



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 №1



# «Свойства разбавленных растворов неэлектролитов. Свойства разбавленных растворов электролитов»

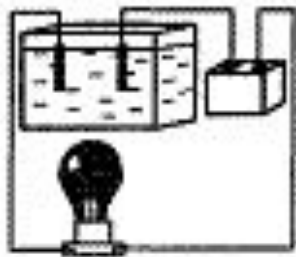


Составил:  
Ташкинов Ю.А.

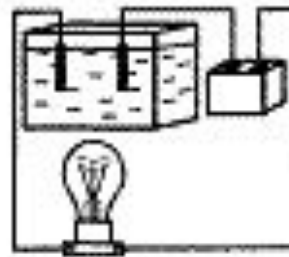
Макеевка, 2019



# ЭЛЕКТРОЛИТЫ И НЕЭЛЕКТРОЛИТЫ



Вещества



электролиты

Электролитами называются вещества, водные растворы и расплавы которых проводят электрический ток

вид связи:  
ионная,  
ковалентная сильнополярная

*растворы солей,  
щелочей, кислот*

неэлектролиты

Неэлектролитами называются вещества, водные растворы и расплавы которых не проводят электрический ток

вид связи:  
ковалентная неполярная,  
малополярная

*газы, твердые вещества, органические вещества (бензин, сахароза...)*

*примеры*





# Способы выражения концентраций

## 1. Массовая доля:

$$\omega = \frac{m_{\text{растворённого вещества}}}{m_{\text{растворённого вещества}} + m_{\text{растворителя (воды)}}} * 100\% \quad [\%] \quad (0-100\%), \text{ где}$$

$$m_{\text{растворённого вещества}} + m_{\text{растворителя (воды)}} = m_{\text{раствора}}$$

## 2. Молярная доля (растворённого вещества):

$$N = \frac{v_{\text{растворённого вещества}}}{v_{\text{растворённого вещества}} + v_{\text{растворителя (воды)}}} \quad [\text{доли единицы}] \quad (0-1)$$

$$v = \frac{m}{M}$$

Здесь и далее  $v$  [моль] – количество растворённого вещества,  
 $m$  [г] – масса растворённого вещества,

$M$  [ $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$ ] – молярная масса (рассчитывается с использованием  
таблицы Менделеева),

$\rho_{\text{раствора}}$  - плотность раствора [ $\frac{\text{г}}{\text{мл}}$ ]



# Способы выражения концентраций

## 3. Моляльная концентрация

$$C_m = \frac{m_{\text{растворённого вещества}} \cdot 1000}{M_{\text{растворённого вещества}} \cdot m_{\text{растворителя (воды)}}} \left[ \frac{\text{моль}}{\text{кг}}, \text{ м.} \right]$$

## 4. Молярная концентрация

$$C_M = \frac{m_{\text{растворённого вещества}} \cdot \rho_{\text{раствора}} \cdot 1000}{M_{\text{растворённого вещества}} \cdot (m_{\text{растворённого вещества}} + m_{\text{растворителя (воды)}})} = \frac{\rho \cdot \omega \cdot 10}{M} \left[ \frac{\text{моль}}{\text{л}}, \text{ М.} \right]$$

## 5. Нормальная (эквивалентная) концентрация

$$C_H = \frac{m_{\text{растворённого вещества}} \cdot \rho_{\text{раствора}} \cdot 1000}{M_{\text{эквивалентная}} \cdot (m_{\text{растворённого вещества}} + m_{\text{растворителя (воды)}})} \left[ \frac{\text{моль}}{\text{л}}, \text{ Н.} \right]$$

$C_{H1} \cdot V_{H1} = C_{H2} \cdot V_{H2}$  (Правило разведения растворов,  
или закон эквивалентов для растворов)

## 6. Титр

$$T = \frac{C_H \cdot M_{\text{э}} \cdot 1000}{V} \left[ \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{г}}{\text{мл}} \right]$$





# Способы выражения концентраций

Для электролитов:  $i = 1 + \alpha * (k - 1)$  – изотонический коэффициент Вант-Гоффа, где  $\alpha$  – степень диссоциации,  $k$  – число частиц, на которые распадается данный электролит.

Для разбавленных растворов слабых электролитов (из закона разведения Оствальда):

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_D}{C_M}}, \text{ где } K_D - \text{константа диссоциации слабого электролита.}$$





# Способы выражения концентраций

Для электролитов:  $i = 1 + \alpha * (k - 1)$  – изотонический коэффициент Вант-Гоффа, где  $\alpha$  – степень диссоциации,  $k$  – число частиц, на которые распадается данный электролит.

