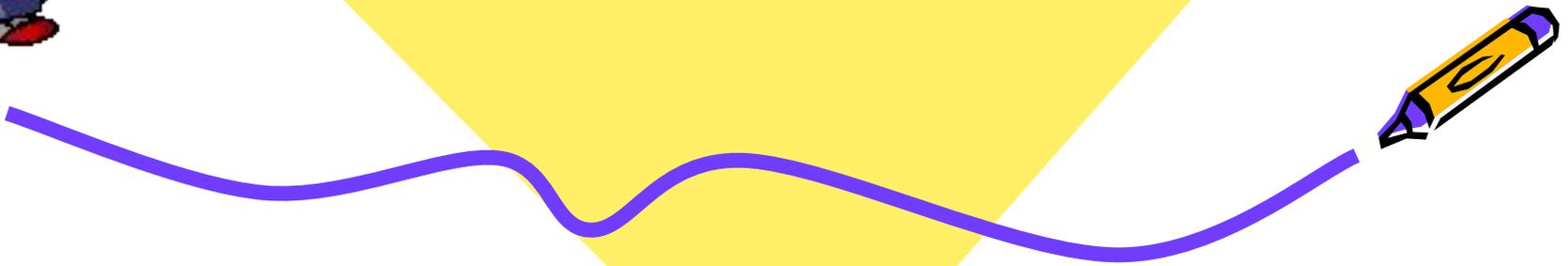
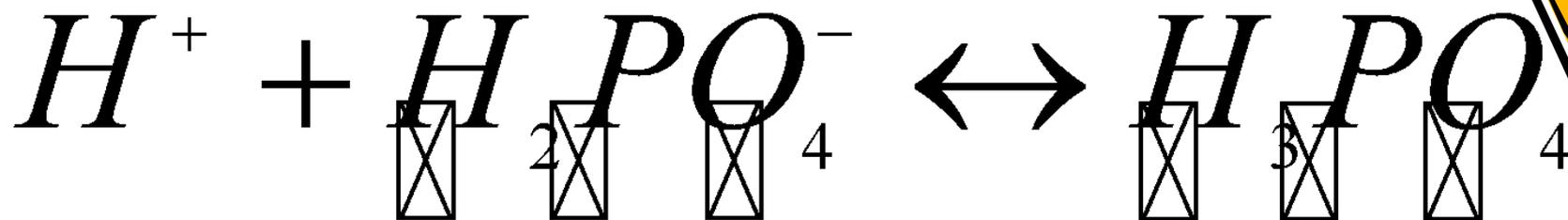


Буферные системы



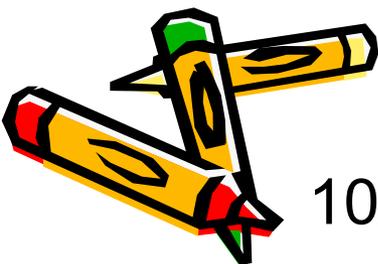
10/25/2022



*сопряженно е
основание*

*сопряженная
кислота*

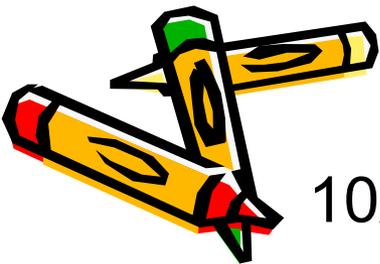
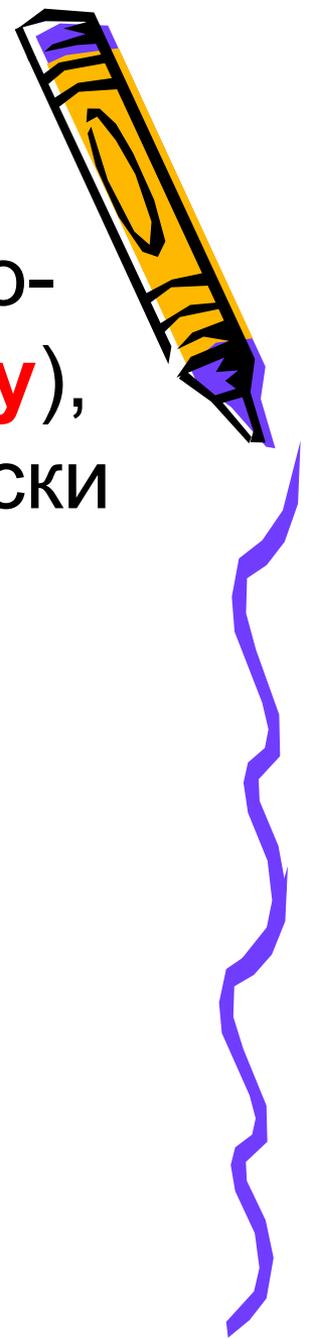
*сопряженная
кисотно – основная
пара*



10/25/2022



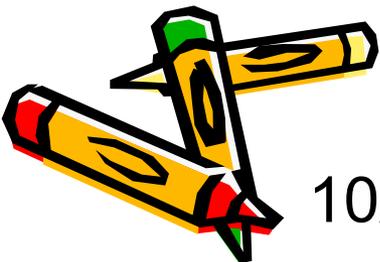
Буферный раствор – это раствор, содержащий сопряженную кислотно-основную пару (**буферную систему**), способную поддерживать практически постоянное значение рН при разбавлении или при добавлении небольших количеств кислоты или щелочи.



10/25/2022

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
($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$)



10/25/2022

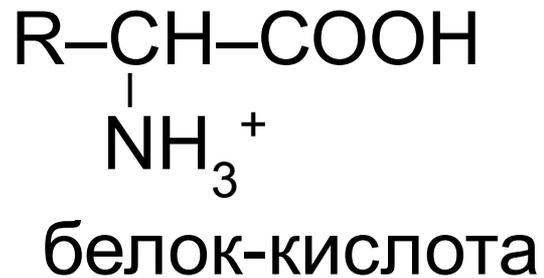
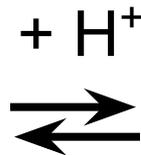
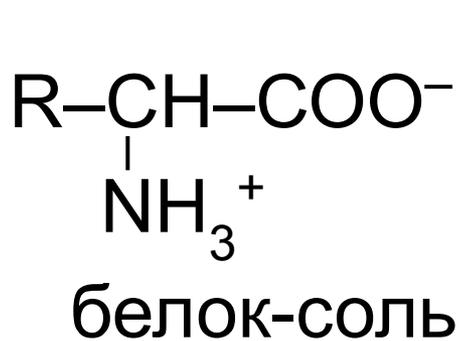


3. кислая и средняя соли или две кислых соли - относят к кислотным буферным системам (более кислая соль выполняет функцию слабой кислоты)
($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$)

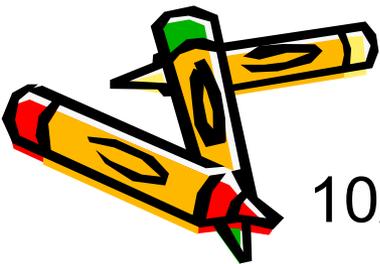
4. растворы амфолитов (аминокислот, белков) проявляют буферное действие, при добавлении некоторого количества кислоты или щелочи.



