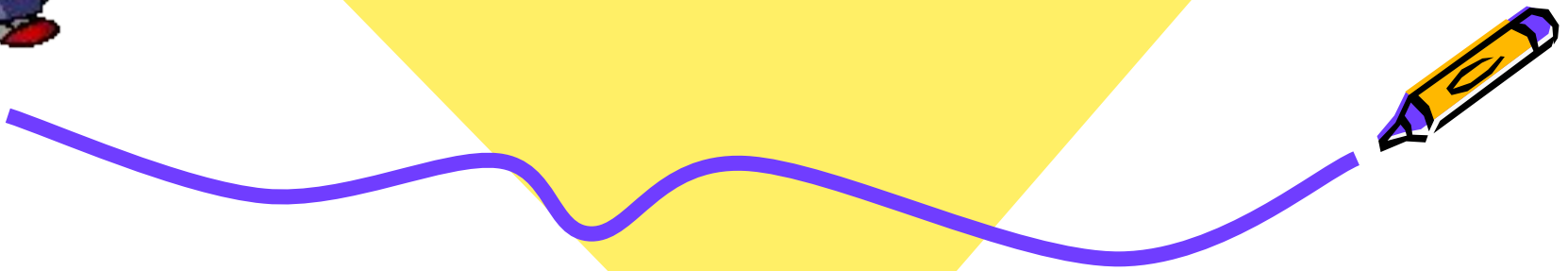
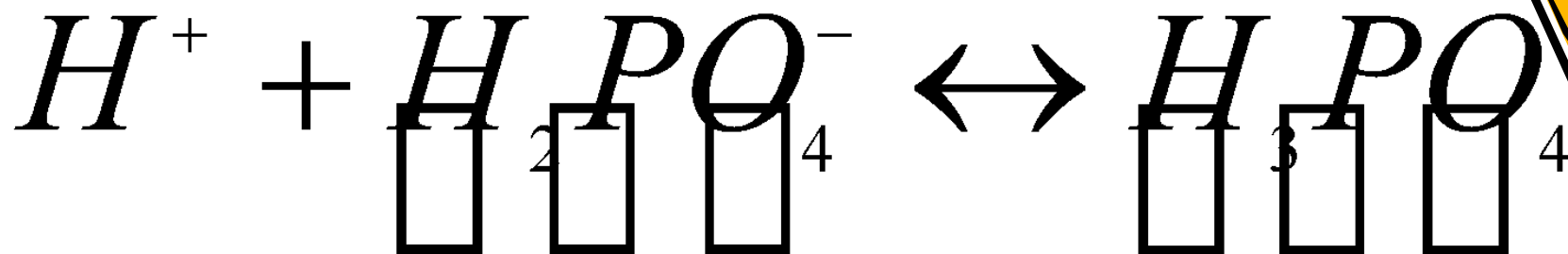


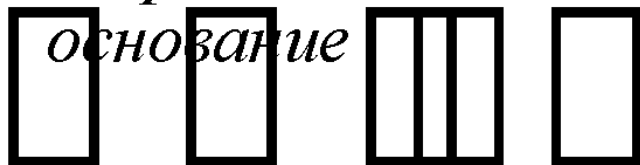
# Буферные системы



09/30/2021



*сопряженное  
основание*



*сопряженная  
кислота*

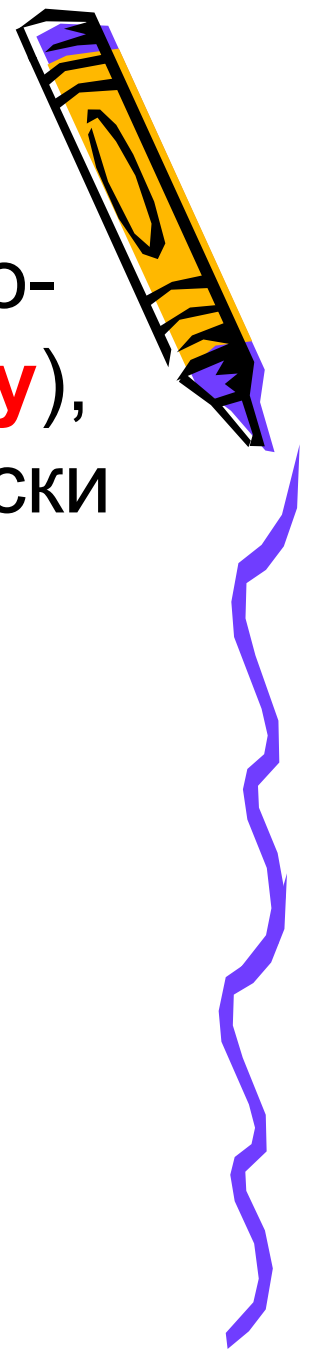


*сопряженная  
кисотно – основная  
пара*



09/30/2021

**Буферный раствор** – это раствор, содержащий сопряженную кислотно-основную пару (**буферную систему**), способную поддерживать практически постоянное значение рН при разбавлении или при добавлении небольших количеств кислоты или щелочи.



