

# КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ РАВНОВЕСИЕ

*Имеющую огромное значение для химии чистую воду... можно рассматривать как слабую кислоту или слабое основание.  
С. Аррениус*

## Ионное произведение воды

Вода в малой степени ионизирована по уравнению:



Константа диссоциации  $K_{\text{дисс}}$ , в соответствии с законом действующих масс, выразится уравнением:

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

$$\text{При } 25\text{ }^{\circ}\text{C} \quad K_d = 1.8 \cdot 10^{-16}$$

Концентрацию молекул воды как в чистой воде, так и в разбавленных водных растворах можно считать величиной постоянной и равной:

$$[\text{H}_2\text{O}] = 1000/18 = 55.56 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_d \cdot [\text{H}_2\text{O}] = 1.8 \cdot 10^{-16} \cdot 55.56 = 10^{-14}.$$

$$K_d \cdot [\text{H}_2\text{O}] = K_w$$

**Ионное произведение воды:**

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (25\text{ }^{\circ}\text{C})$$

**В чистой воде при температуре 25 °C:**

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = 10^{-7} \quad \text{Моль-экв/л.}$$

**В соответствии с принципом Ле Шателье при добавлении кислот или оснований равновесие**



**смещается:**

**В кислой среде:  $[\text{H}^+] > 10^{-7}$ ,  $[\text{OH}^-] < 10^{-7}$ ,**

**В щелочной среде зависимость обратная**

**Диссоциация воды - эндотермический процесс, следовательно,  $K_w$  растет с повышением температуры:**

**Для наглядности удобно использовать величину  $- \lg K_w = pK_w$ .**

**$K_w$  при различных температурах**

<b>t, °C</b>	<b><math>K_w</math></b>	<b><math>pK_w</math></b>
<b>0</b>	<b><math>1.2 \cdot 10^{-15}</math></b>	<b>14.93</b>
<b>20</b>	<b><math>6.9 \cdot 10^{-15}</math></b>	<b>14.96</b>
<b>25</b>	<b><math>1.0 \cdot 10^{-14}</math></b>	<b>14.00</b>
<b>37</b>	<b><math>2.5 \cdot 10^{-14}</math></b>	<b>13.60</b>
<b>50</b>	<b><math>5.5 \cdot 10^{-14}</math></b>	<b>13.27</b>
<b>100</b>	<b><math>5.1 \cdot 10^{-13}</math></b>	<b>13.29</b>

Для удобства в расчетах пользуются величинами водородного и гидроксильного показателей - рН и рОН,

рН - power Hydrogene!!!

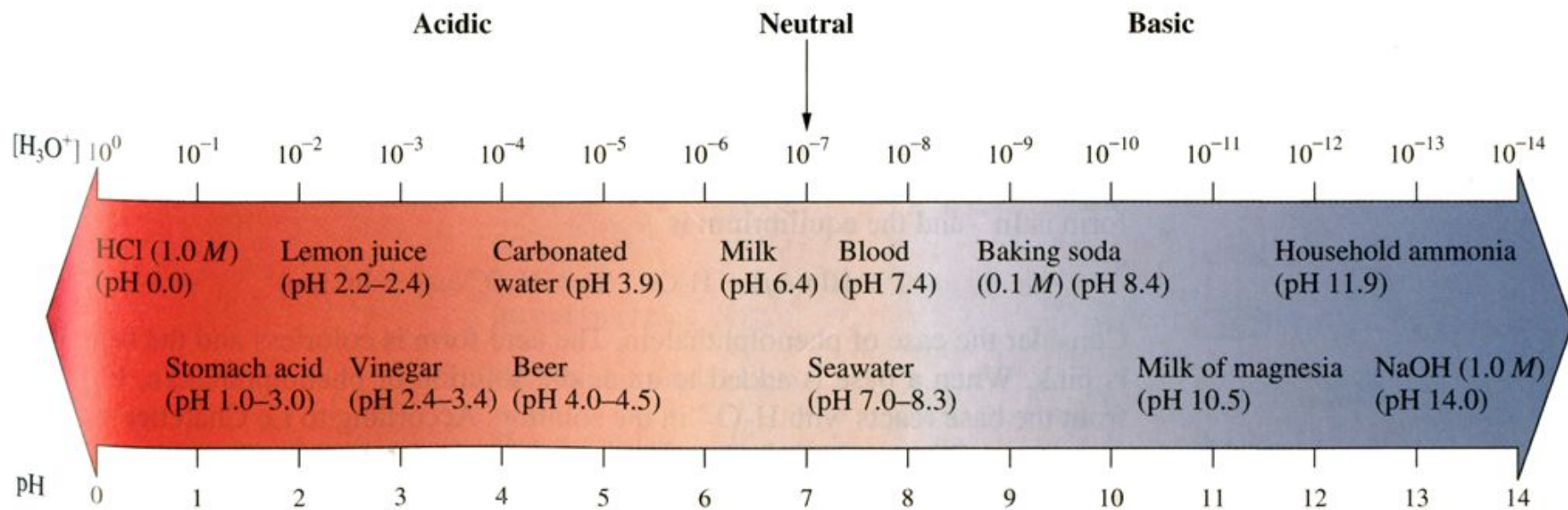
р – отрицательный логарифм (-lg)