Для разбавленных растворов слабых электролитов (из закона разведения Оствальда):

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_D}{C_M}}, \text{ где } K_D - \text{константа диссоциации слабого электролита.}$$





# Коллигативные свойства растворов

## Неэлектролиты

## Электролиты

**I закон Рауля**,  $p_0$  – давление пара над чистым растворителем,  $p$  – давление паров растворителя над раствором

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = N = \frac{v_{\text{растворённого вещества}}}{v_{\text{растворённого вещества}} + v_{\text{растворителя (воды)}}$$

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{i * v_{\text{растворённого вещества}}}{i * v_{\text{растворённого вещества}} + v_{\text{растворителя (воды)}}$$

## II закон Рауля

$E(\text{H}_2\text{O})=0.52$  – эбуллиоскопическая постоянная,  $K(\text{H}_2\text{O})=1.86$  – криоскопическая константа

Раствор закипает при температуре  $100 + \Delta t_{\text{кипания}}^{\circ}\text{C}$ , замерзает при  $0 - \Delta t_{\text{замерзания}}^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t_{\text{кипания}} = E * C_m$$

$$\Delta t_{\text{кипания}} = i * E * C_m$$

$$\Delta t_{\text{замерзания}} = K * C_m$$

$$\Delta t_{\text{замерзания}} = i * K * C_m$$

**Молярная масса неизвестного вещества:**

$$M = \frac{K * m_{\text{растворённого вещества}} * 1000}{\Delta t * m_{\text{растворителя (воды)}}$$

**Закон Вант-Гоффа (для осмотического давления)**

$$P_{(\text{осм})} = C_M * R * T$$

$$P_{(\text{осм})} = i * C_M * R * T$$

Для электролитов:  $i = 1 + \alpha * (k - 1)$  – изотонический коэффициент Вант-Гоффа, где  $\alpha$  – степень диссоциации,  $k$  – число частиц, на которые распадается данный электролит.

Для разбавленных растворов слабых электролитов (из закона разведения Оствальда):

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_D}{C_M}}, \text{ где } K_D - \text{ константа диссоциации слабого электролита.}$$





**Якоб Хендрик Вант-Гофф**  
(нидерл. *Jacobus Henricus (Henry) van 't Hoff*; 30 августа 1852, Роттердам — 1 марта 1911, Берлин) — голландский химик, первый лауреат Нобелевской премии по химии (1901 год) «В знак признания огромной важности открытия законов химической динамики и осмотического давления в растворах».





# Осмотическое давление

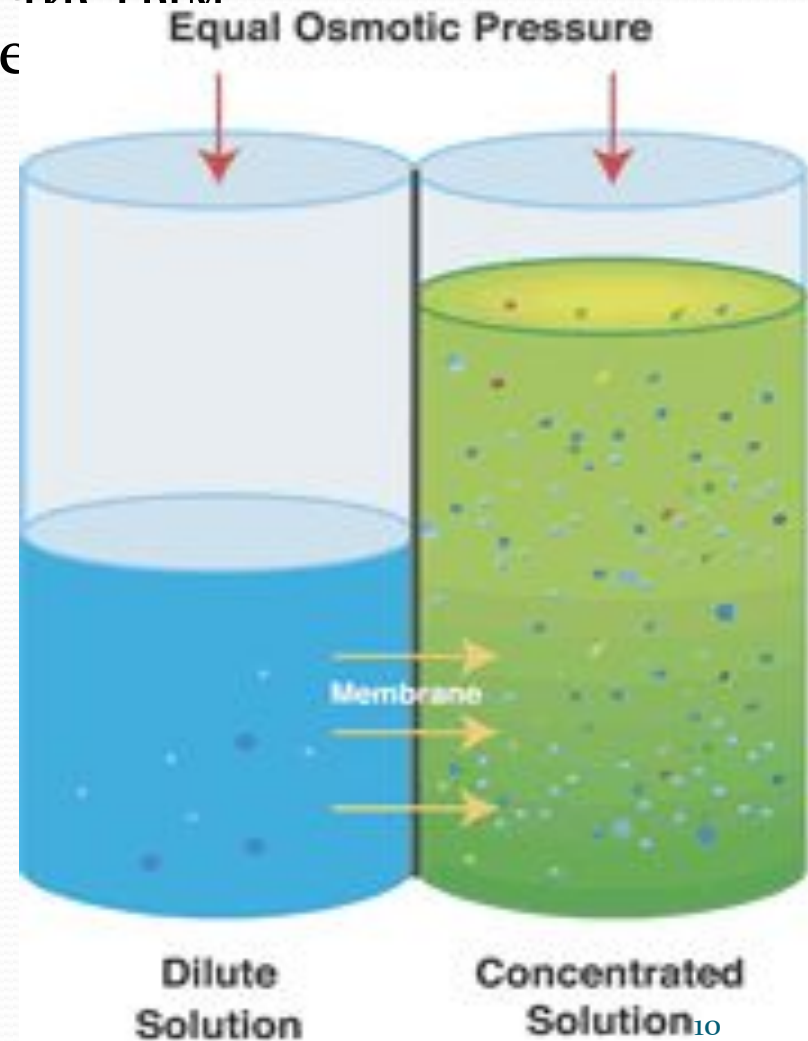
– это давление, которое нужно приложить, чтобы привести раствор в равновесие с чистым растворителем, отделенным от него полупроницаемой мембраной

