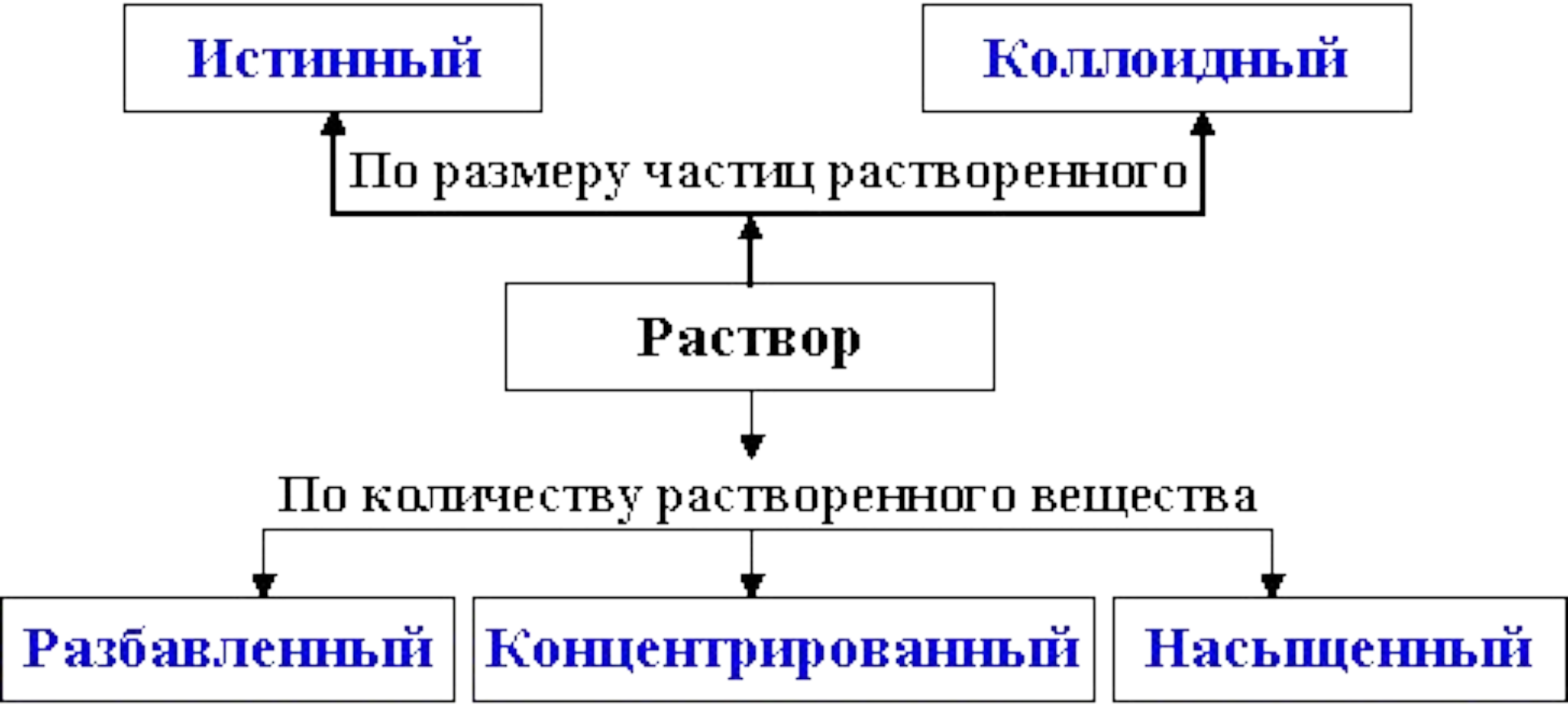
Лекция №4

РАСТВОРЫ

План лекции

1. **Общие положения;**
2. **Способы выражения концентраций раствора;**
3. **Электролитическая диссоциация, pH раствора;**
4. **Гидролиз солей.**


Истинный
Коллоидный
По размеру частиц растворенного
Раствор
По количеству растворенного вещества
Разбавленный
Концентрированный
Насыщенный

Растворимость

Хорошо растворимые
(более 10 г в-ва в 1 л воды)

Малорастворимые
(от 0,01 до 10 г в-ва в 1 л воды)

Нерастворимые
(менее 0,01 г в-ва в 1 л воды)

Таблица растворимости

СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Массовая концентрация (Массовая доля), ω – число грамм растворенного вещества, содержащегося в 100 г раствора.