## Шкала рН

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$$

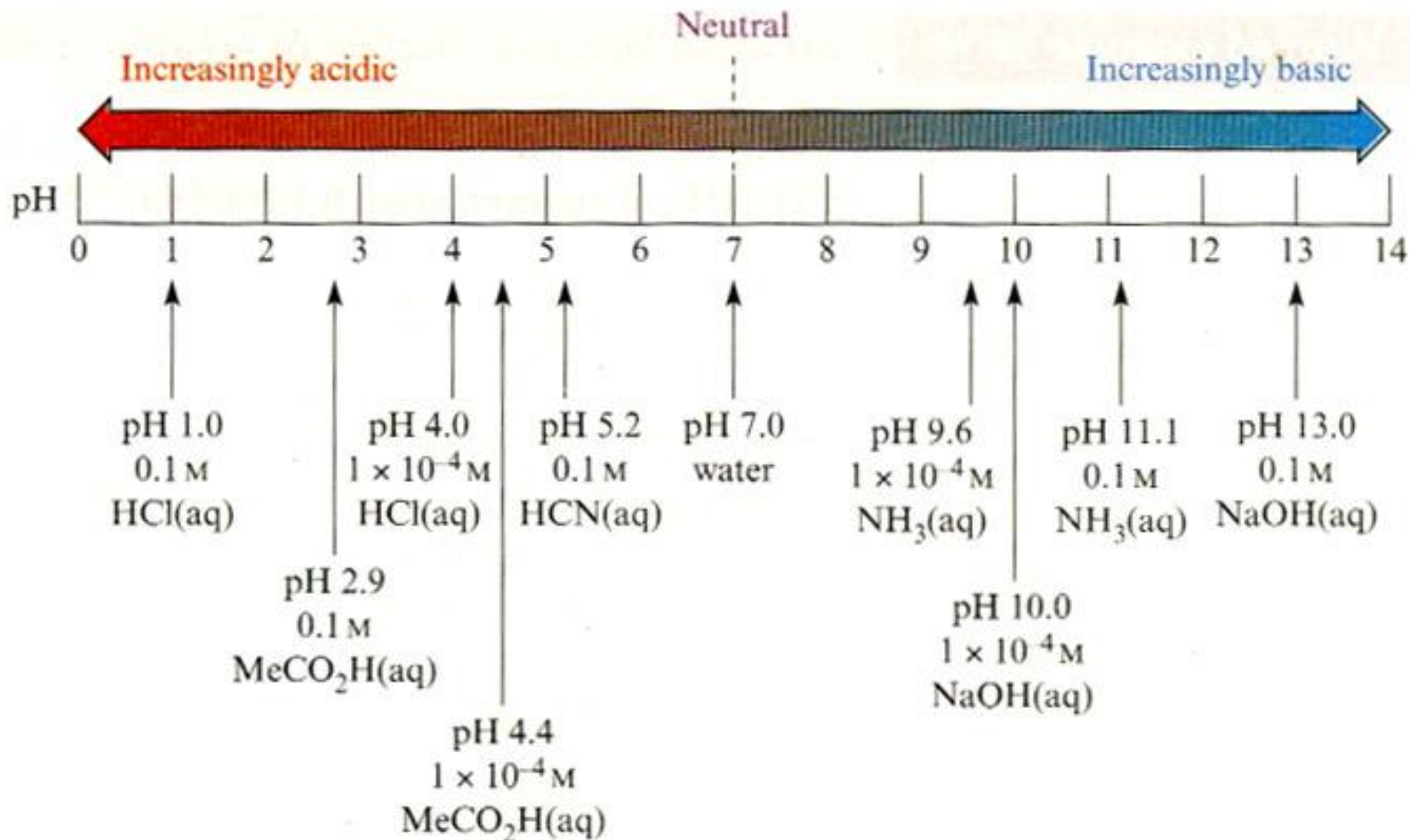
$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$