$$\pi = P_{\text{гидр.}}$$

$\pi$  плазмы крови человека =  
= 7.4-7.8 атм ( 740 – 780 кПа)

$\pi$  рыб до 15 атм

$\pi$  растений до 100 атм



# Закон Вант – Гоффа

$$\pi = C_m R T$$

- $\pi$  – осмотическое давление (кПа)
- $R$  – универсальная газовая постоянная 8,31 (л\*кПа/моль\*К)
- $T$  - абсолютная температура (К)
- $C_m$  – молярная концентрация (моль/л)

$$P = n/V RT \text{ или } PV = nRT$$





# Изотонический коэффициент

(коэффициент Вант - Гоффа  $i$ )

$i$  показывает, во сколько раз истинная концентрация кинетически активных частиц в растворе **электролита** больше, чем в растворе неэлектролита с той же концентрацией

$$\pi = i C_m R T$$

$i = 1$  для НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ

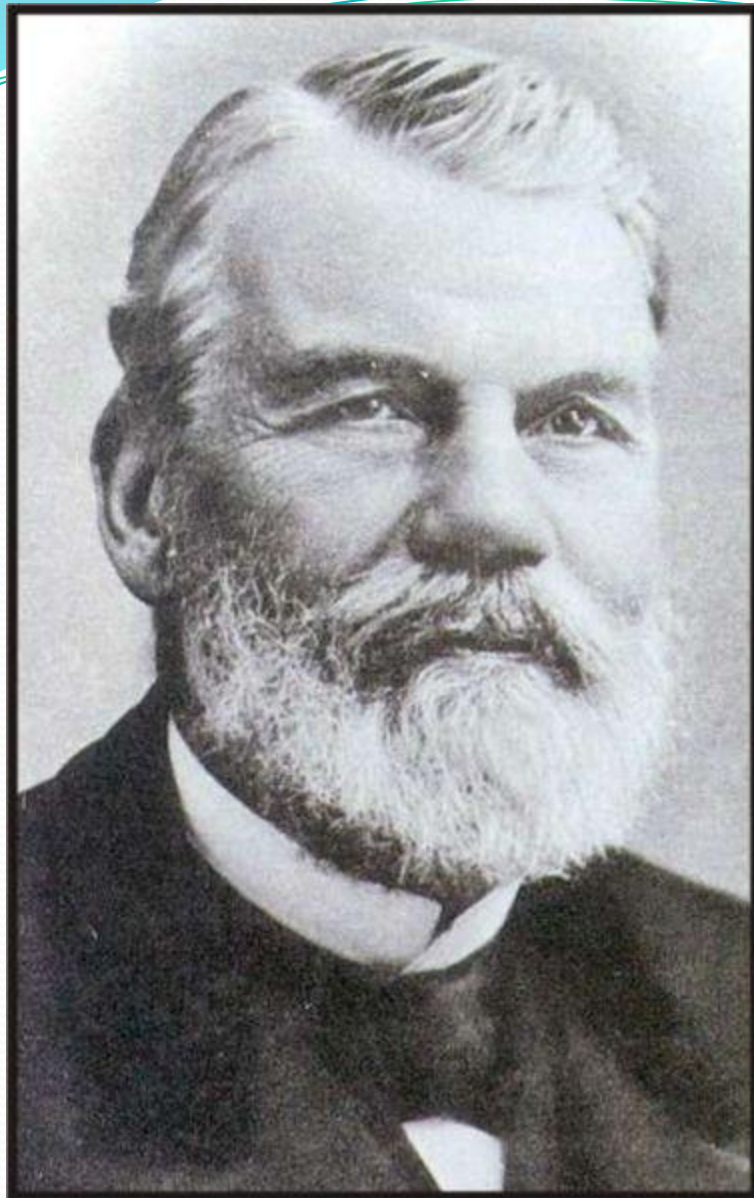
$i = n$  для **сильных** электролитов



$i = 1 + \alpha(n-1)$  для **слабых** электролитов

$$i = \frac{C_{\text{эл}}}{C_{\text{неэл}}} = \frac{\pi_{\text{эл.}}}{\pi_{\text{неэл.}}} = \frac{\Delta t_{\text{зам.эл.}}}{\Delta t_{\text{зам.неэл.}}} = \frac{\Delta t_{\text{кип.эл.}}}{\Delta t_{\text{кип.неэл.}}}$$