09/30/2021

# Классификация буферных растворов

1. слабая кислота и ее соль - кислотная буферная система  
( $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{KHCO}_3$ )
2. слабое основание и его соль - основная буферная система  
( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ )



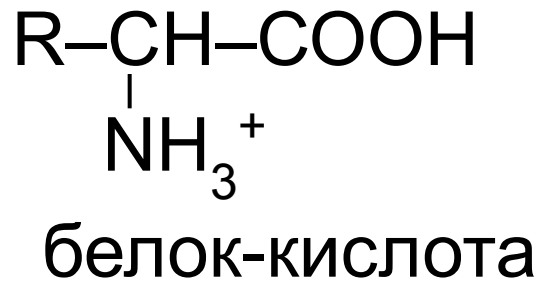
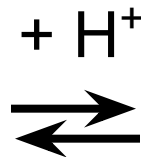
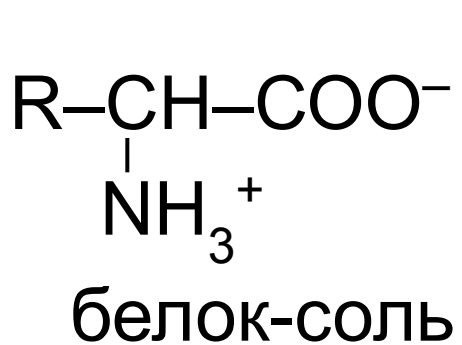
09/30/2021



3. кислая и средняя соли или две кислых соли - относятся к кислотным буферным системам (более кислая соль выполняет функцию слабой кислоты)  
( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$ )
4. растворы амфолитов (аминокислот, белков) проявляют буферное действие, при добавлении некоторого количества кислоты или щелочи.