$$\text{pH} < 7, \text{pOH} > 7$$

$$\text{pH} = 7$$

$$\text{pH} > 7, \text{pOH} < 7$$



# ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$



Система	pH
Дождевая вода	5,5 ÷ 6,0
Морская вода	8,0 ± 0,5
Торфяная вода	4,5 ± 1,0
Сок огуречный	6,9 ± 0,2
Сок яблочный	3,5 ± 1,0
Сок лимонный	2,5 ± 0,5
Кровь человека	7,35 ± 0,08
Молоко	6,6 ÷ 6,9

Для чистой воды  $\text{pH}=7$

Дождевая вода за счет растворенного  $\text{CO}_2$  имеет  $\text{pH} \sim 5.5 - 6.0$



**Мрамор  $\text{CaCO}_3$  под действием слабокислой дождевой среды  
переходит в растворимый гидрокарбонат  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$**



## **Александр Федорович Тур (1894–1974)**

- ✓ **1930-1934 -заведующий кафедрой физиологии, гигиены и диететики ребенка**
- ✓ **1934-1939 - заведующий кафедрой пропедевтики детских болезней**
- ✓ **1939-1974 - заведующий кафедрой госпитальной педиатрии**

### **А.Ф.Тур разрабатывал следующие научные проблемы:**

- ✓ физиологические особенности и воспитание здоровых детей
  - ✓ гематология и диететика здорового и больного ребенка
  - ✓ физиология и патология здорового и больного ребенка
  - ✓ выхаживание новорожденных и недоношенных детей
  - ✓ дистрофия у детей в годы блокады
  - ✓ рахит и его профилактика, детская эндокринология
- Лауреат Ленинской премии (1970 г.)** 10

## Значения pH физиологических жидкостей

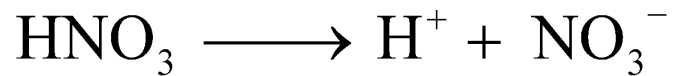
Среда	Вероятное значение pH	Возможные колебания
Желудочный сок	1.65	0.9-2.0
Желчь печеночная	7.35	6.2-8.5
Желчь пузырная	6.8	5.6-8.0
<b>Кровь (плазма)</b>	<b>7.36</b>	<b>7.25-7.44</b>
Моча	5.8	5.0-6.5
Пот	7.4	4.2-7.8
Слезная жидкость	7.7	7.6-7.8
Слюна	6.75	5.6-7.9
Спинномозговая жидкость	7.6	7.35-7.80
Сок верхнего отдела толстого кишечника	6.1	-
Сок поджелудочной железы	8.8	8.6-9.0
Сок тонкого кишечника	6.51	5.07-7.07

**Наличие белкового буфера в составе слез поддерживает pH в пределах физиологической нормы !**

## Расчет pH в сильных электролитах

**Сильные:**

Расчитать pH, pOH, [OH<sup>-</sup>] для 0,001 м HNO<sub>3</sub>



$$\text{pH} = -\lg 10^{-3} = 3$$

$$\text{pOH} = 14 - 3 = 11$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-11}$$

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

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}};$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{14-\text{pH}}$$

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

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}$$

Для очень разбавленных растворов сильных кислот ( $c_{\text{HA}} < 10^{-6}$  моль/л) концентрации  $\text{H}^+$ , образующихся в процессах ионизации кислоты и воды, становятся соизмеримыми, и для нахождения точной концентрации ионов  $\text{H}^+$  необходимо учитывать оба процесса и расчеты ведутся по формуле:

$$[\text{H}^+] = \frac{[\text{A}^-] + \sqrt{[\text{A}^-]^2 + 4K_w}}{2}$$

Для растворов сильных электролитов с высокой концентрацией при расчетах рН и рОН следует использовать значения активности ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ :

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+} = -\lg f_{\text{H}^+} c_{\text{H}^+}$$