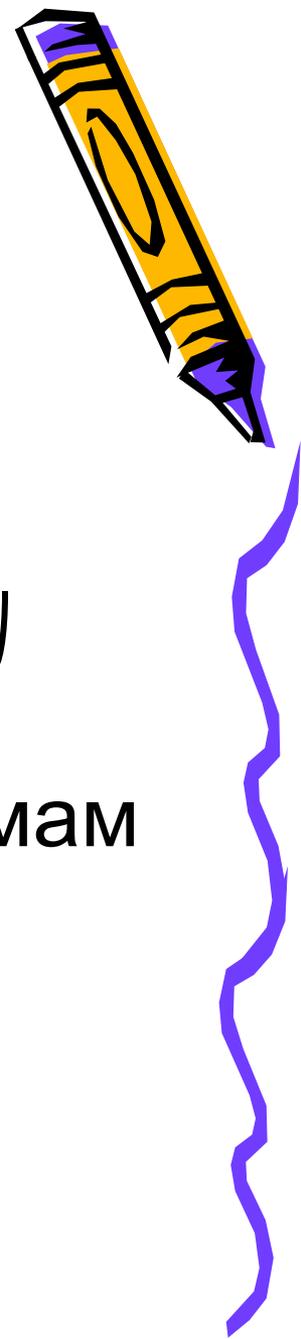
10/25/2022

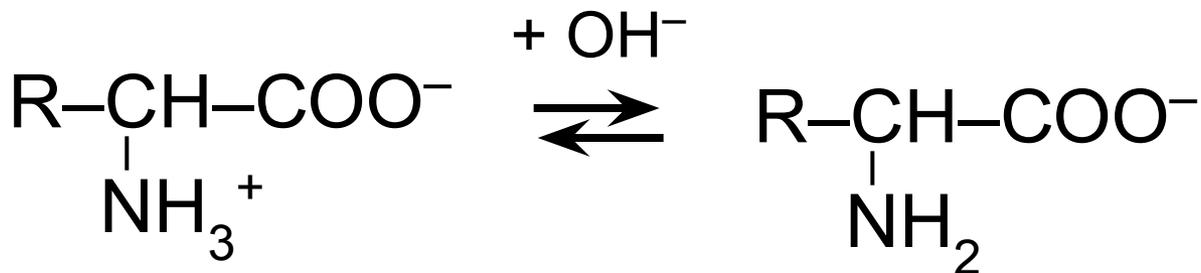


относят к кислотным буферным системам



10/25/2022





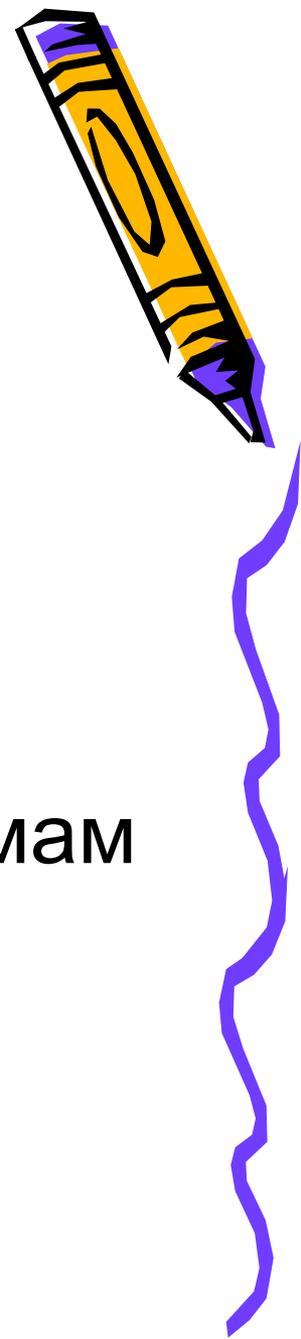
белок-соль

белок-основание

относят к основным буферным системам



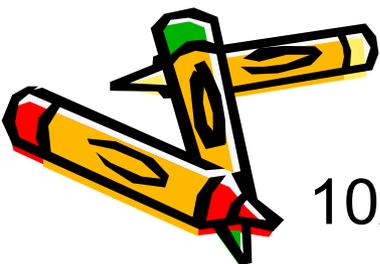
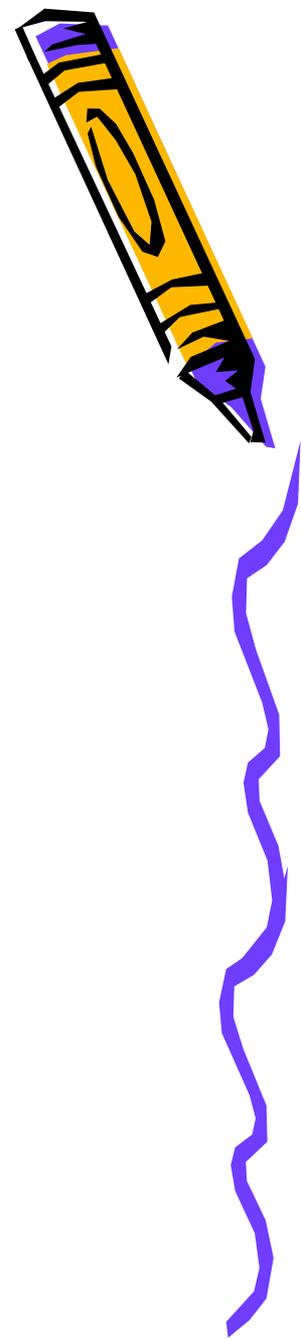
10/25/2022



Расчет pH буферных растворов

производят по уравнению

Гендерсона-Гассельбаха

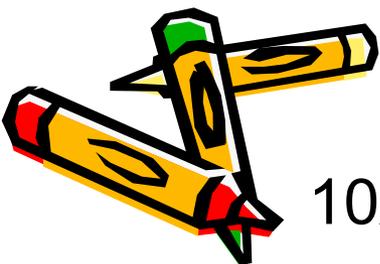


10/25/2022

для кислотных буферных растворов:

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

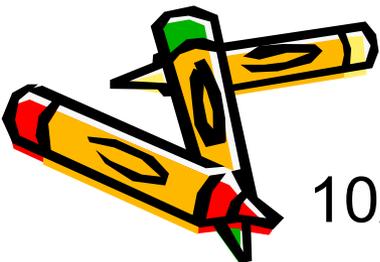
$$pH = pK_a + \lg \frac{C_{соли} \cdot V_{соли}}{C_{к-ты} \cdot V_{к-ты}}$$



