

Acido-bazna ravnoteža

- Hemijski puferi organizma

Kiseline

Arrheniusove kiseline

- U vodenom rastvoru disocijacijom daju H^+ jone



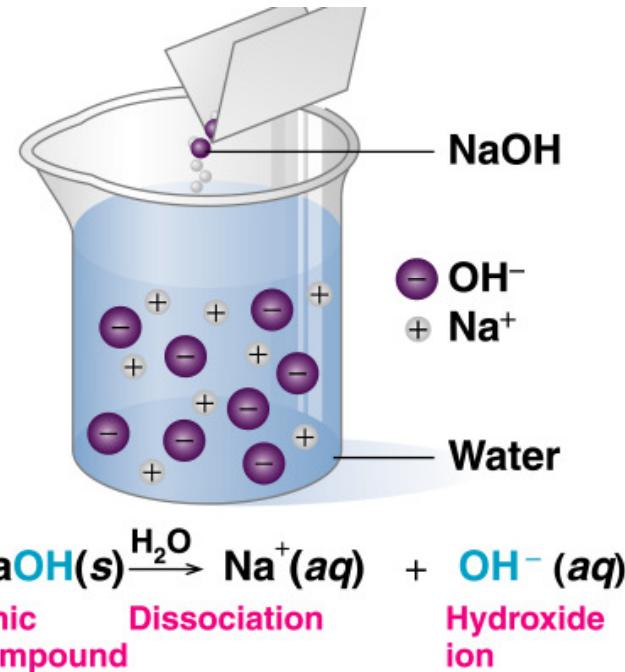
- Elektroliti
- Imaju kiseo ukus
- Izazivaju koroziju metala
- Reaguju sa bazama i grade soli



Baze

Arrhenius-ove baze

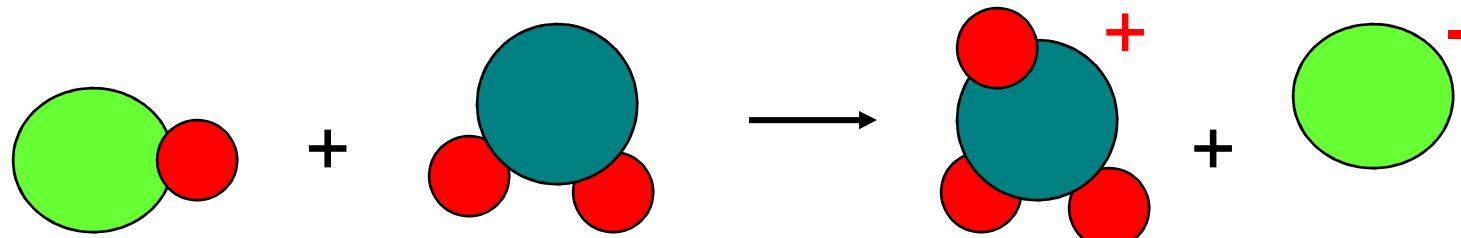
- U vodenom rastvoru disociacijom daju OH⁻ jone
- Elektroliti
- Reaguju sa kiselinama i grade soli



Brønsted-Lowry-eve kiseline i baze

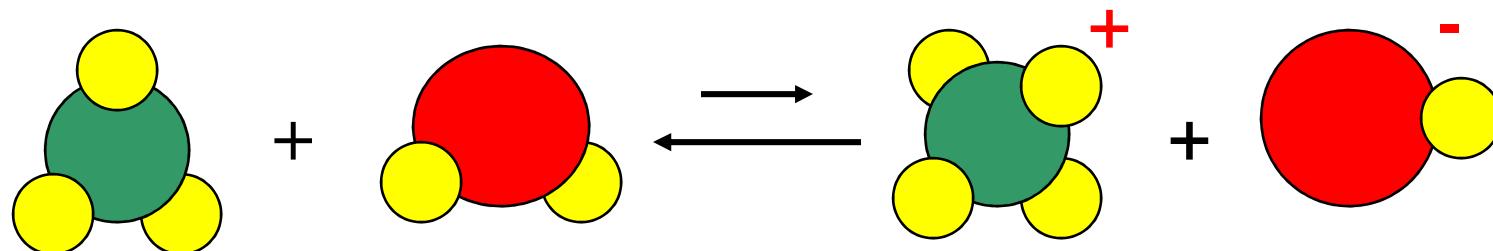
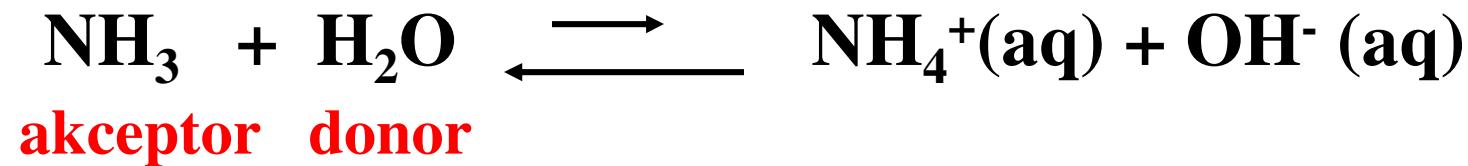
Prema Brønsted-Lowry teoriji