и

$$\text{pOH} = -\lg a_{\text{OH}^-} = -\lg f_{\text{OH}^-} c_{\text{OH}^-}$$

# Расчет $[H^+]$ и pH для растворов слабых электролитов

## Кислоты

$$[H^+] = \sqrt{K_{д(к)} \cdot C_{(к)}}$$

$$pH = \frac{1}{2} pK_{д(к)} - \frac{1}{2} \lg C_{(к)}$$

## Смесь кислот

$$[H^+] = \sqrt{C_1 K_{д1(к)} + C_2 K_{д2(к)}}$$

## Основания

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{д(осн.)}} \cdot C_{\text{(осн.)}}}$$

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{д(осн.)}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{(осн.)}}$$

$$\text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{д(осн.)}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{(осн.)}}$$

## Для смеси оснований

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_1 K_{\text{д1(осн.)}} + C_2 K_{\text{д2(осн.)}}}$$

## Общая, активная и потенциальная кислотность

**Активная кислотность** – концентрация свободных катионов  $H^+$ , имеющих в растворе при данных условиях.

Мерой активной кислотности является значение pH раствора:

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

**Потенциальная кислотность** – концентрация катионов  $H^+$ , связанных в молекулы или ионы слабых кислот, имеющих в растворе.

Сильные кислоты:  $HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

$$[H^+]_{\text{акт}} = [H^+]_{\text{общ}}, \quad [H^+]_{\text{пот}} = 0.$$

Слабые кислоты:  $CH_3COOH \longleftrightarrow CH_3COO^- + H^+$

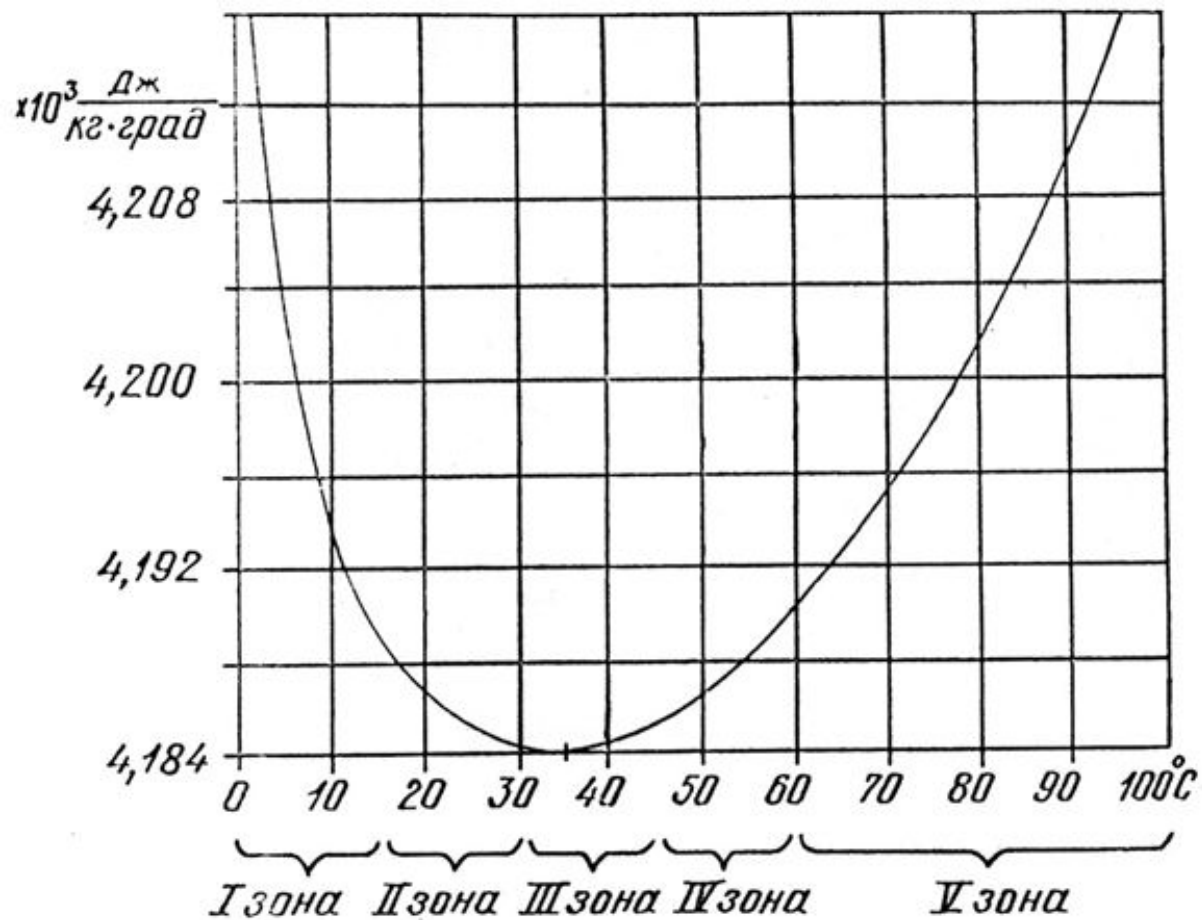
$$[H^+]_{\text{общ}} = [H^+]_{\text{пот}} + [H^+]_{\text{акт}} \quad [H^+]_{\text{пот}} \gg [H^+]_{\text{акт}}$$