**Франсуа Мари Рауль** (фр. *François-Marie Raoult*; 10 мая 1830, Фурн-ан-Веп, Нор, — 1 апреля 1901, Гренобль) — **французский химик и физик**, член-корреспондент Парижской академии наук (1890). С 1867 — в Гренобльском университете (профессор с 1870). Член-корреспондент Петербургской АН (1899). Исследуя в 1882—88 понижение температуры кристаллизации, а также понижение давления пара (или повышение температуры кипения) растворителя при введении в него растворённого вещества, открыл закон Рауля, применяемый для определения молекулярных масс веществ в растворённом состоянии.

# Закон Рауля (1886)



**Относительное понижение давления насыщенного пара** растворителя над раствором нелетучего неэлектролита пропорционально мольной доле растворенного вещества

$P_0$  - давление насыщенного пара над чистым растворителем, Па

$P$  – давление насыщенного пара растворителя над раствором, Па

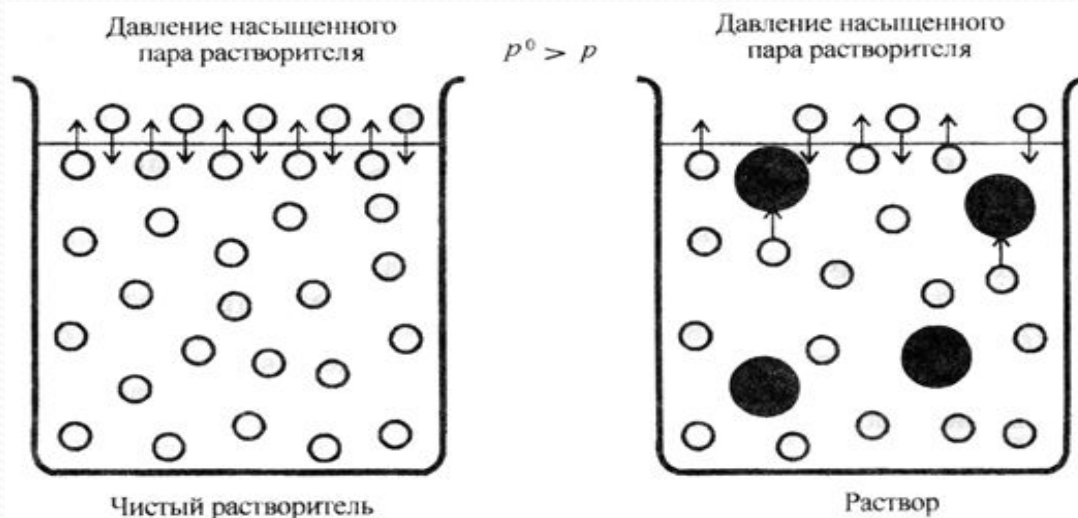
$N_2$  - мольная доля растворенного вещества

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = N_{\text{раств.в-ва}} \quad N_A = \frac{n_a}{n_a + n_b}, \quad N_A + N_B = 1$$