- Kiseline su donori H^+ jona
- Baze su akceptori H^+ jona

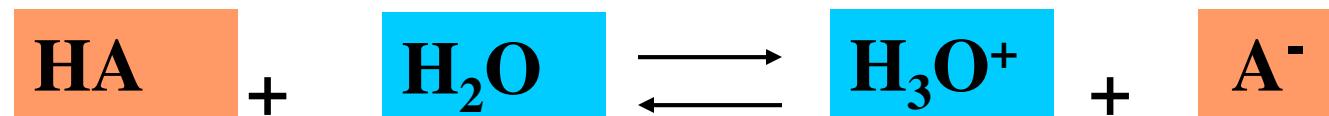


NH₃, Bronsted-Lowry-eva baza

- U reakciji NH₃ sa vodom nastaju NH₄⁺ i OH⁻ joni:



Konjugovani kiselina-baza parovi

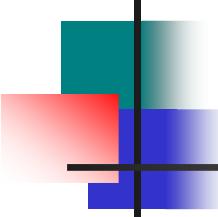


kiselina 1– konjugovana baza 1

HA, A⁻

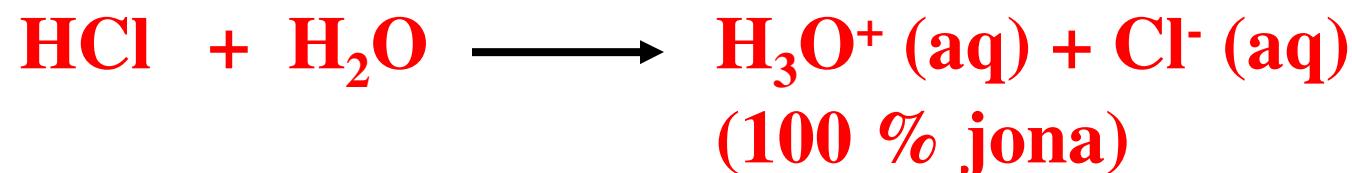
baza 2– konjugovana kiselina 2

H₂O, H₃O⁺