10/25/2022

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

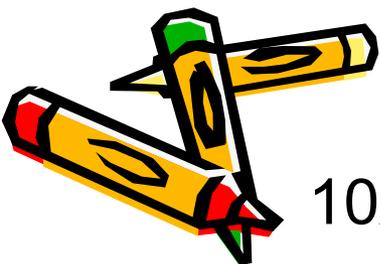
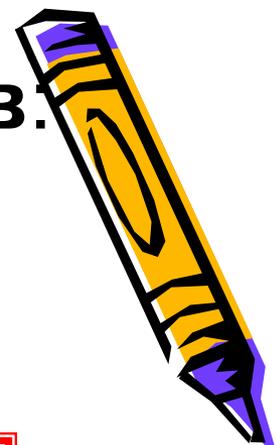


10/25/2022

для основных буферных растворов:

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

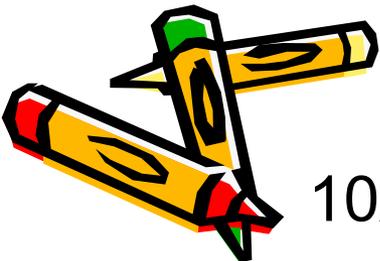
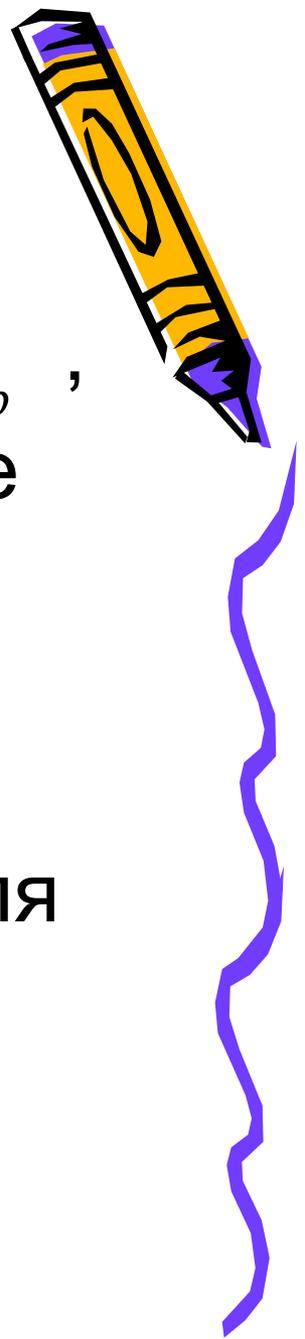
$$pH = 14 - pK_b - \lg \frac{C_{соли} \cdot V_{соли}}{C_{осн} \cdot V_{осн}}$$



10/25/2022

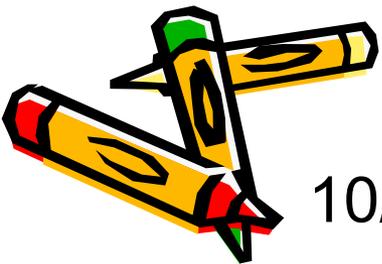
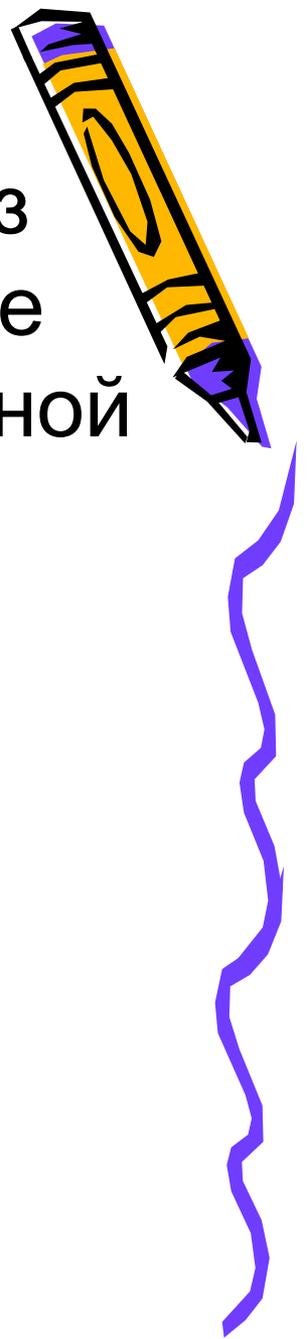
где pK_b – показатель константы
диссоциации кислоты $pK_b = -\lg K_b$,
[соли] и [осн] – молярные равновесные
концентрации соли и основания
соответственно,

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



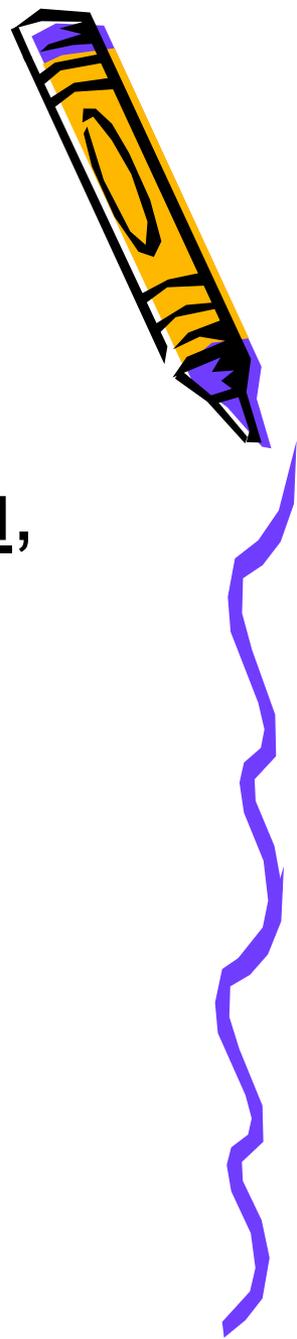
10/25/2022

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

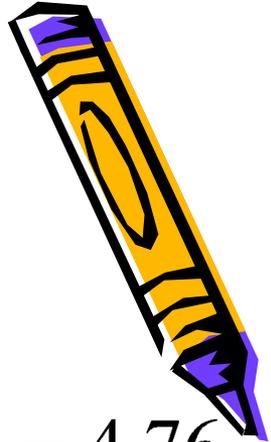


10/25/2022

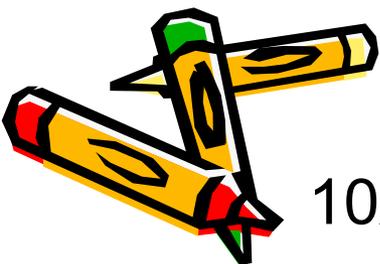
При разбавлении буферных растворов концентрации всех компонентов уменьшаются, но их соотношение остается прежним, поэтому согласно формулам Гендерсона-Гассельбаха рН растворов не меняется.