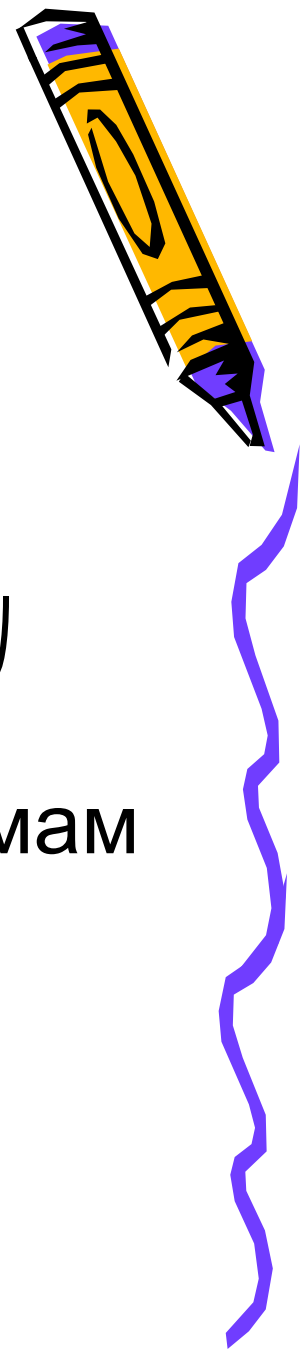
09/30/2021

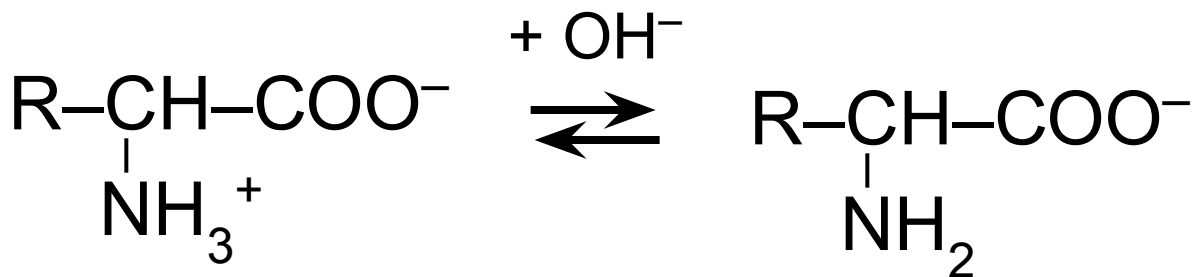


относят к кислотным буферным системам



09/30/2021





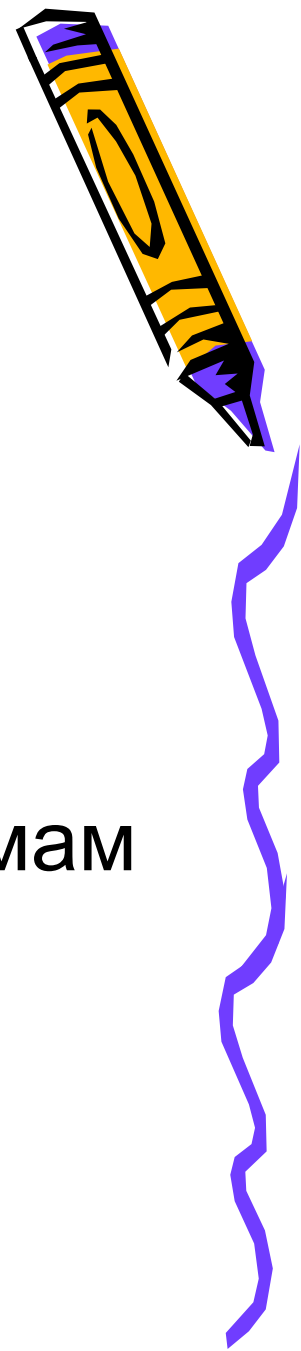
белок-соль

белок-основание

относят к основным буферным системам



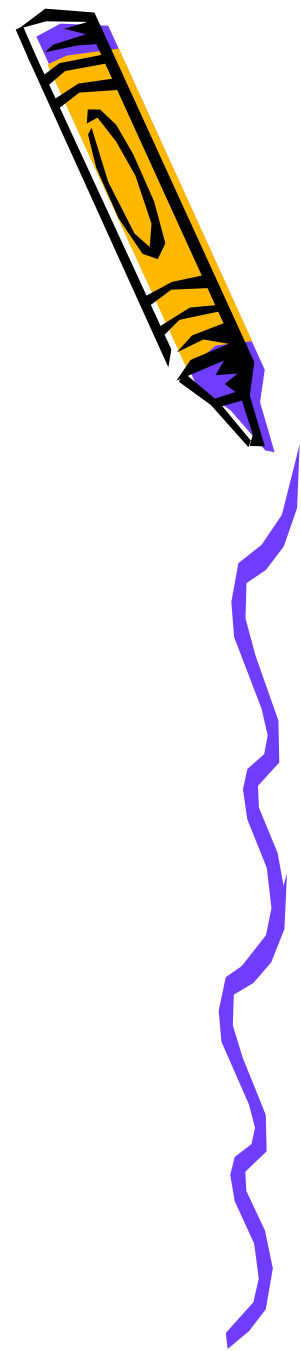
09/30/2021



# Расчет рН буферных растворов

производят по уравнению

Гендерсона-Гассельбаха



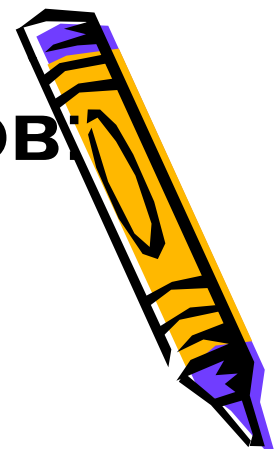
09/30/2021



для кислотных буферных растворов:

$$pH = pK_a + \lg \frac{[соли]}{[к-ты]}$$

$$pH = pK_a + \lg \frac{C_{соли} \cdot V_{соли}}{C_{к-ты} \cdot V_{к-ты}}$$



09/30/2021

где  $pK_a$  – показатель константы  
диссоциации кислоты  $pK_a = -\lg K_a$  ,  
[соли] и [кислоты] – молярные  
равновесные концентрации соли и  
кислоты соответственно,

$C_{\text{соли}}$ ,  $C_{\text{кислоты}}$ ,  $V_{\text{соли}}$ ,  $V_{\text{кислоты}}$  – концентрации  
и объемы соли и кислоты, взятых для  
приготовления БР

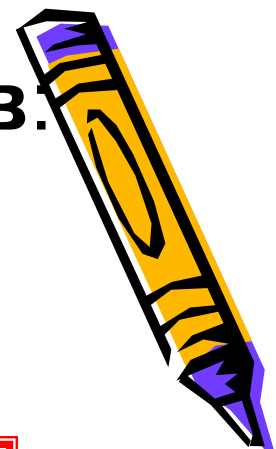


09/30/2021

для основных буферных растворов:

$$pH = 14 - pK_b - \lg \frac{[соли]}{[осн]}$$

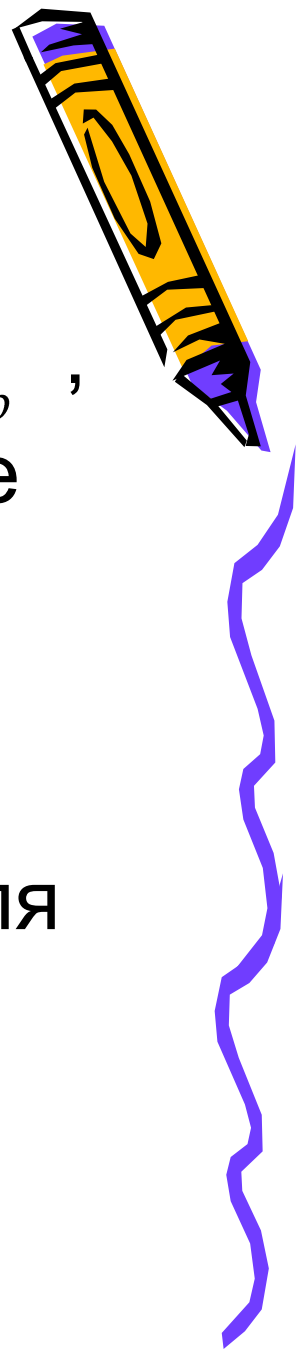
$$pH = 14 - pK_b - \lg \frac{C_{соли} \cdot V_{соли}}{C_{осн} \cdot V_{осн}}$$



09/30/2021

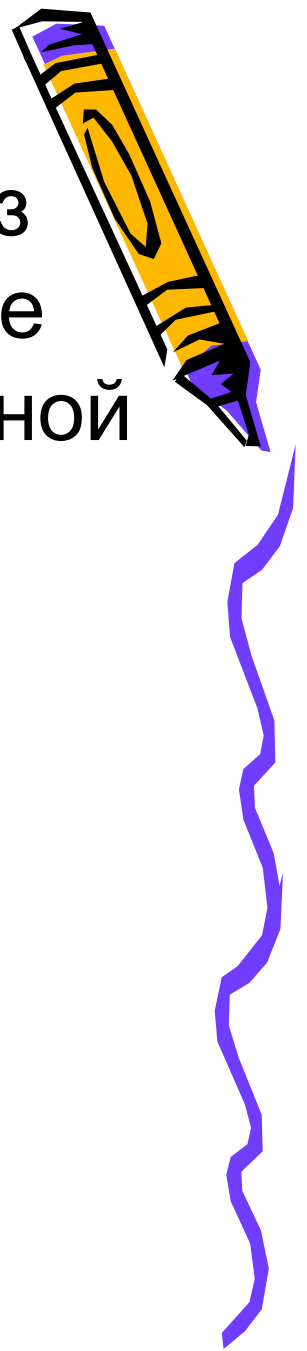
где  $pK_b$  – показатель константы  
диссоциации кислоты  $pK_b = -\lg K_b$  ,  
[соли] и [осн] – молярные равновесные  
концентрации соли и основания  
соответственно,

$C_{\text{соли}}$ ,  $C_{\text{осн}}$ ,  $V_{\text{соли}}$ ,  $V_{\text{осн}}$  – концентрации и  
объемы соли и основания, взятых для  
приготовления БР