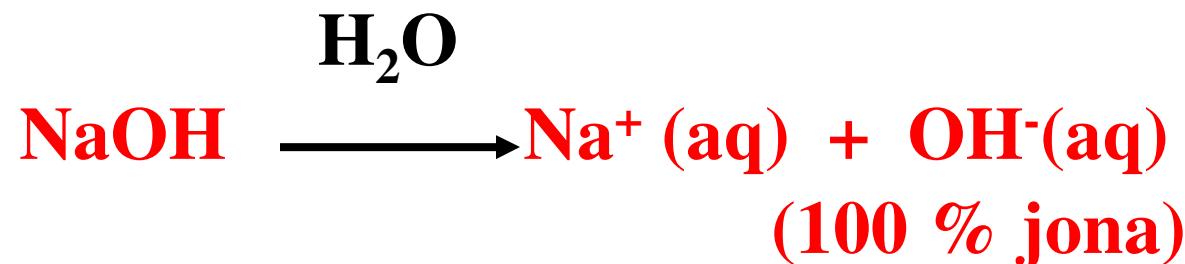


Jačina kiselina i baza

- Jake kiseline potpuno (100%) disosuju u vodenom rastvoru

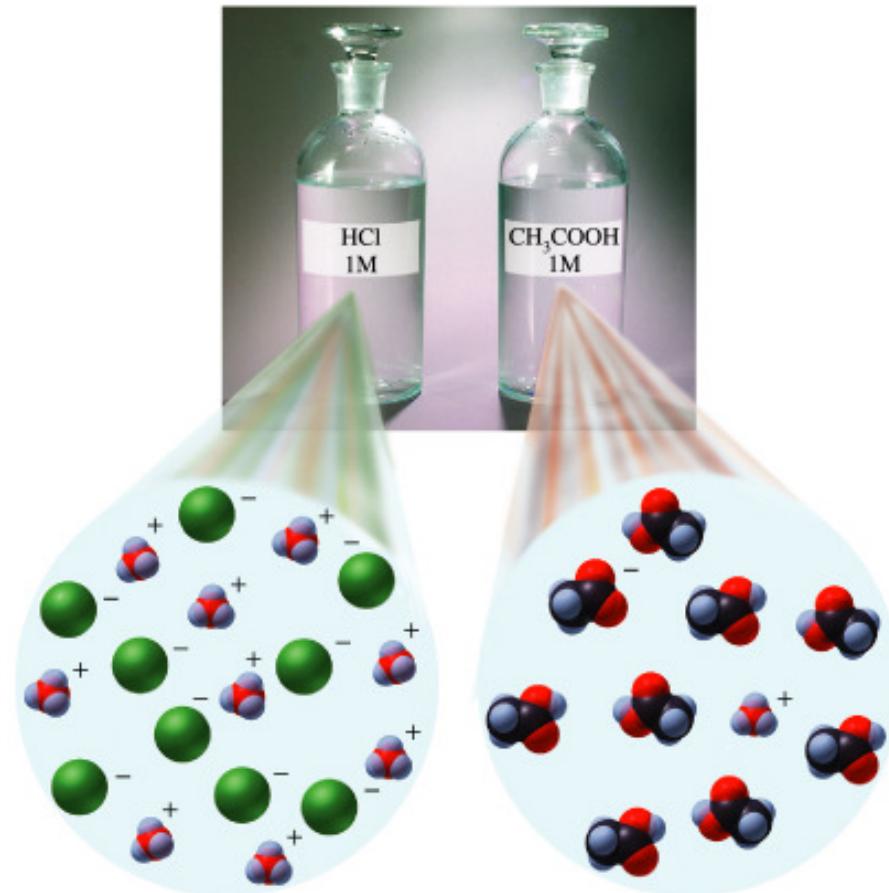


- Jake baze potpuno (100%) disosuju u vodenom rastvoru



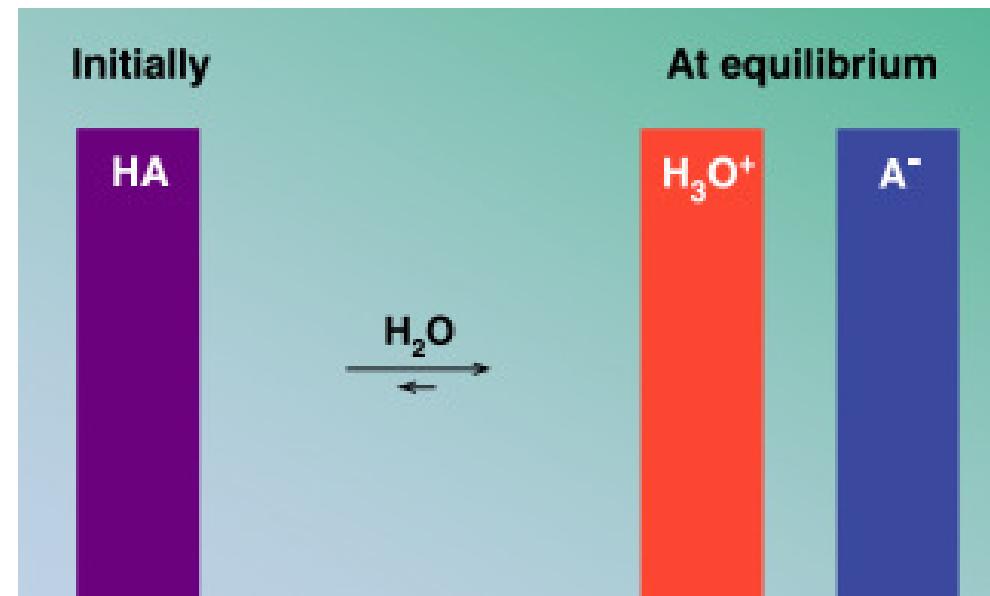
Jake i slabe kiseline

- u vodenom rastvoru
 HCl disosuje 100%
- Vodenim rastvorom
slabe CH_3COOH
uglavnom sadrži
nedisosovane
molekule i neznatni
broj jona