## **Основные функции воды в организме**

- ✓ Обеспечение процессов всасывания и механического передвижения питательных веществ**
- ✓ Поддержание оптимального осмотического давления в крови и тканях**
- ✓ Обеспечение функционирования белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов**
- ✓ Участие в процессах биосинтеза, ферментативного катализа, гидролиза**
- ✓ Поддержание температуры тела**

## Изменение теплоемкости воды в зависимости от температуры

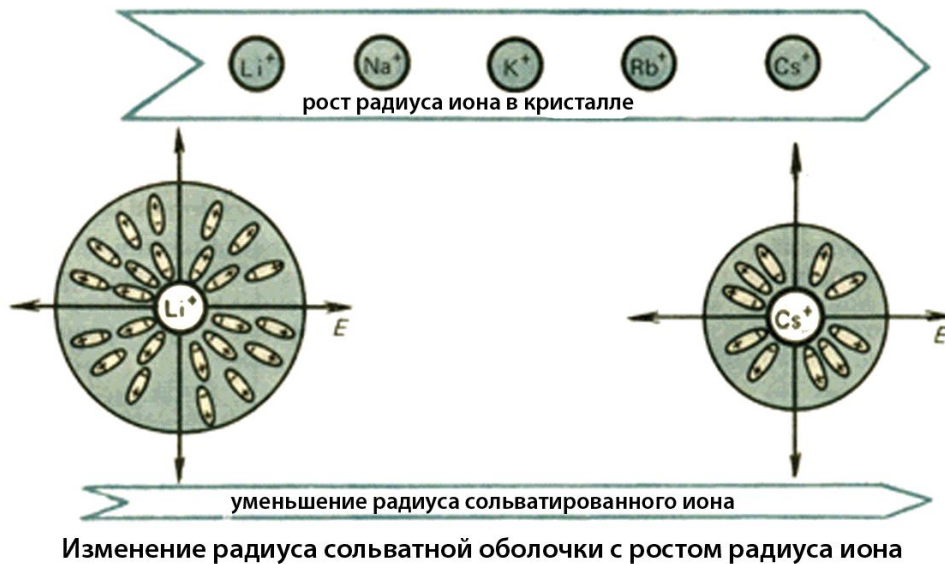


## **Значение растворов в жизнедеятельности организмов.**

- ✓ **Важнейшие биологические жидкости - кровь, лимфа моча, слюна, пот являются растворами солей, белков, углеводов, липидов в воде.**
- ✓ **Усвоение пищи связано с переходом питательных веществ в растворенное состояние.**
- ✓ **Биохимические реакции в живых организмах протекают в растворах.**
- ✓ **Биожидкости участвуют в транспорте:**
  - кислорода, питательных веществ (жиров, аминокислот),
  - лекарственных препаратов к органам и тканям,
  - выведении из организма метаболитов: мочевины, билирубина, углекислого газа
- ✓ **Плазма крови является средой для клеток - лимфоцитов, эритроцитов, тромбоцитов.**

## Значение электролитов в организме

Отвечают за осмолярность (концентрацию всех видов ионов) и величину ионной силы биосред



В организме человека осмолярность составляет примерно 290-300 мОсм/л или 0.3 моль/л.