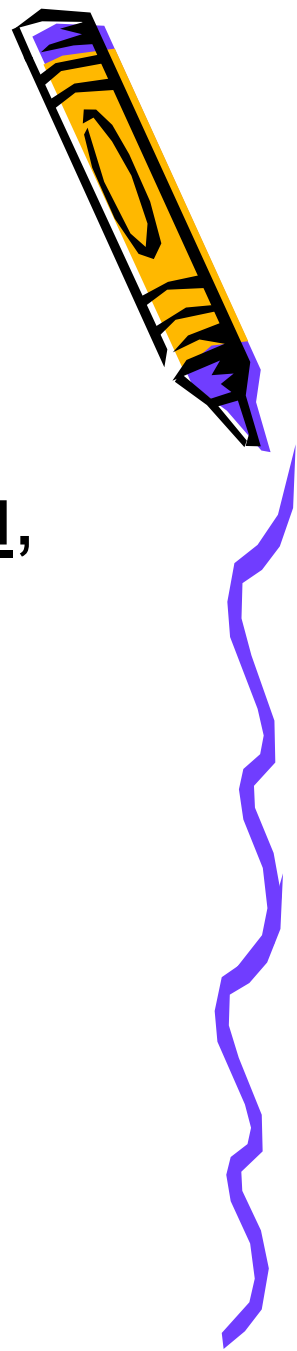
09/30/2021

Буферные растворы, состоящие из двух солей, одна из которых (более кислая) выполняет роль сопряженной кислоты, относятся к кислотным буферным растворам, рН рассчитывают по формуле для кислотных буферных растворов.





09/30/2021

При разбавлении буферных растворов концентрации всех компонентов уменьшаются, но их соотношение остается прежним, поэтому согласно формулам Гендерсона-Гассельбаха рН растворов не меняется.



09/30/2021


$$pH = pK_a + \lg \frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]} = 4,76 + \lg \frac{4 \text{ моль / л}}{4 \text{ моль / л}} = 4,76$$

$$pH = pK_a + \lg \frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]} = 4,76 + \lg \frac{2 \text{ моль / л}}{2 \text{ моль / л}} = 4,76$$




09/30/2021

## Расчет pH при добавлении кислоты HAn:

- в кислотной буферной системе:

$$pH = pK_a + \lg \frac{C_{\text{соли}} \cdot V_{\text{соли}} - C_{\text{HAn}} \cdot V_{\text{HAn}}}{C_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}} + C_{\text{HAn}} \cdot V_{\text{HAn}}}$$

- в основной буферной системе:

$$pH = 14 - pK_b - \lg \frac{C_{\text{соли}} \cdot V_{\text{соли}} + C_{\text{HAn}} \cdot V_{\text{HAn}}}{C_{\text{осн}} \cdot V_{\text{осн}} - C_{\text{HAn}} \cdot V_{\text{HAn}}}$$



09/30/2021



## Расчет pH при добавлении щелочи:

- в кислотной буферной системе:

$$pH = pK_a + \lg \frac{C_{\text{соли}} \cdot V_{\text{соли}} + C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}}{C_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}} - C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}}$$

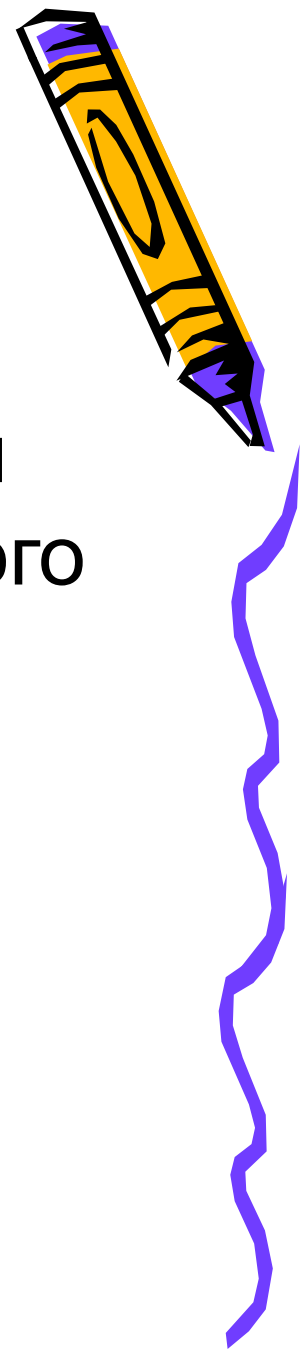
- в основной буферной системе:

$$pH = 14 - pK_b - \lg \frac{C_{\text{соли}} \cdot V_{\text{соли}} - C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}}{C_{\text{осн}} \cdot V_{\text{осн}} + C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}}$$



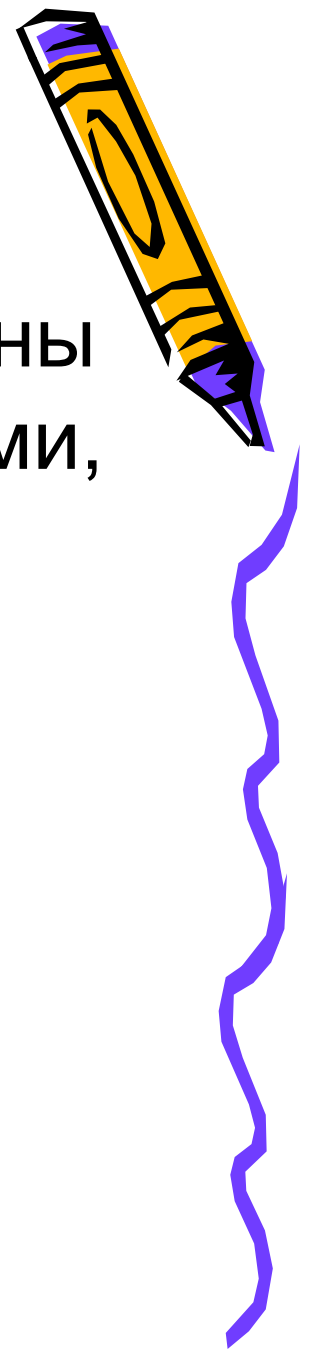
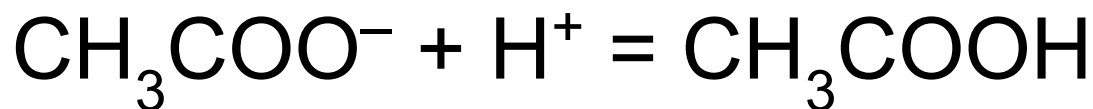
09/30/2021

При добавлении небольшого количества кислоты, выделившиеся ионы водорода связываются сопряженным основанием буферной системы, при добавлении небольшого количества щелочи, выделившиеся гидроксид-ионы связываются сопряженной кислотой буферной системы.