5 % водный раствор HCl

100 г раствора содержит **5 г HCl** и **95 г растворителя** (воды):

$$5 \text{ г } HCl + 95 \text{ г } H_2O = 100 \text{ г р-ра}$$

$$\omega = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} \times 100\,\%$$

Молярная концентрация (Молярность), C_M, [моль/л] – число молей растворенного вещества ***n***, содержащегося в **1** ***л*** раствора ***V***.

3 М р-р NaOH

M(NaOH) = 40 г/моль

3 · 40 = 120 г

В 1 л р-ра – 120 г NaOH

$$C_M = \frac{n_{в-ва}}{V_{р-ра}} = \frac{m_{в-ва}}{M \times V_{р-ра}}, \ [\text{моль/л}]$$

Определите массу нитрата натрия, которая требуется для приготовления **2 л децимолярного раствора (0,1 м).**

В 1 л раствора содержится:

$$C_M \times M_{NaNO3} = 0{,}1 \text{ моль/л} \times 85 \text{ г/моль} = 8{,}5 \text{ г } NaNO_3$$

Составим пропорцию:

в 1 л р-ра – 8,5 г $NaNO_3$

в 2 л р-ра – x г $NaNO_3$

Отсюда: $x = 17$ г

Нормальная концентрация эквивалента (Нормальность), $C_{н,}$ [моль/л] – число эквивалентов растворенного вещества $n_э$, содержащихся в **1** ***л*** раствора ***V***.

0,1 н р-р H_2SO_4

$M_Э(H_2SO_4)$ = М/осн-ть = 98/2 = = 49 г/моль

0,1 · 49 = 4,9 г

В 1 л р-ра – 4,9 г H_2SO_4

$$C_н = \frac{n_{Эв-ва}}{V_{р-ра}} = \frac{m_{в-ва}}{M_Э \times V_{р-ра}},\ [\text{моль/л}]$$

0,75 н р-р H_2SO_4

или C_H = 0,75 моль/л р-ра H_2SO_4

в 1 л р-ра – 0,75 моль H_2SO_4

или

в 1 л р-ра – 0,75 × 49 = 36,75 г H_2SO_4

где 49 – эквивалентная масса H_2SO_4.

<u>В общем виде</u>:

в 1 л раствора содержится $C_H \times M_Э$

в заданном ***V*** раствора содержится ***x*** г

Моляльная концентрация (Моляльность), $C_{m,}$ [моль/кг] – число молей растворенного вещества ***n***, приходящихся на **1 *кг* растворителя $m_{\text{р-ля}}$.**

0,5 m р-р NaOH

M(NaOH) = 40 г/моль

0,5 · 40 = 20 г

В 1000 г р-ля – 20 г NaOH

1000 г H_2O + 20 г NaOH = 1020 г р-ра

$$C_m = \frac{n_{в-ва}}{m_{р-ля}} = \frac{m_{в-ва}}{M \times m_{р-ля}}, \text{ [моль/кг]}$$

2 m раствор H_2SO_4

2 моля приходятся на **1000 г растворителя**

$C_m \times M$ приходятся на **1000 г растворителя**

Титр Т, [г/мл]

Показывает количество **г** растворенного вещества ***m***, содержащегося в **1 мл** раствора ***V:***

$$T = \frac{m_{в-ва}}{V_{р-ра}}, \ [г/мл]$$

$$T = \frac{C_H \times M_Э}{1000}$$

Способы выражения концентраций растворов

Наименование концентрации	Уравнение расчета	Единицы измерения
Массовая концентрация (доля)	$\omega = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} \times 100\,\%$	%, доли
Молярная концентрация (молярность)	$C_M = \frac{n_{в-ва}}{V_{р-ра}}$	моль/л (0,5 м р-р)
Нормальная концентрация (нормальность)	$C_H = \frac{n_{Э\,в-ва}}{V_{р-ра}} = \frac{m_{в-ва}}{M_Э \times V_{р-ра}}$	моль/л (0,5 н р-р)
Моляльная концентрация (моляльность)	$C_m = \frac{n_{в-ва}}{m_{р-ля}} = \frac{m_{в-ва}}{M \times m_{р-ля}}$	моль/кг (0,5 m р-р)
Титр	$T = \frac{m_{в-ва}}{V_{р-ра}}$	г/мл

Закон эквивалентов для растворов

Объемы реагирующих веществ обратно пропорциональны их нормальностям:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_{H2}}{C_{H1}}$$

Закон эквивалентов для растворов

$$a_1A_1 + a_2A_2 + \ldots = \ldots$$

$$n_{Э1} = n_{Э2}$$

$$\left.\begin{array}{l} n_Э = V_H \cdot C_H \\ C_H = \dfrac{m}{M_Э \cdot V} = \left[\dfrac{m}{M_Э} = n_Э\right] = \dfrac{n_Э}{V} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{H1} \cdot V_1 = C_{H2} \cdot V_2$$