10/25/2022


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

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



10/25/2022

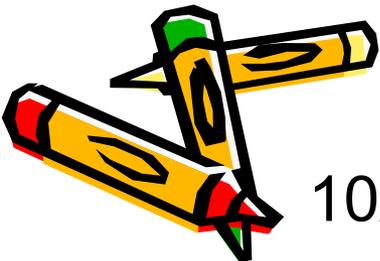
Расчет pH при добавлении кислоты HAn:

- 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:

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



10/25/2022

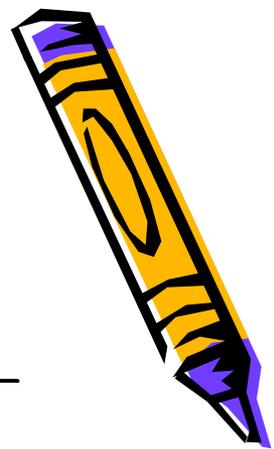
Расчет pH при добавлении щелочи:

- в кислотной буферной системе:

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

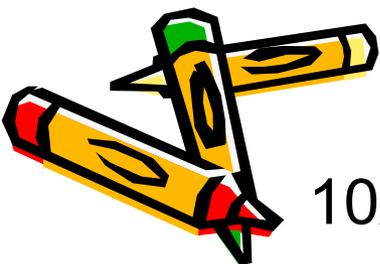
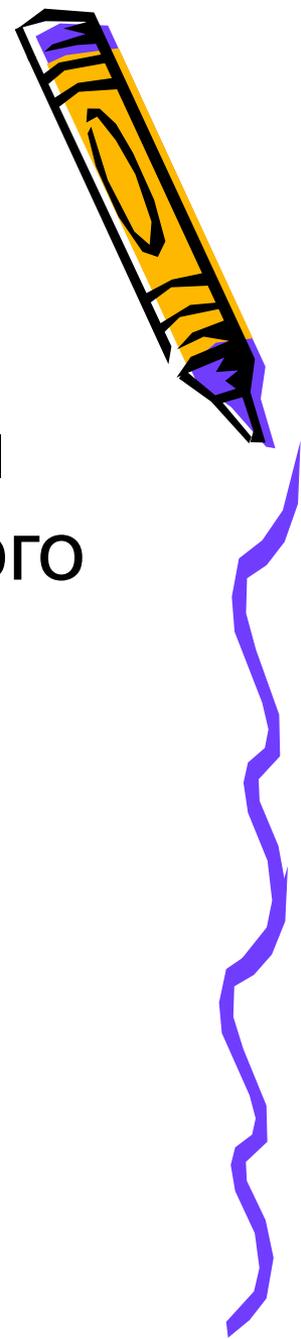
- в основной буферной системе:

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



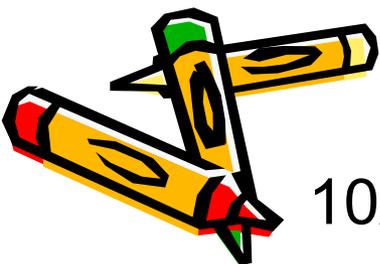
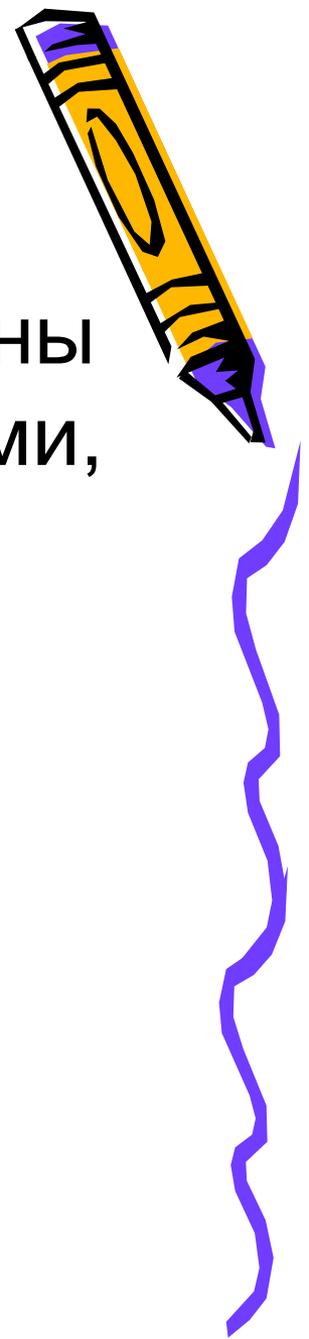
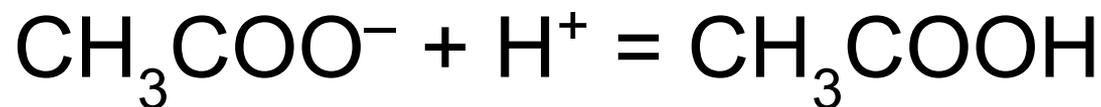
10/25/2022

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.



10/25/2022

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

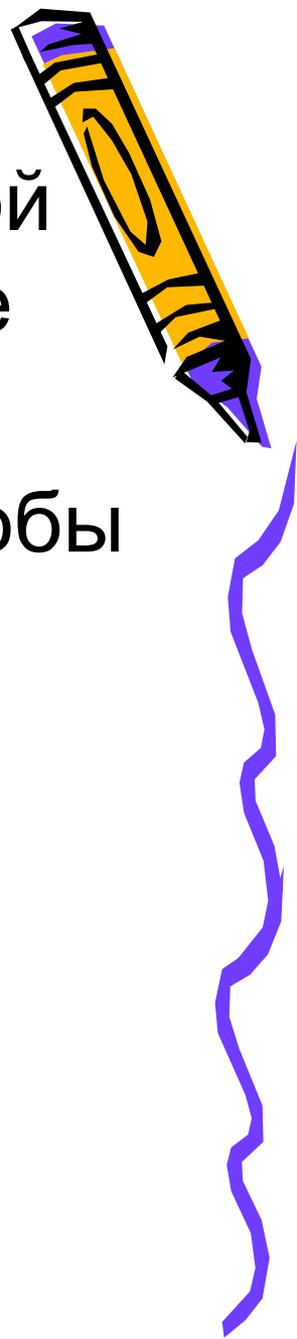


10/25/2022

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.