09/30/2021

при добавлении небольшого количества соляной кислоты к ацетатному буферному раствору ионы водорода связываются ацетат-ионами, образовавшимися в результате диссоциации ацетата натрия:



09/30/2021

концентрация ацетата натрия  
уменьшается, а концентрация уксусной  
кислоты увеличивается, соотношение  
концентраций компонентов

$\frac{[соли]}{[кислоты]}$  изменяется, но для того чтобы

pH раствора изменился на единицу,  
соотношение компонентов должно  
изменится в 10 раз.



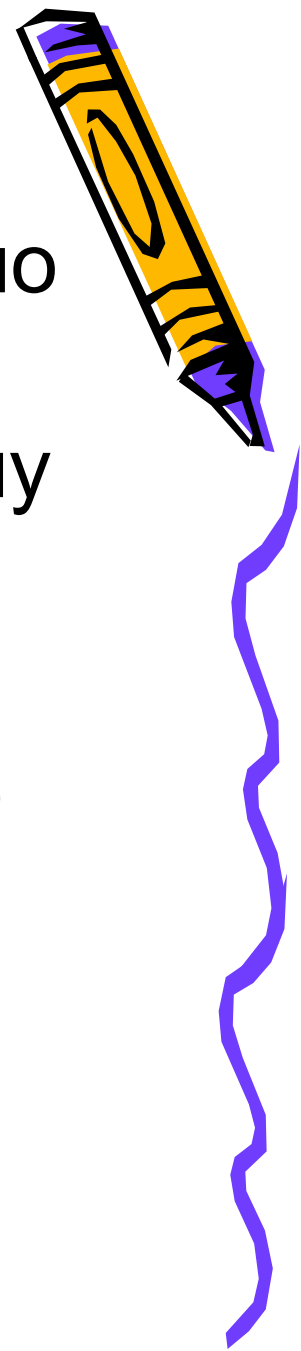
09/30/2021

Число моль-эквивалентов сильной кислоты или щелочи, которое нужно добавить к 1 литру буферного раствора, чтобы изменить величину рН на единицу, называется **буферной емкостью**.

Различают буферную емкость по кислоте и буферную емкость по щелочи :

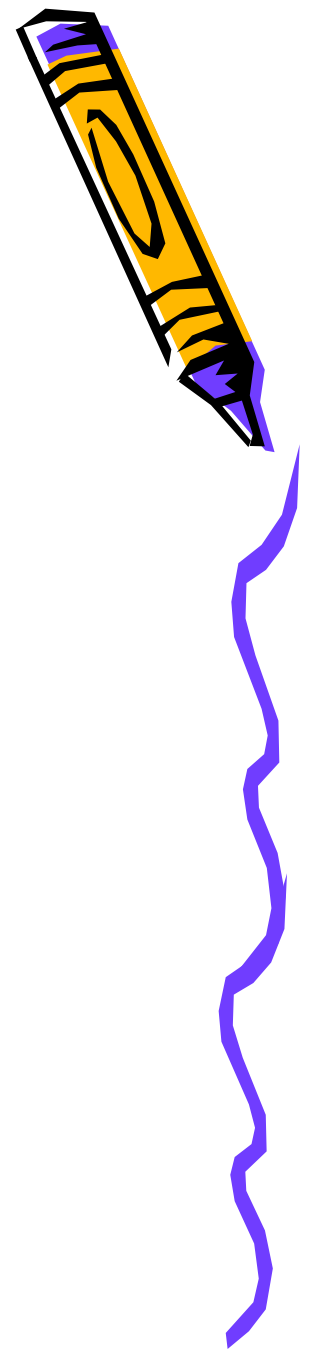


09/30/2021

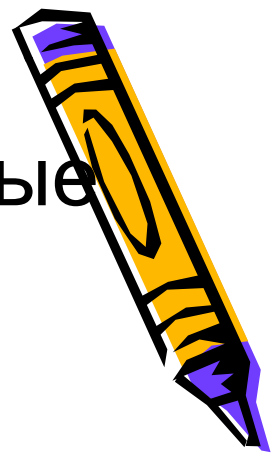


$$V_a = \frac{C_n(\text{кислоты}) \cdot V(\text{кислоты})}{|\Delta pH| \cdot V(\text{б.р.})}$$

$$V_b = \frac{C_n(\text{щелочи}) \cdot V(\text{щелочи})}{|\Delta pH| \cdot V(\text{б.р.})}$$



09/30/2021

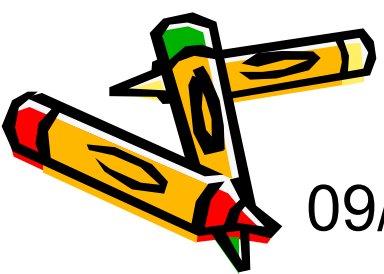


$C_H$ (кислоты) и  $C_H$ (щелочи) – эквивалентные концентрации кислоты и щелочи соответственно;

$V$ (кислоты) и  $V$ (щелочи) – объемы добавленных кислоты и щелочи соответственно;

$V$ (б.р.) – объем буферного раствора;

$|\Delta pH|$  - изменение значения pH, вызванное добавлением кислоты или щелочи.



Буферная емкость зависит от:

- концентраций компонентов
- соотношения концентраций компонентов

Максимального значения буферная емкость достигает при равенстве концентраций компонентов буферной системы.



