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HCN}]}{[\text{CN}^-] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow K_p \cdot [\text{H}_2\text{O}] = K_\Gamma = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HCN}]}{[\text{CN}^-]}$$

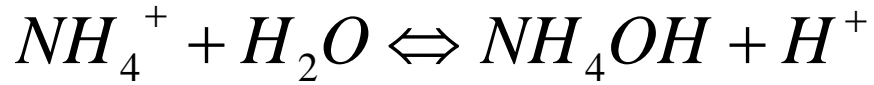
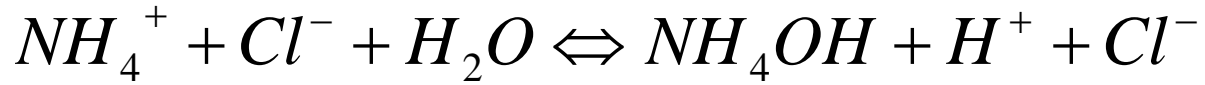
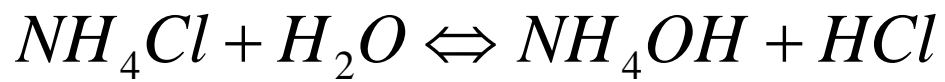
$$\text{т.к. } [\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{H}^+]}, \quad \text{то } K_\Gamma = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot [\text{HCN}]}{[\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-]}$$



$$K_\delta = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} \Rightarrow \frac{1}{K_\delta} = \frac{[\text{HCN}]}{[\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-]}, \quad \text{тогда } K_\Gamma = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_\delta(\text{HCN})}$$

$$K_\Gamma = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_\delta(\text{кислоты})}$$

2. Соль слабого основания и сильной кислоты (гидролиз по катиону)



$$K_p = \frac{[H^+] \cdot [NH_4OH]}{[NH_4^+] \cdot [H_2O]} \Rightarrow K_p \cdot [H_2O] = K_\Gamma = \frac{[H^+] \cdot [NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

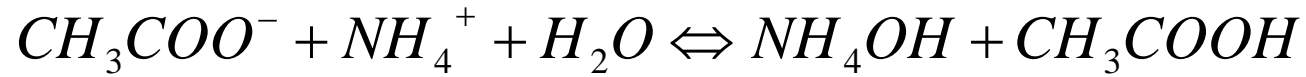
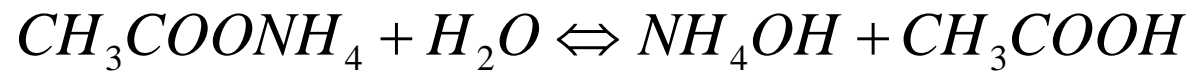
$$\text{т.к. } [H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]}, \quad \text{то } K_\Gamma = \frac{K_{H_2O} \cdot [NH_4OH]}{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}$$



$$K_\delta = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4OH]} \Rightarrow \frac{1}{K_\delta} = \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}, \quad \text{тогда } K_\Gamma = \frac{K_{H_2O}}{K_\delta(NH_4OH)}$$

$$K_\Gamma = \frac{K_{H_2O}}{K_\delta(\text{основания})}$$

3. Соль слабого основания и
слабой кислоты
(гидролиз по катиону и
аниону)



$$K_p = \frac{[CH_3COOH] \cdot [NH_4OH]}{[CH_3COO^-] \cdot [NH_4^+] \cdot [H_2O]} \Rightarrow K_p \cdot [H_2O] = K_\Gamma = \frac{[CH_3COOH] \cdot [NH_4OH]}{[CH_3COO^-] \cdot [NH_4^+]}$$

умножим на $K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-]$, $K_\Gamma = \frac{[CH_3COOH] \cdot [NH_4OH] \cdot [H^+] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-] \cdot [NH_4^+] \cdot [H^+] \cdot [OH^-]}$

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-, \quad K_\delta = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4OH]} \Rightarrow \frac{1}{K_\delta} = \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+] \cdot [OH^-]},$$

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+, \quad K_\delta = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow \frac{1}{K_\delta} = \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]},$$

тогда $K_\Gamma = \frac{K_{H_2O}}{K_\delta(CH_3COOH) \cdot K_\delta(NH_4OH)}$

$$K_\Gamma = \frac{K_{H_2O}}{K_\delta(\text{основания}) \cdot K_\delta(\text{кислота})}$$

Связь между константой и степенью гидролиза

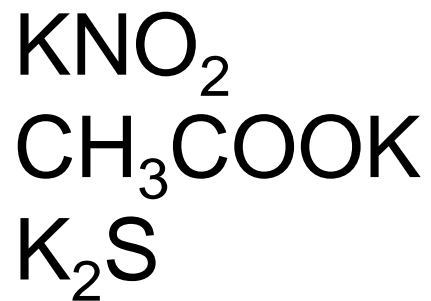
$$K_{\Gamma} = \frac{C_M \cdot h^2}{(1-h)}, \text{ если } h \ll 1,$$

то $K_{\Gamma} = C_M \cdot h^2 \Rightarrow h = \sqrt{\frac{K_{\Gamma}}{C_M}}$

Факторы, влияющие на степень гидролиза

1. Природа соли

Чем слабее основание и кислота, образующие соль, тем она сильнее гидролизуется.