или

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_{H2}}{C_{H1}}$$

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

диссоциация

$$KA \rightleftarrows K^+ + A^-$$

Катион Анион

$$NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^-$$

Степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{\text{число молекул, распавшихся на ионы}}{\text{общее число молекул электролита}} \cdot 100\ \%$$

α > 30 % ***Сильные электролиты***	***α < 3 %*** ***Слабые электролиты***
1. HCl, HBr, HI, HNO_3, H_2SO_4, $HClO_4$, $HClO_3$, H_2CrO_4, $H_2Cr_2O_7$, $HMnO_4$ 2. Все щелочи 3. Почти все растворимые соли	1. HF, H_2S, HCN, H_3BO_3, H_2CO_3, H_2SiO_3, HNO_2, H_3PO_4, H_2HPO_3, , $HClO_2$, $HClO$ 2. Нерастворимые основания, NH_4OH 3. Некоторые соли $ZnCl_2$, $HgCl_2$

Константа диссоциации

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

$$K_p = K_{дис} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$K_{дис}(CH_3COOH) = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$

$K_{дис}(HCN) = 8 \cdot 10^{-10}$

Электролитическая диссоциация воды

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^- \quad K_{дис} = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[H_2O]} = 1{,}8\cdot10^{-16}$$

где $[H^+]$, $[OH^-]$ и $[H_2O]$ – молярные концентрации частиц в воде.

Молярная концентрация воды (C_M):

1 моль H_2O – 18 г

x моль H_2O – 1000 г в 1 л воды

$$x = 1000/18 = 55{,}5 \text{ моль/л}$$

$$[H_2O] = 55{,}5 \text{ моль/л}$$

$$K_{дис} \cdot [H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-] = 1{,}8 \cdot 10^{-16} \cdot 55{,}56 = 10^{-14}$$

K_{H2O} – константа воды

Ионное произведение воды:

$$\mathbf{K_{H2O} = [H^+][OH^-] = 10^{-14}\ моль/л}$$

в чистой воде $\mathbf{[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}\ моль/л}$

Нейтральная среда $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$

Кислая среда $[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$

Щелочная среда $[H^+] < 10^{-7} < [OH^-]$

Водородный показатель

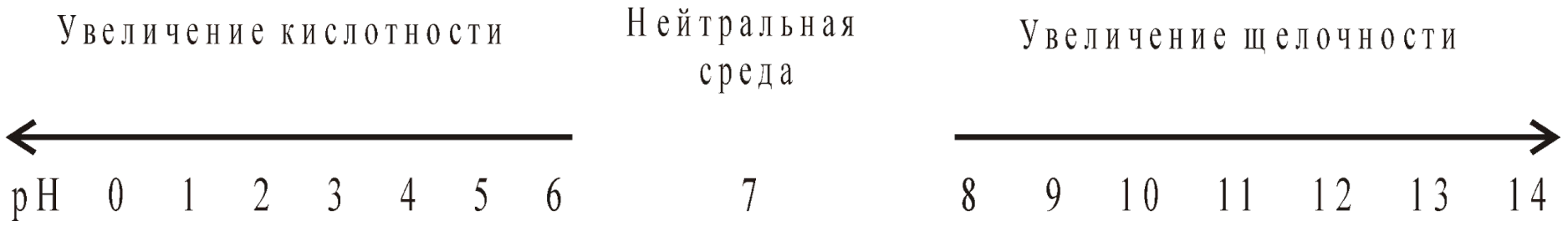
$pH = -\lg[H^+]$

$[H^+] = 10^{-7}$

$pH = -\lg 10^{-7} = 7$ нейтральная среда

$pH < 7$ кислая среда

$pH > 7$ щелочная среда



$[H^+] = 10^{-2}$ моль/л pH = ?

pH = –lg[H^+] = $-\lg 10^{-2} = 2$ кис. ср.

$[OH^-] = 10^{-4}$ моль/л pH = ?

$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$[H^+] \cdot 10^{-4} = 10^{-14}$

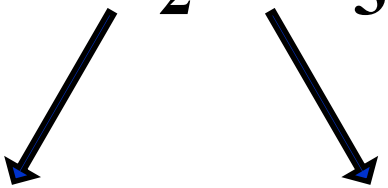
$[H^+] = 10^{-10}$

pH = $-\lg 10^{-10} = 10$ щел. ср.