09/30/2021





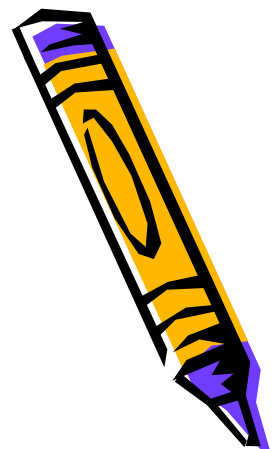
**Кислотно-основный гомеостаз** в организме обеспечивается несколькими буферными системами.

- 1. Гидрокарбонатная (бикарбонатная, водородкарбонатная) буферная система** состоит из угольной кислоты (раствора  $\text{CO}_2$  в воде) и  $\text{HCO}_3^-$ .



09/30/2021

устанавливается равновесие:



09/30/2021

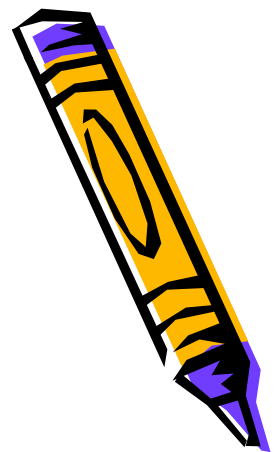
# Уравнение Гендерсона-Гассельбаха

$$pH = pK_a + \lg \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

или  $pH = 6,36 + \lg[HCO_3^-] - \lg p(CO_2)$ ,

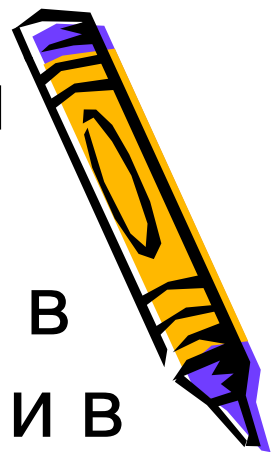
где  $p(CO_2)$  – парциальное давление  $CO_2$   
в альвеолах легких,

6,36 –  $pK_a$  угольной кислоты с поправкой  
на константу Генри.



09/30/2021

- основная буферная система плазмы крови, обеспечивает  $\approx 55\%$  от всей буферной емкости крови. Содержится в эритроцитах, межклеточной жидкости и в почечной ткани. Главное назначение - в нейтрализации кислот, при этом нарушение соотношения компонентов восстанавливается в течение нескольких часов за счет изменения объема легочной вентиляции.



09/30/2021

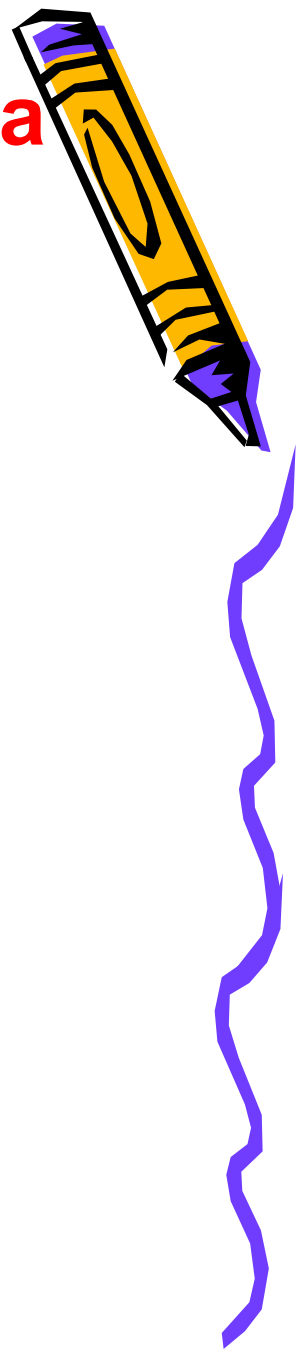
# Гидрофосфатная буферная система

в клетках представлена  $K_2HPO_4$  и  $KH_2PO_4$ , а в плазме крови и в межклеточной жидкости  $Na_2HPO_4$  и  $NaH_2PO_4$ .