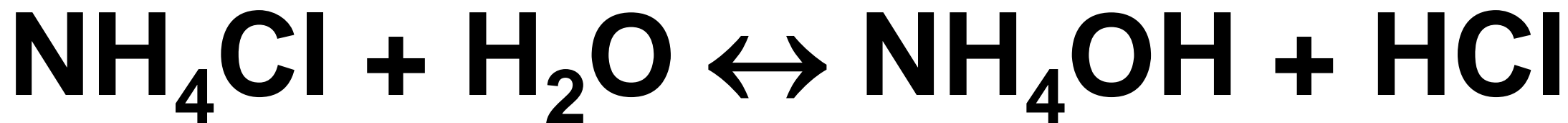


КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ
НЕКОТОРЫХ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

	K_1	K_2	K_3
HNO_2	$7,1 \cdot 10^{-4}$		
HF	$6,8 \cdot 10^{-4}$		
CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
HClO	$3,0 \cdot 10^{-8}$		
H_2SO_3	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	
H_2CO_3	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	
H_2S	$8,9 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	
H_3PO_4	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$4,4 \cdot 10^{-13}$
NH_4OH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		

2. Концентрация соли

При разбавлении степень гидролиза растёт, так как растёт число молекул воды, являющихся исходным веществом в реакции гидролиза, поэтому, по принципу Ле Шателье, равновесие смещается вправо.



При разбавлении водой - $\uparrow C(\text{H}_2\text{O})$



3. Температура

Гидролиз является эндотермическим процессом, поэтому при повышении температуры степень гидролиза увеличивается, так как равновесие смещается вправо.

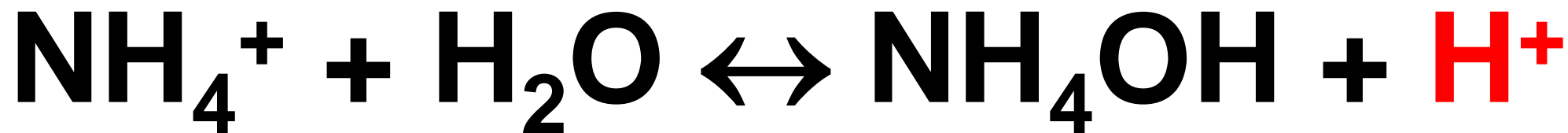
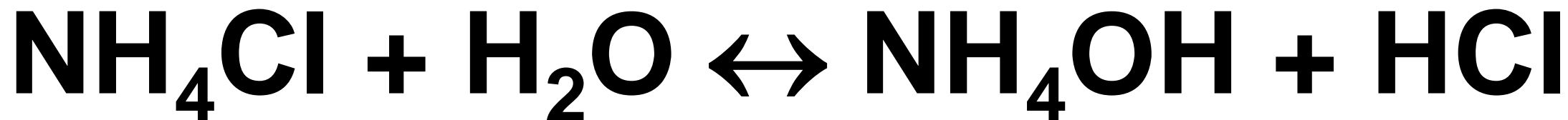


При повышении температуры → равновесие смещается в сторону эндотермической реакции



4. Добавление одноименных ионов

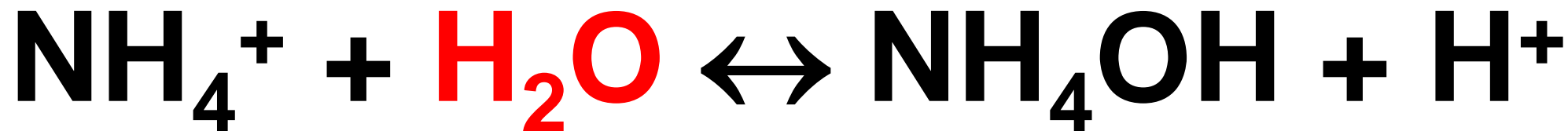
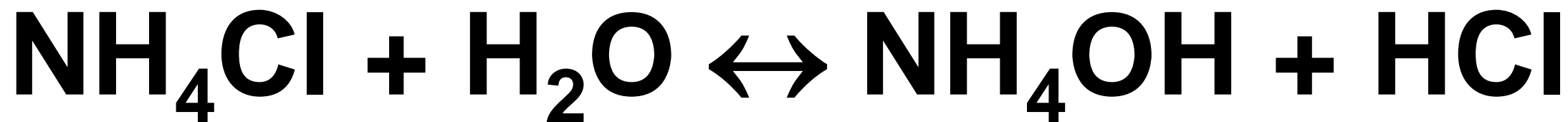
- Если в раствор соли, имеющий кислую реакцию, добавить кислоту (т.е. ионы H^+), то равновесие сместится влево.
- **Гидролиз ослабится.**