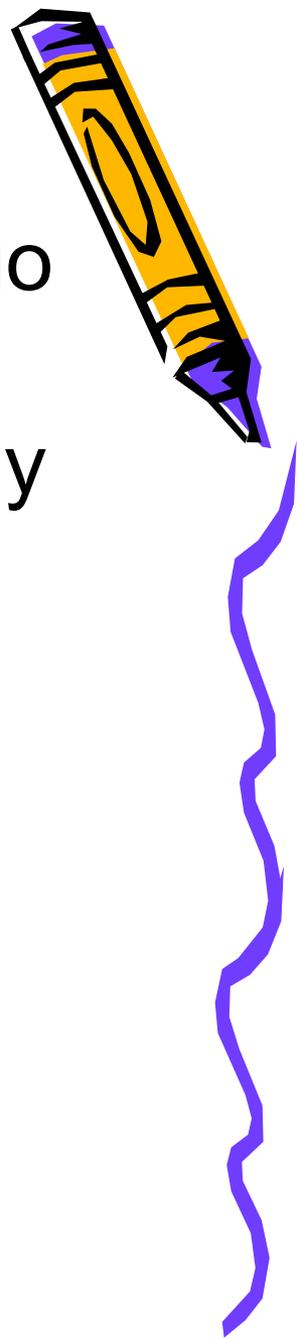
10/25/2022

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 :

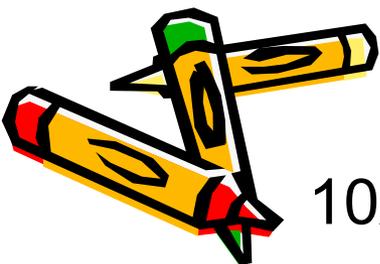
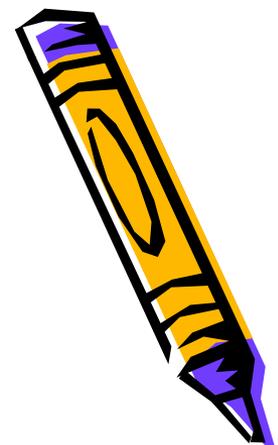


10/25/2022

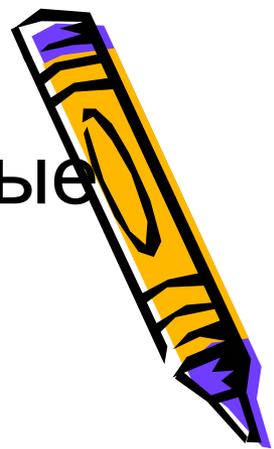


$$V_a = \frac{C_n(\text{кислоты}) \cdot V(\text{кислоты})}{|\Delta pH| \cdot V(\text{б.р.})}$$

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



10/25/2022

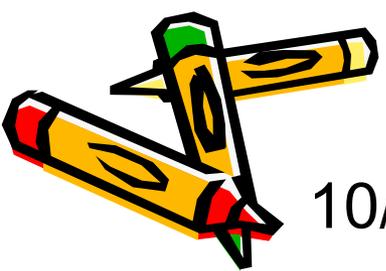


C_H (кислоты) и C_H (щелочи) – эквивалентные концентрации кислоты и щелочи соответственно;

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.

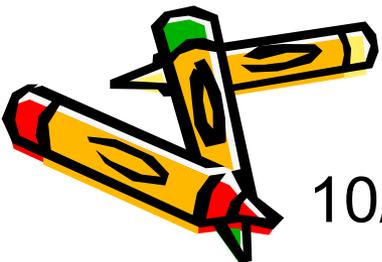


10/25/2022



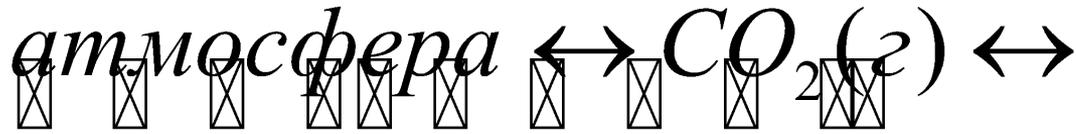
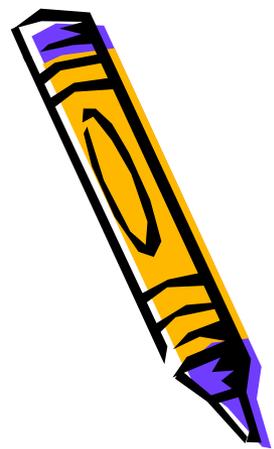
Кислотно-основный гомеостаз в организме обеспечивается несколькими буферными системами.

- 1. Гидрокарбонатная (бикарбонатная, водородкарбонатная) буферная система** состоит из угольной кислоты (раствора CO_2 в воде) и HCO_3^- .

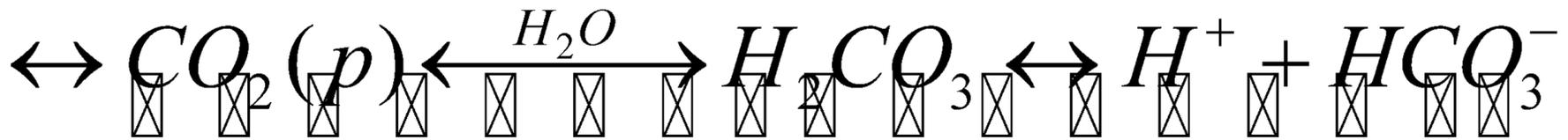


10/25/2022

устанавливается равновесие:



воздушное пространство легких



плазма крови



10/25/2022

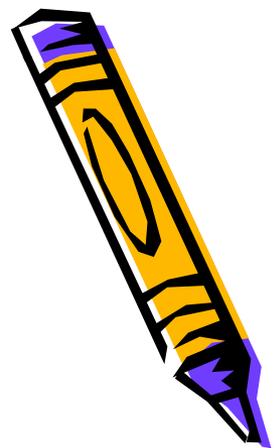
Уравнение Гендерсона-Гассельбаха

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

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

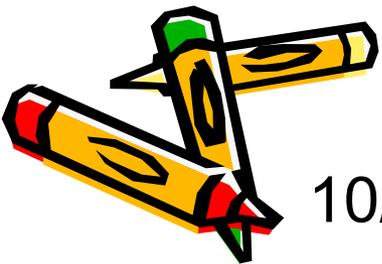
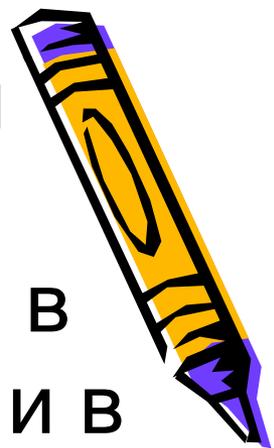
где $p(CO_2)$ – парциальное давление CO_2
в альвеолах легких,

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



10/25/2022

- 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.