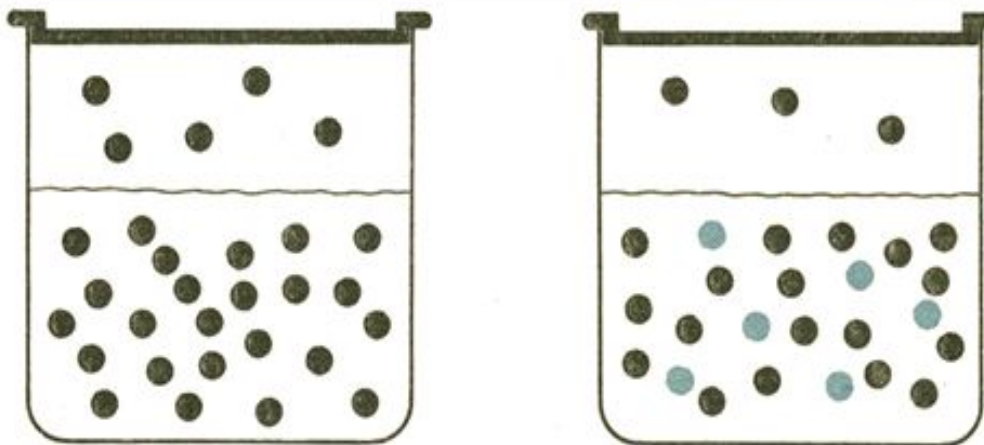


# Причины

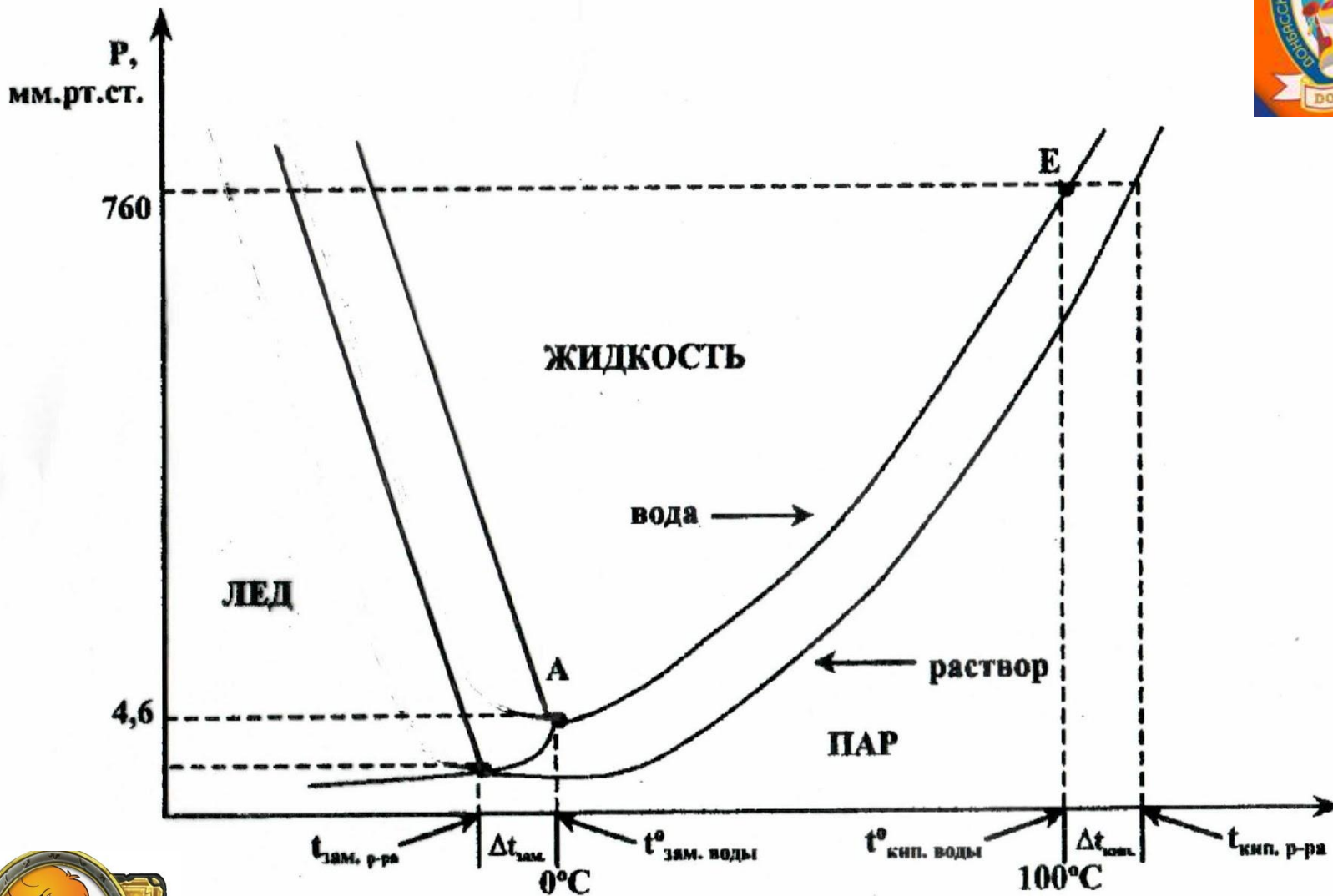
## Уменьшение Поверхности Испарения



## Уменьшение Концентрации Растворителя:



# Диаграмма состояния воды и водного раствора нелетучего вещества.





## Понижение температуры замерзания биосред по сравнению с водой

| Биосреда                | $\Delta T_{\text{зам.}}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------------------|--|
| Кровь                   | 0.56                                     |
| Тканевой сок            | 0.6 - 0.8                                |
| Спинномозговая жидкость | 0.56                                     |
| Слюна                   | 0.19 - 0.49                              |
| Желудочный сок          | 0.49 - 0.65                              |
| Пот                     | 0.13 - 0.65                              |
| Моча                    | 1.12 - 2.30                              |
| Молоко                  | 0.55 - 0.57                              |
| Желчь                   | 0.54 - 0.61                              |
| Сок печени              | 0.81 - 0.96                              |





**Электролиты** – это вещества, способные в растворах и расплавах диссоциировать на ионы. К ним относятся соединения с ионным и ковалентным полярным типом связи: **соли, кислоты, основания, вода.**

Самопроизвольный распад электролитов на ионы, протекающий под воздействием растворителя, называется **электролитической диссоциацией**, теория которой была создана в 1884-1887 г.г. шведским ученым С. Аррениусом.