$$pH = pK_a + \lg \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$$

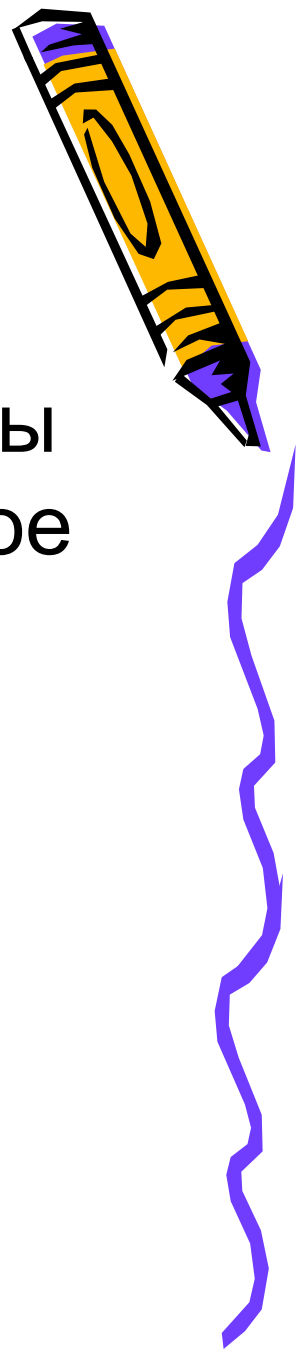


09/30/2021

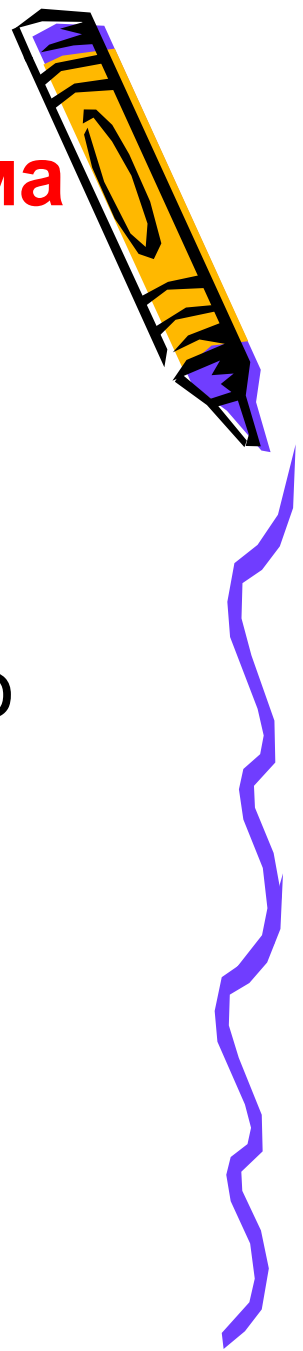


Буферная емкость по кислоте  
больше, чем по основанию.

Избыточные компоненты  
гидрофосфатной буферной системы  
выводятся почками, при этом полное  
восстановление соотношения  
происходит только через 2-3 суток.



09/30/2021

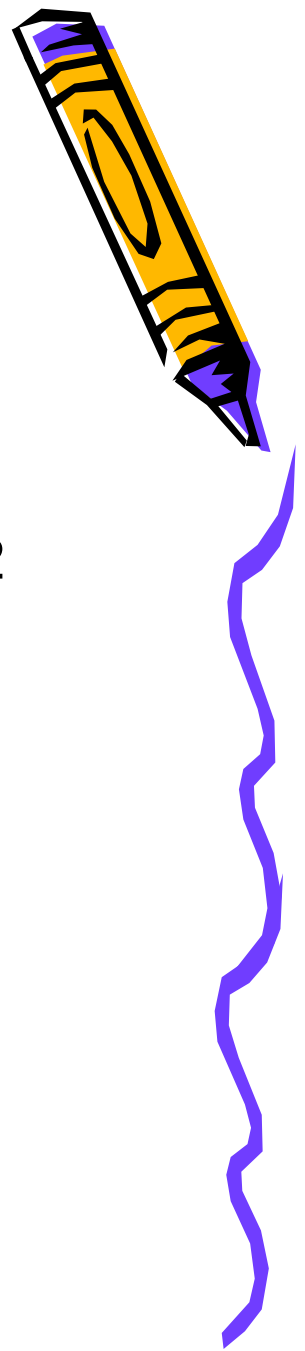


# Гемоглибиновая буферная система

содержится в эритроцитах,  
представляет собой две  
сопряженные кислотно-основные  
пары: гемоглобин  $H\text{Hb}$  и его анион  
 $\text{Hb}^-$  и оксигемоглобин  $H\text{HbO}_2$  и его  
анион  $\text{HbO}_2^-$ .



Механизм действия этой системы  
основан на реакциях:



09/30/2021



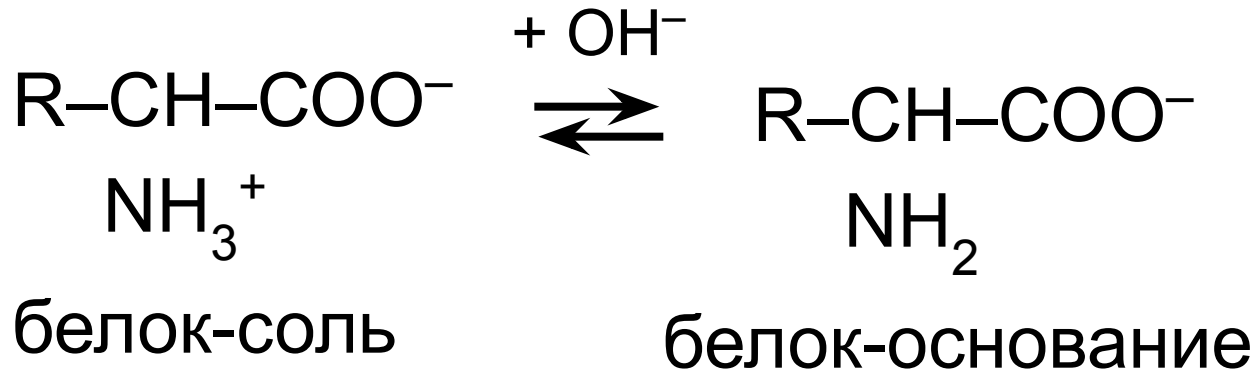
играет значительную роль в  
играет значительную роль в  
процессах дыхания, транспорта  
процессах дыхания, транспорта  
кислорода в ткани и поддержании  
кислорода в ткани и поддержании  
постоянства рН внутри  
постоянства рН внутри эритроцитов, а  
эритроцитов, а также в крови.  
также в крови. Эффективно  
Эффективно взаимодействует  
взаимодействует только в сочетании с  
только в сочетании с другими  
другими буферными системами  
буферными системами организма.  
организма.



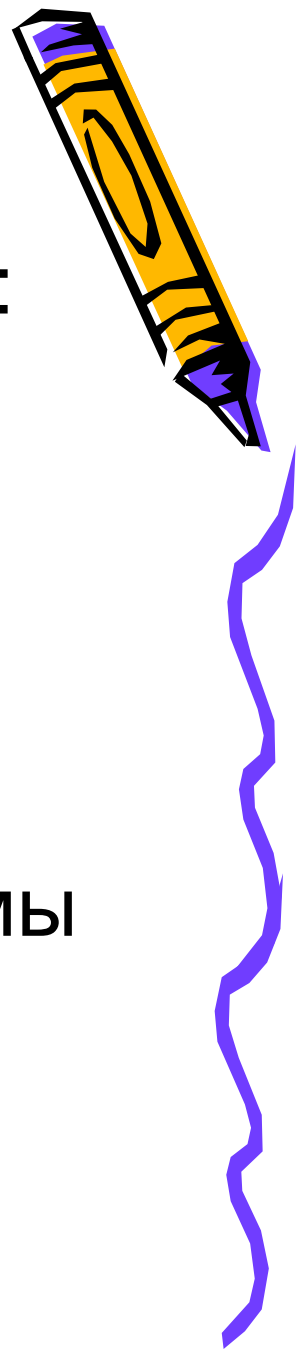
09/30/2021

# Белковая (протеиновая) буферная система

состоит из «белка-основания» и «белка-соли»:



При физиологическом значении pH мощность белковой буферной системы незначительна.