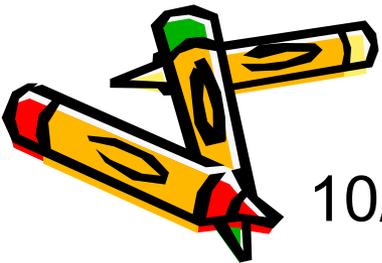


10/25/2022

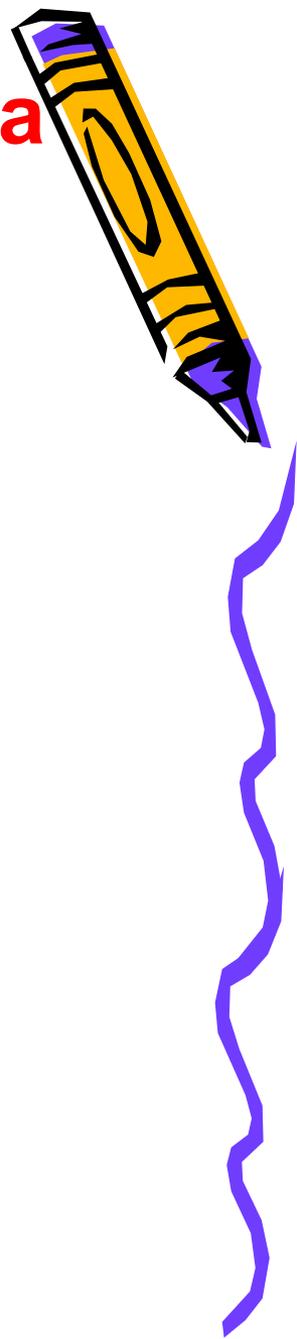
Гидрофосфатная буферная система

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 .

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

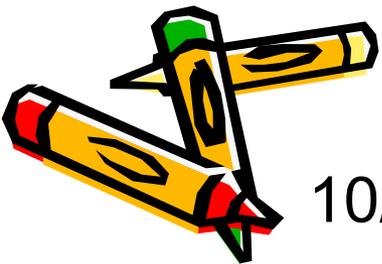
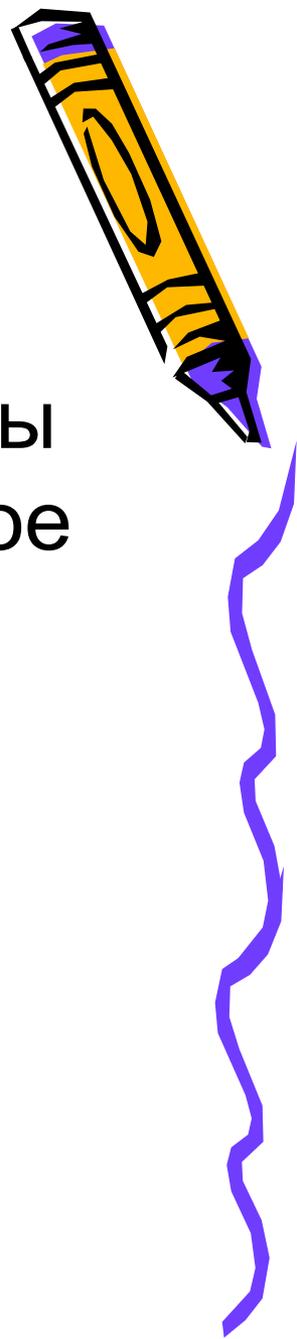


10/25/2022

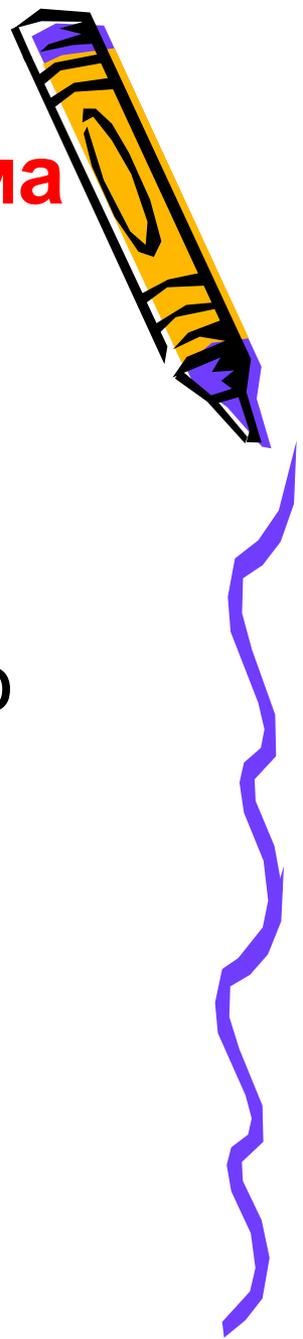


Буферная емкость по кислоте
больше, чем по основанию.

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

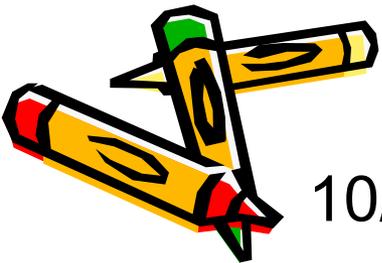


10/25/2022



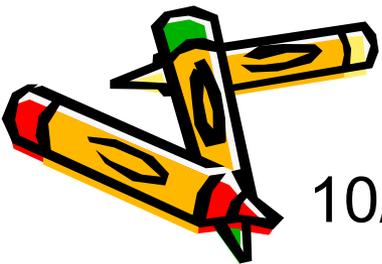
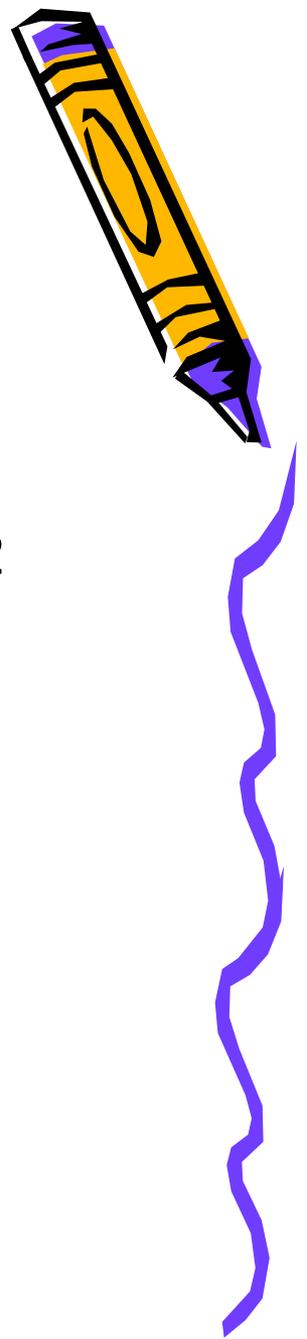
Гемоглибиновая буферная система

содержится в эритроцитах,
представляет собой две
сопряженные кислотно-основные
пары: гемоглобин $H\text{Hb}$ и его анион
 Hb^- и оксигемоглобин HHbO_2 и его
анион HbO_2^- .