**Шведский физико-химик, основные работы которого посвящены учению о растворах электролитов и кинетике химических реакций. Лауреат Нобелевской премии (1903)**



**Сванте Аррениус  
(1859-1927)**



С продиссоциированных

$\alpha$  =

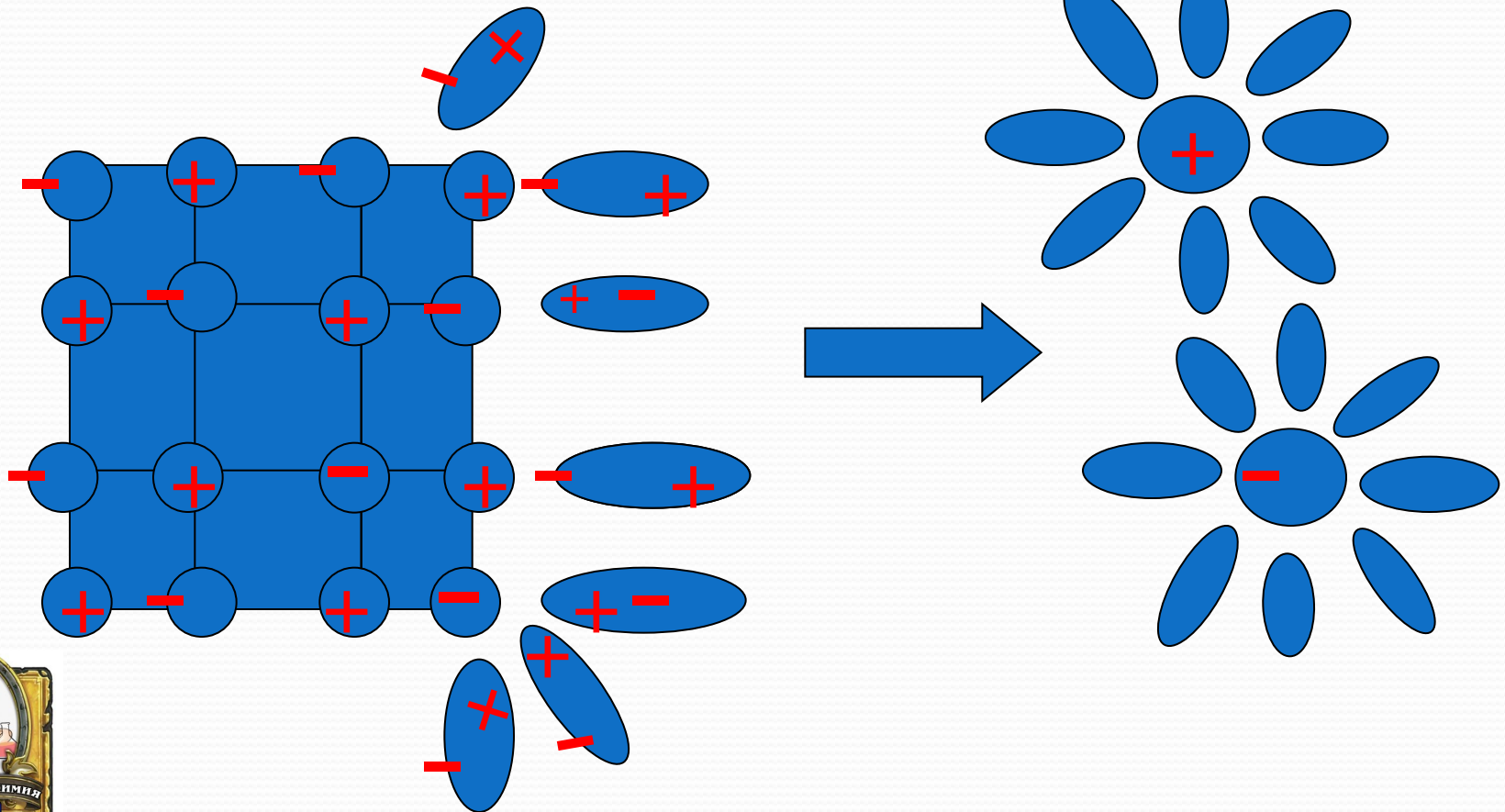
С всех молекул

Степень диссоциации  $\alpha$  зависит от:

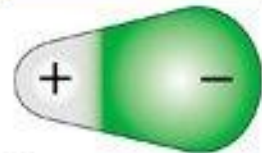
- Природы растворителя и растворенного вещества
- Температуры
- Концентрации раствора
- Наличия в растворе одноименных ионов



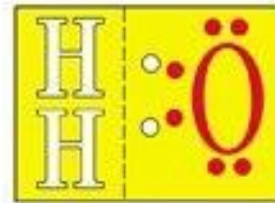
# Схема диссоциации электролита ионного строения



# ДИССОЦИАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ С КОВАЛЕНТНОЙ ПОЛЯРНОЙ СВЯЗЬЮ

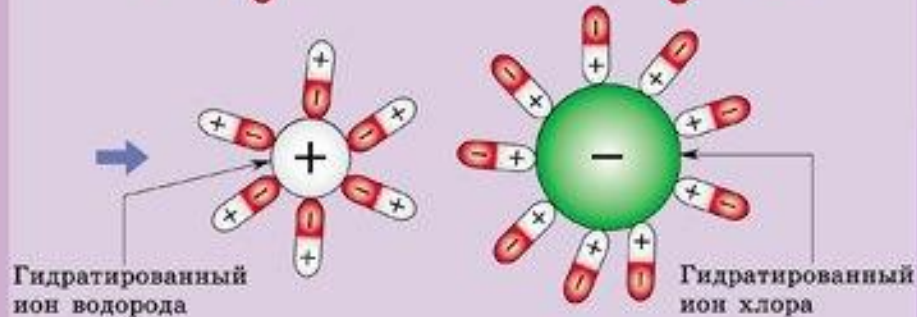
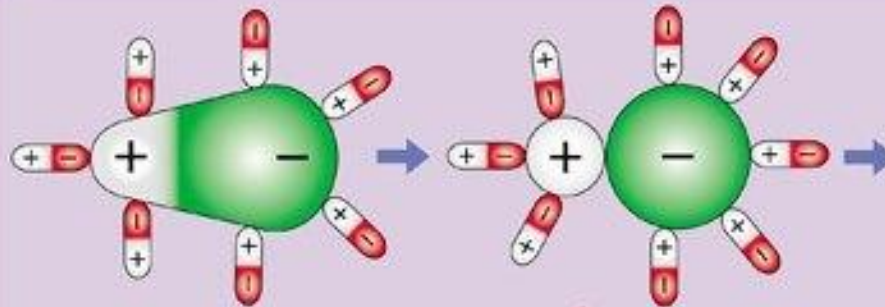


Полярная молекула  
хлороводорода



Полярная молекула  
воды

## Схема диссоциации молекулы хлороводорода в воде



# Условия протекания реакции

- образование осадка
- образование газообразного продукта реакции
- образование более слабого электролита, чем исходные вещества: например, воды





Большой мешок, подарков груз  
Несет Ион своим подругам:  
Для КАТИ ОН несет свой плюс,  
Для АНИ ОН несет свой минус





# 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



## Теория слабых электролитов

К слабым электролитам относятся ковалентные соединения, обратимо (частично) диссоциирующие в водных растворах.

**К ним относятся:**

- а) почти все органические и многие неорганические кислоты:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HCN}$ , и др;
- б) труднорастворимые основания, а также  $\text{NH}_4\text{OH}$
- в) некоторые соли  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ ;
- г) вода.





# Классификация кислот

| Сильные кислоты                |                                  | Их соли | Слабые кислоты                  |                  | Их соли       |
|--------------------------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|------------------|---------------|
| HI                             | иодоводородная                   | йодид   | HF                              | фтороводородная  | фторид        |
| HBr                            | бромоводородная                  | бромид  | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>  | (орто) фосфорная | (орто) фосфат |
| HCl                            | соляная                          | хлорид  | H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>  | сернистая        | сульфит       |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | серная                           | сульфат | H <sub>2</sub> S                | сероводородная   | сульфид       |
| HNO <sub>3</sub>               | Азотная<br>(сильный окислитель!) | нитрат  | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  | угольная         | карбонат      |
|                                |                                  |         | H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | кремниевая       | силикат       |
|                                |                                  |         | HNO <sub>2</sub>                | азотистая        | нитрит        |
|                                |                                  |         | CH <sub>3</sub> COOH            | Уксусная         | ацетат        |