## Образуют биоэлектрический потенциал

Потенциал покоя  
клеточных мембран  
– 70-90 мВ  
(внутренняя  
поверхность  
мембраны заряжена  
отрицательно)

В возбужденном  
состоянии  
повышается до  
+ 40-60 мВ

Потенциал действия  
изменяется в  
пределах  $\approx 110-150$  мВ

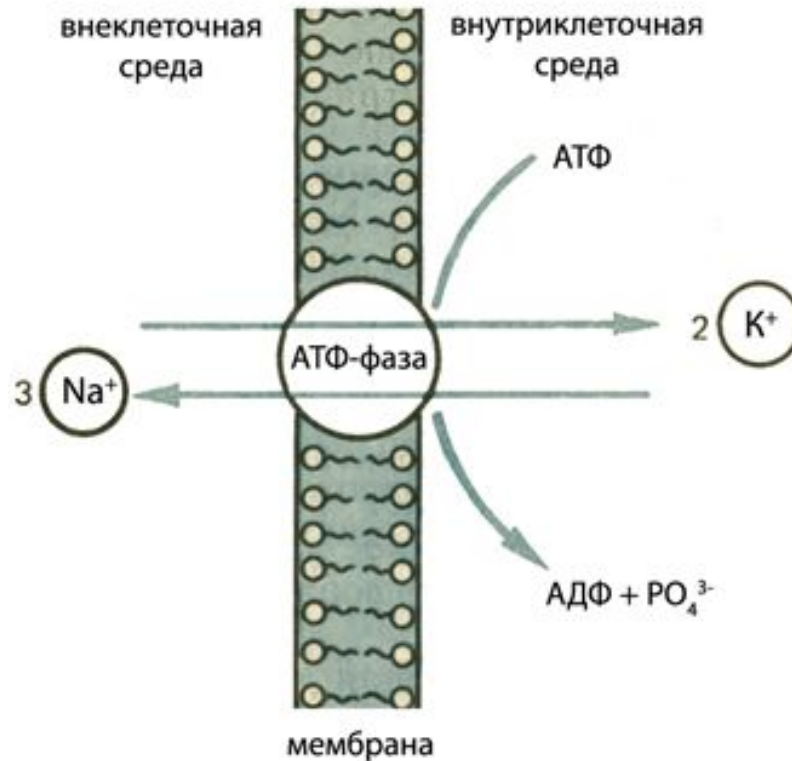
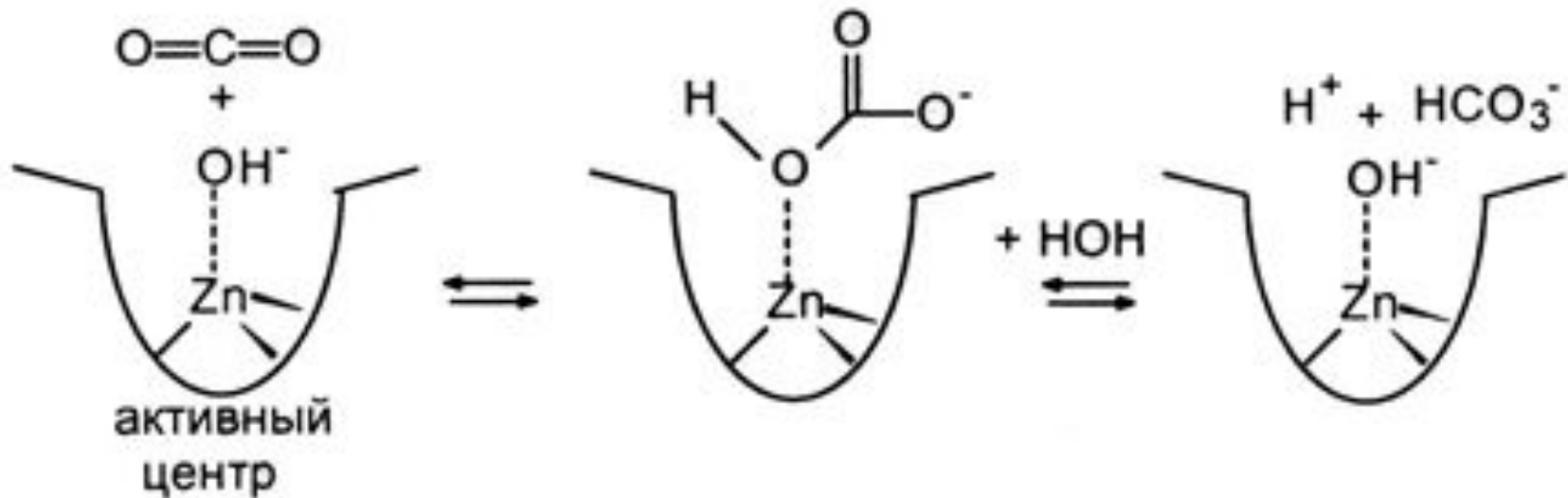