09/30/2021

Все буферные системы в организме взаимосвязаны и для всех них буферная емкость по кислоте больше, чем по основанию. Это связано с особенностями метаболизма человеческого организма, образующего больше кислотных продуктов, чем основных.



09/30/2021

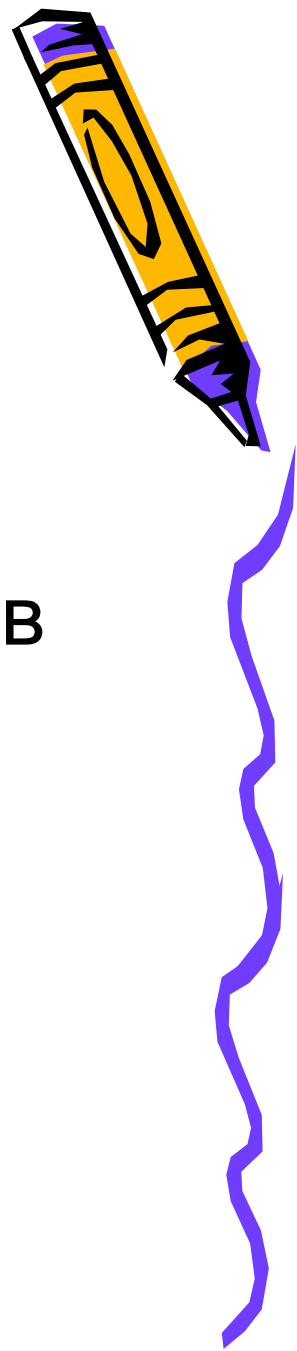
Важным показателем для физиологических сред является кислотная буферная ёмкость. При различных заболеваниях, отравлениях, голодании и т. п. могут наблюдаться изменения буферной ёмкости по кислоте по сравнению с нормой, т. е. патологические явления: ацидоз и алкалоз.



09/30/2021

# Ацидоз

– это уменьшение кислотной буферной ёмкости физиологической системы по сравнению с нормой и, как следствие, увеличение продуктов кислого характера в организме.



09/30/2021

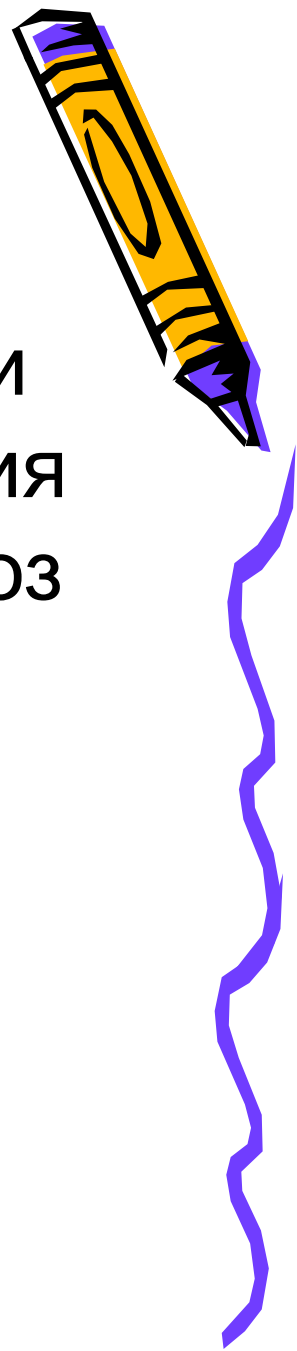
# Алкалоз

– это увеличение кислотной буферной ёмкости физиологической системы по сравнению с нормой и, как следствие, увеличение продуктов основного характера в организме.



09/30/2021

Ацидоз или алкалоз могут быть вызваны нарушением процессов дыхания (респираторный ацидоз или алкалоз) или процессов пищеварения и выделения (метаболический ацидоз или алкалоз).



09/30/2021

при недостатке  $O_2$  или избытке  $CO_2$   
 в атмосфере, равновесие



плазма крови

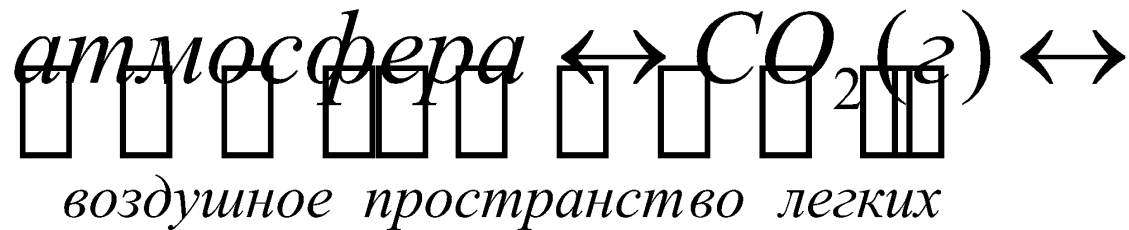
сдвигается вправо, появляется избыток  $H^+$   
 в крови, развивается ацидоз



09/30/2021



при избыточной вентиляции легких



равновесие сдвигается влево, содержание  $H^+$  в крови становится меньше нормы, развивается алкалоз



09/30/2021