Jake kiseline

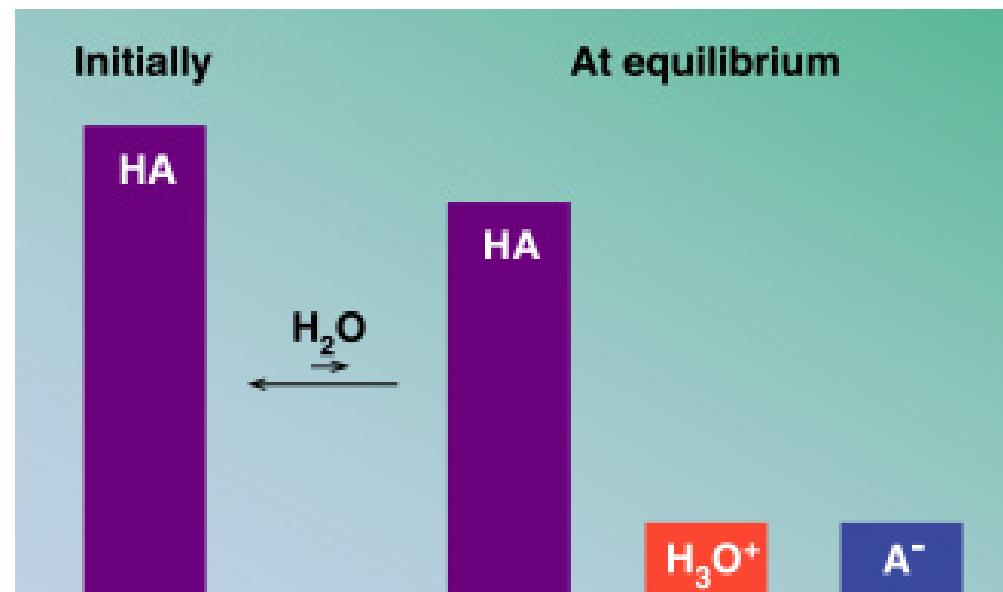
- U vodi, molekuli jekih kiselina su potpuno disosovani na jone
- Koncentracije H_3O^+ i anjona (A^-) su velike



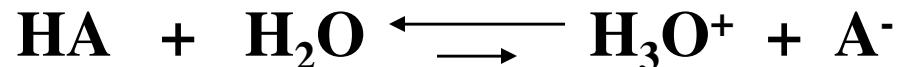
Slabe kiseline

Kod slabih kiselina,
ravnoteža je
pomerena ka
nedisosovanom
obliku kiseline

- Koncentracije H_3O^+
i anjona (A^-) su
male



Konstante disocijacije

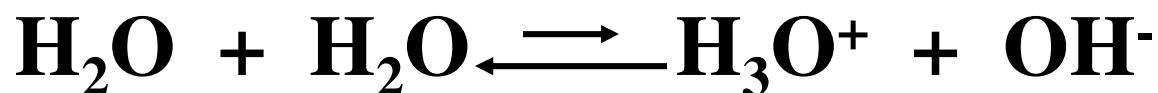


- Izraz za konstantu disocijacije slabe kiseline:
 - $K_{eq} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}][\text{H}_2\text{O}]}$
- Koncentracija $[\text{H}_2\text{O}]$ je velika i ostaje nepromenjena. Proizvod K_{eq} i $[\text{H}_2\text{O}]$ daje novu konstantu K_a (konstanta aciditeta slabe kiseline), pri čemu dobijamo:

$$K_a = K_{eq}[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Čista voda je neutralna