Схема действия Na<sup>+</sup>-, K<sup>+</sup>-АТФ-фазы и  
возникновение разности потенциалов  
на клеточных мембранах

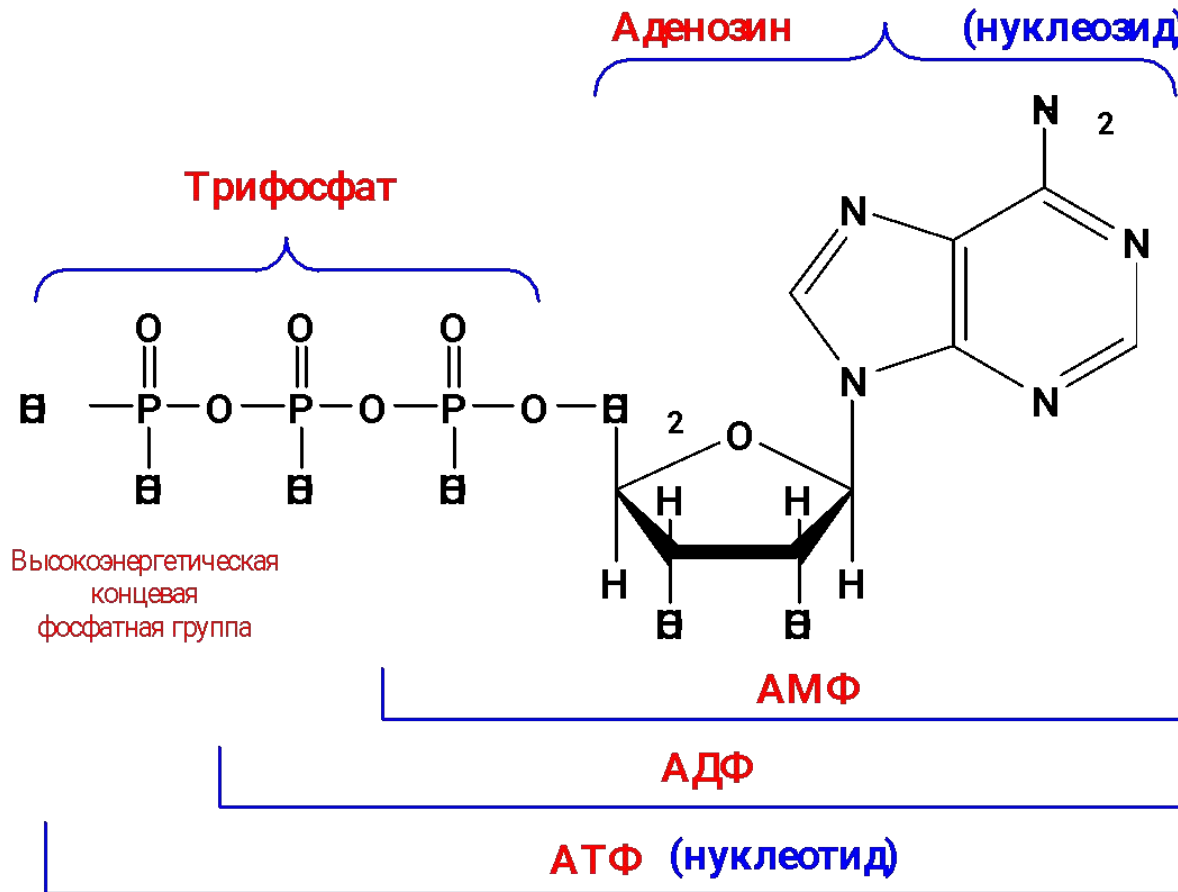
Катализируют процессы обмена веществ

Участие активного центра карбоангидразы  
в гидратации углекислого газа

При поступлении крови в легкие  
карбоангидраза эритроцитов расщепляет  
бикарбонаты образуя свободный  $\text{CO}_2$



# Служат в качестве энергетических депо (фосфаты)



✓ **Участвуют в свертывающей системы крови**



## **Стабилизируют костные ткани**

**Образование защитного  
эмалевого слоя**

**Лечение кариеса  
фторидами**

**Выпускники 2018 года**



**Спасибо за внимание!**