**Константа диссоциации –  
константа равнов**

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

**Константа диссоциации  $K$  ЗАВИСИТ ОТ:**  
**природы электролита**  
**температуры**

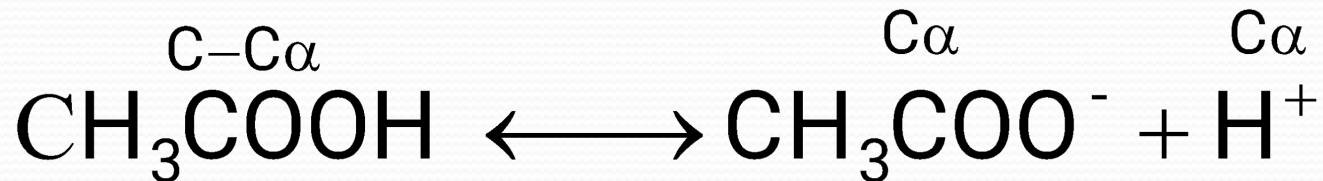
**Слабые электролиты  
подчиняются закону  
разбавления  
Оствальда,  
получившего  
Нобелевскую премию  
в 1909 за работы в  
области химического  
равновесия.**



**Ф.В.Оствальд  
(1853-1932)**



## Вывод закона разбавления Оствальда



$$K_d = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C\alpha C\alpha}{C - C\alpha} = \frac{C\alpha^2}{1 - \alpha}$$

При  $\alpha \ll 1$

$$K_d = C \cdot \alpha^2$$

$$\alpha = \sqrt{K_d / C}$$





## КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ НЕКОТОРЫХ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

|                          | $K_1$               | $K_2$                | $K_3$                |
|--------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| $\text{HNO}_2$           | $7,1 \cdot 10^{-4}$ |                      |                      |
| $\text{HF}$              | $6,8 \cdot 10^{-4}$ |                      |                      |
| $\text{CH}_3\text{COOH}$ | $1,8 \cdot 10^{-5}$ |                      |                      |
| $\text{HClO}$            | $3,0 \cdot 10^{-8}$ |                      |                      |
| $\text{H}_2\text{SO}_3$  | $1,3 \cdot 10^{-2}$ | $6,3 \cdot 10^{-8}$  |                      |
| $\text{H}_2\text{CO}_3$  | $4,2 \cdot 10^{-7}$ | $4,7 \cdot 10^{-11}$ |                      |
| $\text{H}_2\text{S}$     | $8,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,0 \cdot 10^{-13}$ |                      |
| $\text{H}_3\text{PO}_4$  | $7,1 \cdot 10^{-3}$ | $6,2 \cdot 10^{-8}$  | $4,4 \cdot 10^{-13}$ |
| $\text{NH}_4\text{OH}$   | $1,8 \cdot 10^{-5}$ |                      |                      |

MyShared



# ЩЕЛОЧНАЯ

Фиолетовый → Синий → Бирюзовый

## НЕЙТРАЛЬНАЯ

Зелёный

# КИСЛАЯ

Красный → Оранжевый → Жёлтый

| pH | КОНЦЕНТРАЦИЯ H <sup>+</sup> МОЛЬ/Л | КОНЦЕНТРАЦИЯ OH <sup>-</sup> МОЛЬ/Л | ПРИМЕР   |
|----|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| 14 | $1 \times 10^{-14}$                | 1                                   | Очиститель слива           |
| 13 | $1 \times 10^{-13}$                | 0.1                                 | Отбеливатель              |
| 12 | $1 \times 10^{-12}$                | 0.01                                | Аммиак                    |
| 11 | $1 \times 10^{-11}$                | 0.001                               | Мыло                      |
| 10 | $1 \times 10^{-10}$                | $1 \times 10^{-4}$                  | Антациды                  |
| 9  | $1 \times 10^{-9}$                 | $1 \times 10^{-5}$                  | Пищевая сода              |
| 8  | $1 \times 10^{-8}$                 | $1 \times 10^{-6}$                  | Морская вода              |
| 7  | $1 \times 10^{-7}$                 | $1 \times 10^{-7}$                  | Чистая вода               |
| 6  | $1 \times 10^{-6}$                 | $1 \times 10^{-8}$                  | Моча(в среднем)           |
| 5  | $1 \times 10^{-5}$                 | $1 \times 10^{-9}$                  | Чёрный кофе               |
| 4  | $1 \times 10^{-4}$                 | $1 \times 10^{-10}$                 | Томатный сок             |
| 3  | 0.001                              | $1 \times 10^{-11}$                 | Газированная вода       |
| 2  | 0.01                               | $1 \times 10^{-12}$                 | Лимонный сок            |
| 1  | 0.1                                | $1 \times 10^{-13}$                 | Желудочный сок          |
| 0  | 1                                  | $1 \times 10^{-14}$                 | Аккумуляторная кислота  |

5







Спасибо за  
внимание