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

1. Гидролиз соли, образованной **сильным основанием** и **слабой кислотой**.

$$\mathbf{Na_2CO_3} \rightleftarrows 2Na^+ + \mathbf{CO_3^{2-}}$$



$NaOH$	H_2CO_3
Сильное основание	Слабая кислота

pH > 7

I ст. $\mathbf{CO_3^{2-}} + \mathbf{H^+}OH^- \rightleftarrows \mathbf{HCO_3^-} + OH^-$

pH > 7

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH$$

II ст. $\mathbf{HCO_3^-} + \mathbf{H^+}OH^- \rightleftarrows \mathbf{H_2CO_3^0} + OH^-$

pH > 7

$$NaHCO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + NaOH$$

2. Гидролиз соли, образованной **слабым основанием** и **сильной кислотой.**

$$\mathbf{ZnSO_4} \rightleftarrows \mathbf{Zn^{2+}} + SO_4^{2-}$$

$Zn(OH)_2$	H_2SO_4
Слабое основание	Сильная кислота

$pH < 7$

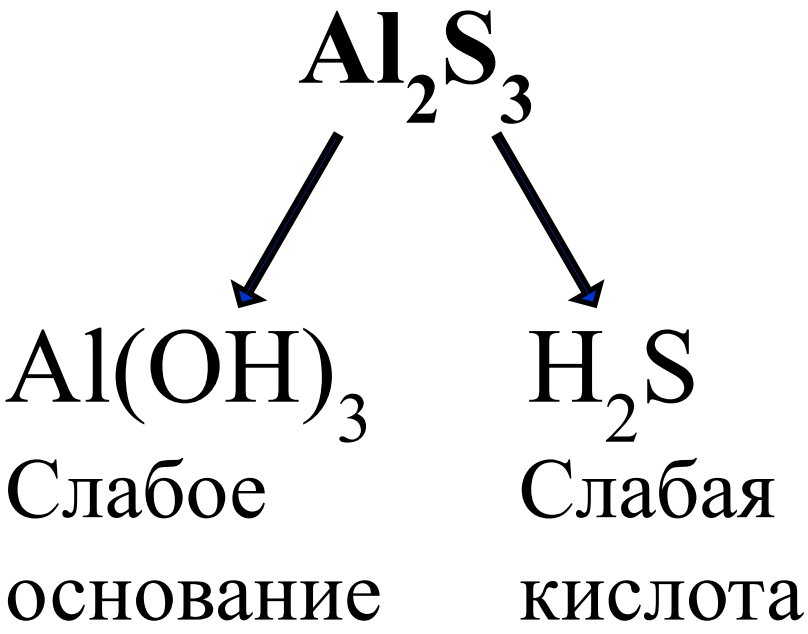
I ст. $\mathbf{Zn^{2+}} + H^{+}\mathbf{OH^{-}} \rightleftarrows \mathbf{ZnOH^{+}} + \mathbf{H^{+}}$ pH < 7

$$2ZnSO_4 + 2H_2O \rightleftarrows (ZnOH)_2SO_4 + H_2SO_4$$

II ст. $\mathbf{ZnOH^{+}} + H^{+}\mathbf{OH^{-}} \rightleftarrows \mathbf{Zn(OH)_2^{0}} + \mathbf{H^{+}}$ pH < 7

$$(ZnOH)_2SO_4 + 2H_2O \rightleftarrows 2Zn(OH)_2 + H_2SO_4$$

3. Гидролиз соли, образованной **слабым основанием** и **слабой кислотой.**



pH = 7

$$Al_2S_3 + 6H_2O \rightleftarrows 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

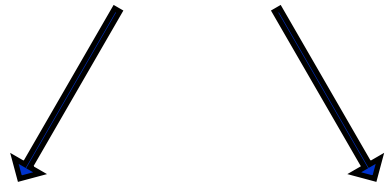
$$2Al^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O \rightleftarrows 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

Соль образованная **сильным основанием и сильной кислотой**

гидролизу не подвергается

(не реагирует в водой)

$NaCl + H_2O \neq$ гидролиз не идет



NaOH — Сильное основание

HCl — Сильная кислота

pH = 7

Совместный гидролиз двух солей

$$\mathbf{AlCl_3 + Na_2S + H_2O = \ldots}$$

Записываем обменную реакцию между солями:

$$2AlCl_3 + 3Na_2S = Al_2S_3 + 6NaCl$$

Гидролизу подвергается только Al_2S_3:

$$Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

Результат:

$$\mathbf{2AlCl_3 + 3Na_2S + 6H_2O =}$$
$$\mathbf{= 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow + 6NaCl}$$