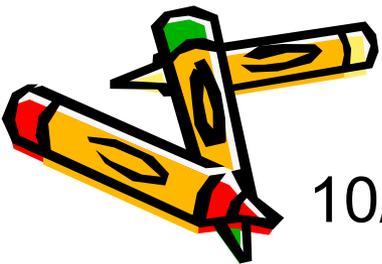
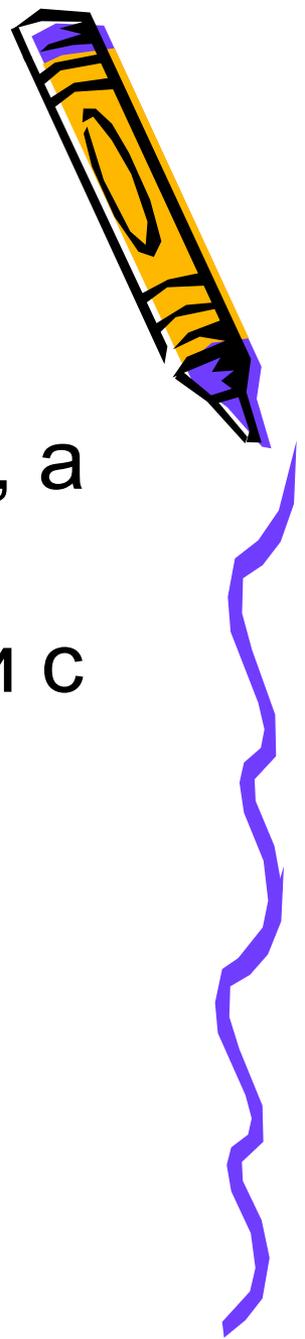
10/25/2022

Механизм действия этой системы
основан на реакциях:



10/25/2022

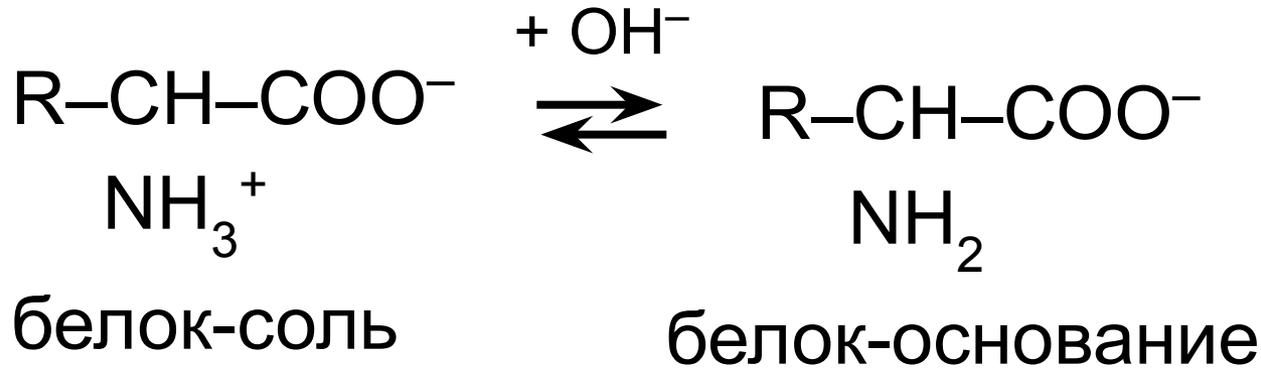
играет значительную роль в
играет значительную роль в
процессах дыхания, транспорта
процессах дыхания, транспорта
кислорода в ткани и поддержании
кислорода в ткани и поддержании
постоянства рН внутри
постоянства рН внутри эритроцитов, а
эритроцитов, а также в крови.
также в крови. Эффективно
Эффективно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



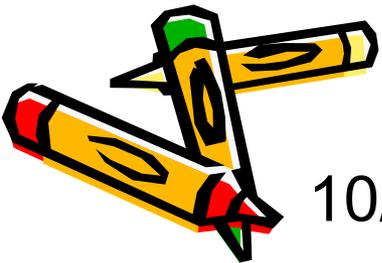
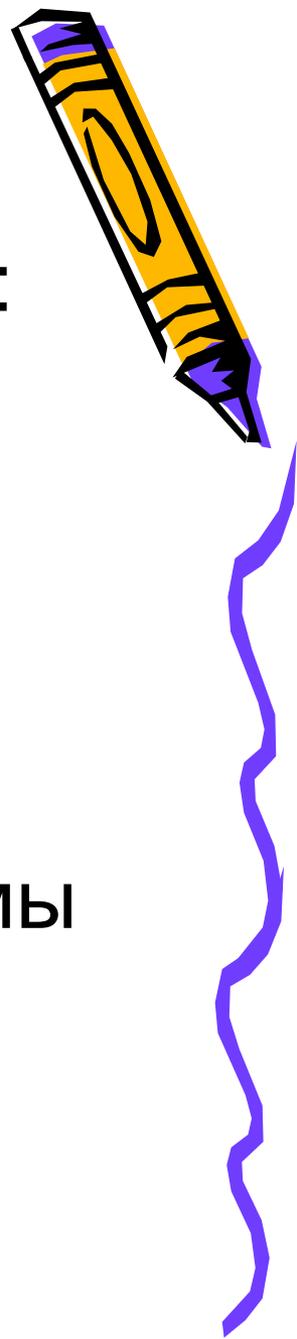
10/25/2022

Белковая (протеиновая) буферная система

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

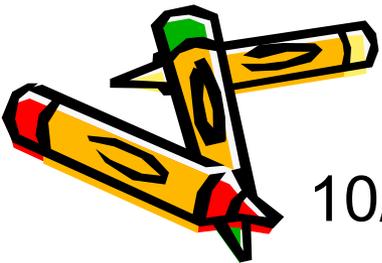


При физиологическом значении pH мощность белковой буферной системы незначительна.



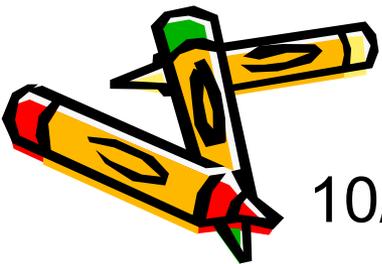
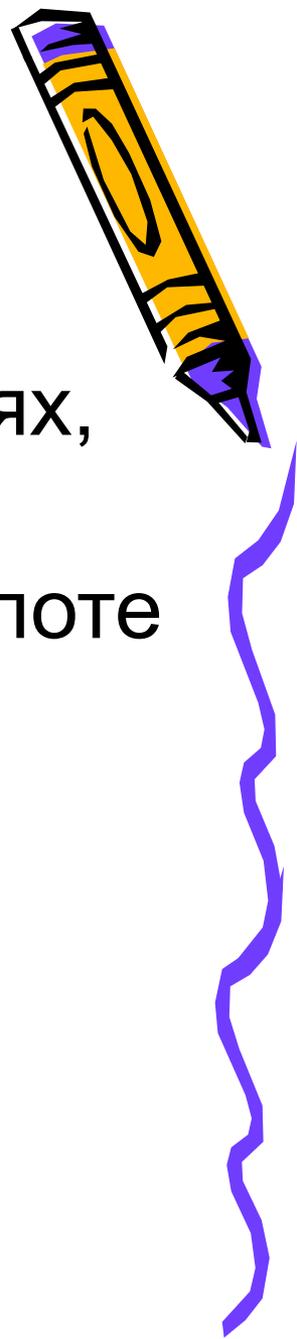
10/25/2022

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.