При добавлении кислоты - $\uparrow \text{C}(\text{H}^+)$



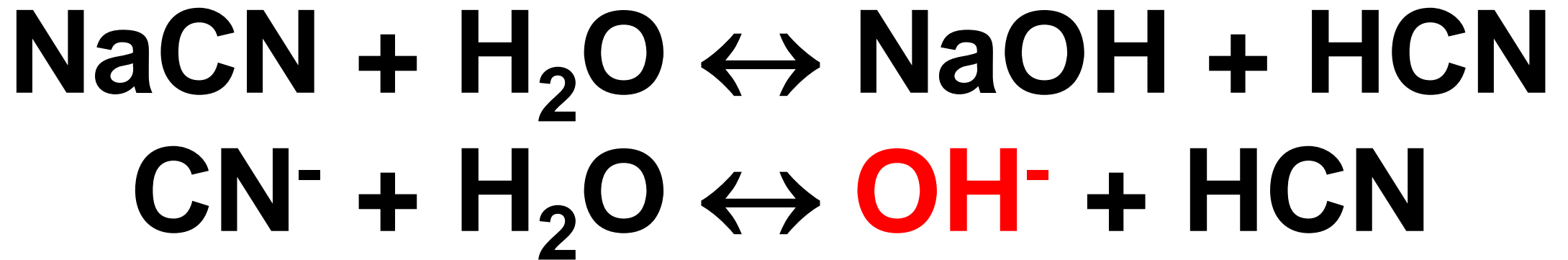
- Если в *раствор соли, имеющий кислую реакцию*, добавить *щелочь* (т.е. ионы OH^-), катионы будут связываться в молекулы H_2O , и равновесие сместится вправо.
- *Гидролиз усилится.*



При добавлении щелочи - $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} \implies \uparrow \text{C}(\text{H}_2\text{O})$



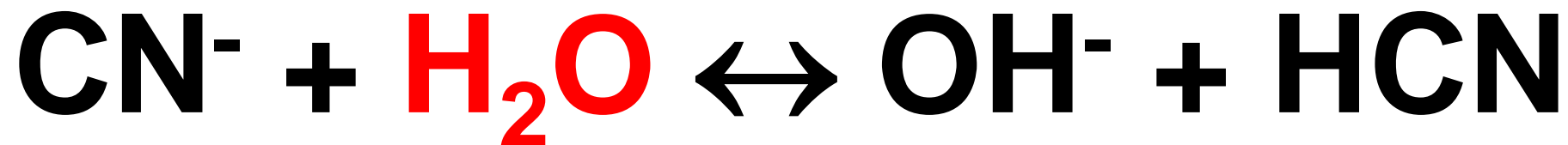
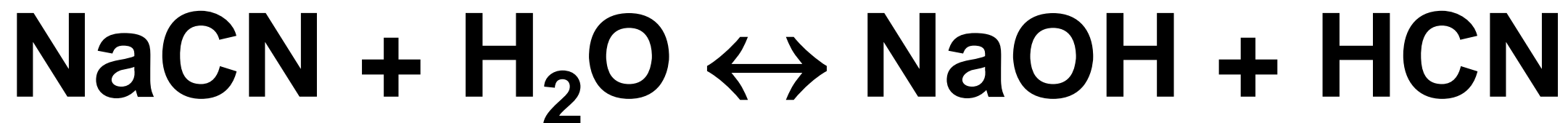
- Если в раствор соли, имеющий щелочную реакцию, добавить щелочь (т.е. ионы OH^-), равновесие сместится влево.
- **Гидролиз ослабится.**



При добавлении щелочи - $\uparrow c(\text{OH}^-)$



- Если в раствор соли, имеющий щелочную реакцию, добавить кислоту (т.е. ионы H^+), гидроксид ионы будут связываться в молекулы H_2O и равновесие сместится вправо.
- **Гидролиз усилится.**



При добавлении кислоты $\rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} \implies \uparrow \text{C}(\text{H}_2\text{O})$



- **Подавление гидролиза. Для этого растворы солей следует хранить в концентрированном виде при низких температурах.**

Изменение направления гидролиза

Усиление

- Добавить воды;
- Нагреть раствор;
- Связать один из продуктов гидролиза в труднорастворимое соединение или в газовую фазу.

Подавление

- Увеличить концентрацию растворенного вещества;
- Охладить раствор;
- Ввести в раствор один из продуктов гидролиза (подкислять раствор, если его среда кислотная, или подщелачивать, если щелочная).