10/25/2022

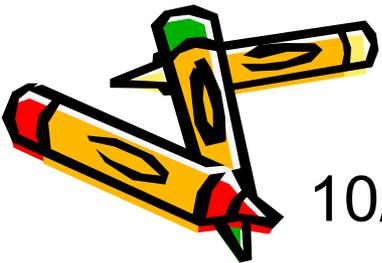
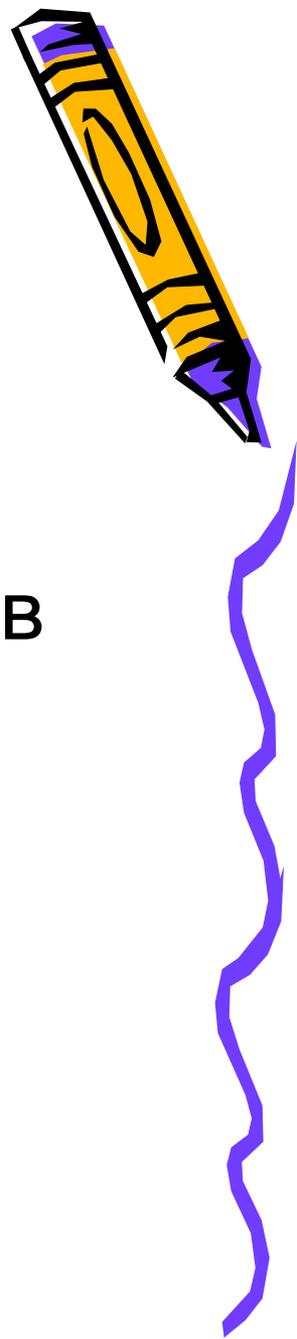
Важным показателем для физиологических сред является кислотная буферная ёмкость. При различных заболеваниях, отравлениях, голодании и т. п. могут наблюдаться изменения буферной ёмкости по кислоте по сравнению с нормой, т. е. патологические явления: ацидоз и алкалоз.



10/25/2022

Ацидоз

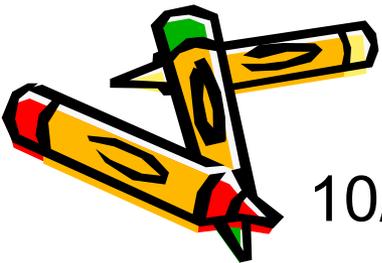
– это уменьшение кислотной буферной ёмкости физиологической системы по сравнению с нормой и, как следствие, увеличение продуктов кислого характера в организме.



10/25/2022

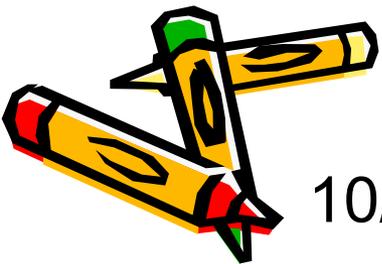
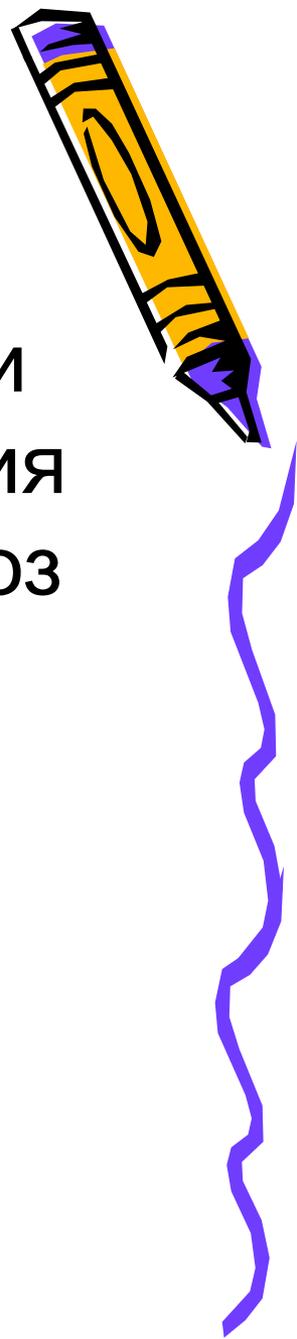
Алкалоз

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



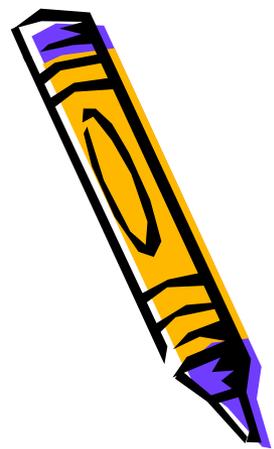
10/25/2022

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

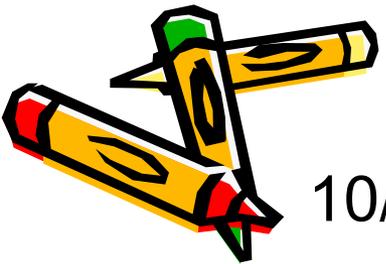


10/25/2022

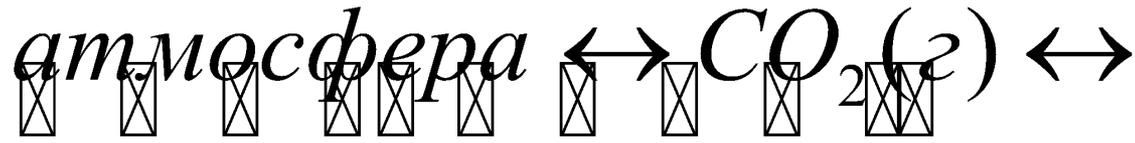
при недостатке O_2 или избытке CO_2
 в атмосфере, равновесие



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



при избыточной вентиляции легких

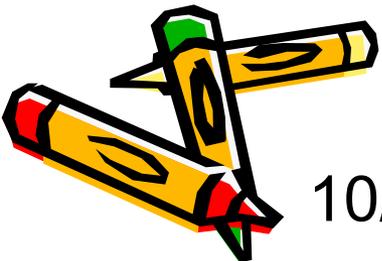
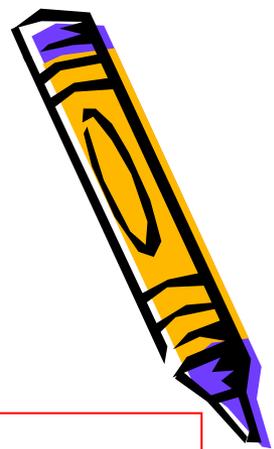


воздушное пространство легких



плазма крови

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



10/25/2022