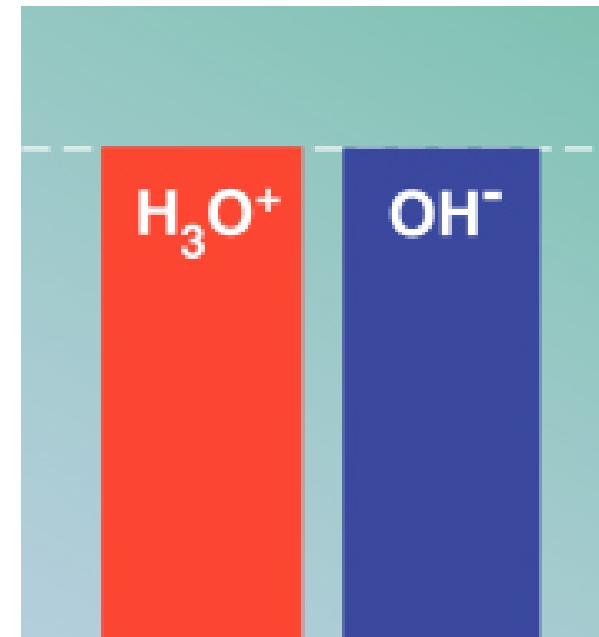
- Jonizacijom vode nastaje ista količina H_3O^+ i OH^- jona



- Molarne koncentracije $[\text{H}_3\text{O}^+]$ i $[\text{OH}^-]$ jona su:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$$

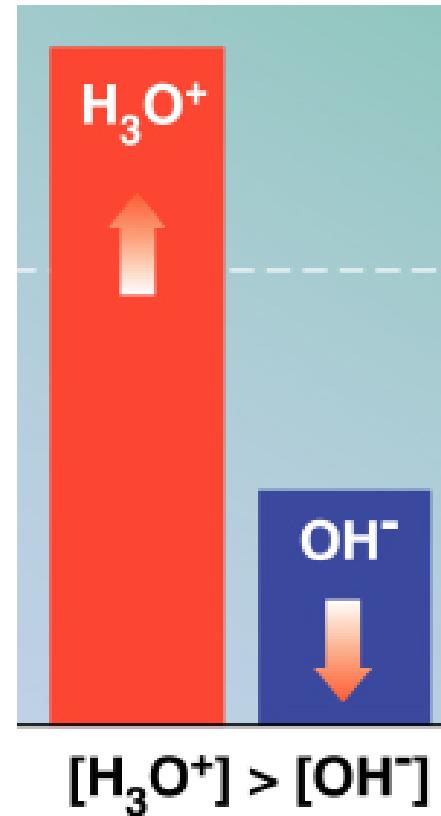
$$[\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$$



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

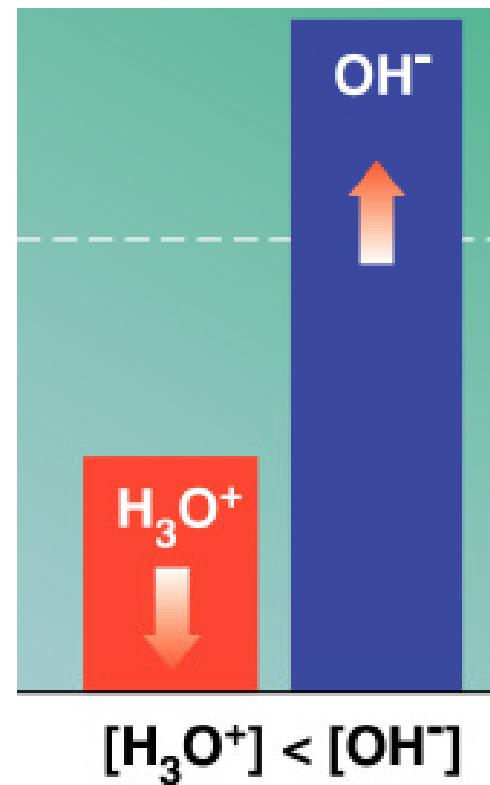
Kiseli rastvori

- Dodavanjem kiseline u čistu vodu povećava se $[H_3O^+]$
- U rastvorima kiselina, $[H_3O^+]$ je veća od $1,0 \times 10^{-7} M$
- Sa povećanjem $[H_3O^+]$ smanjuje se $[OH^-]$

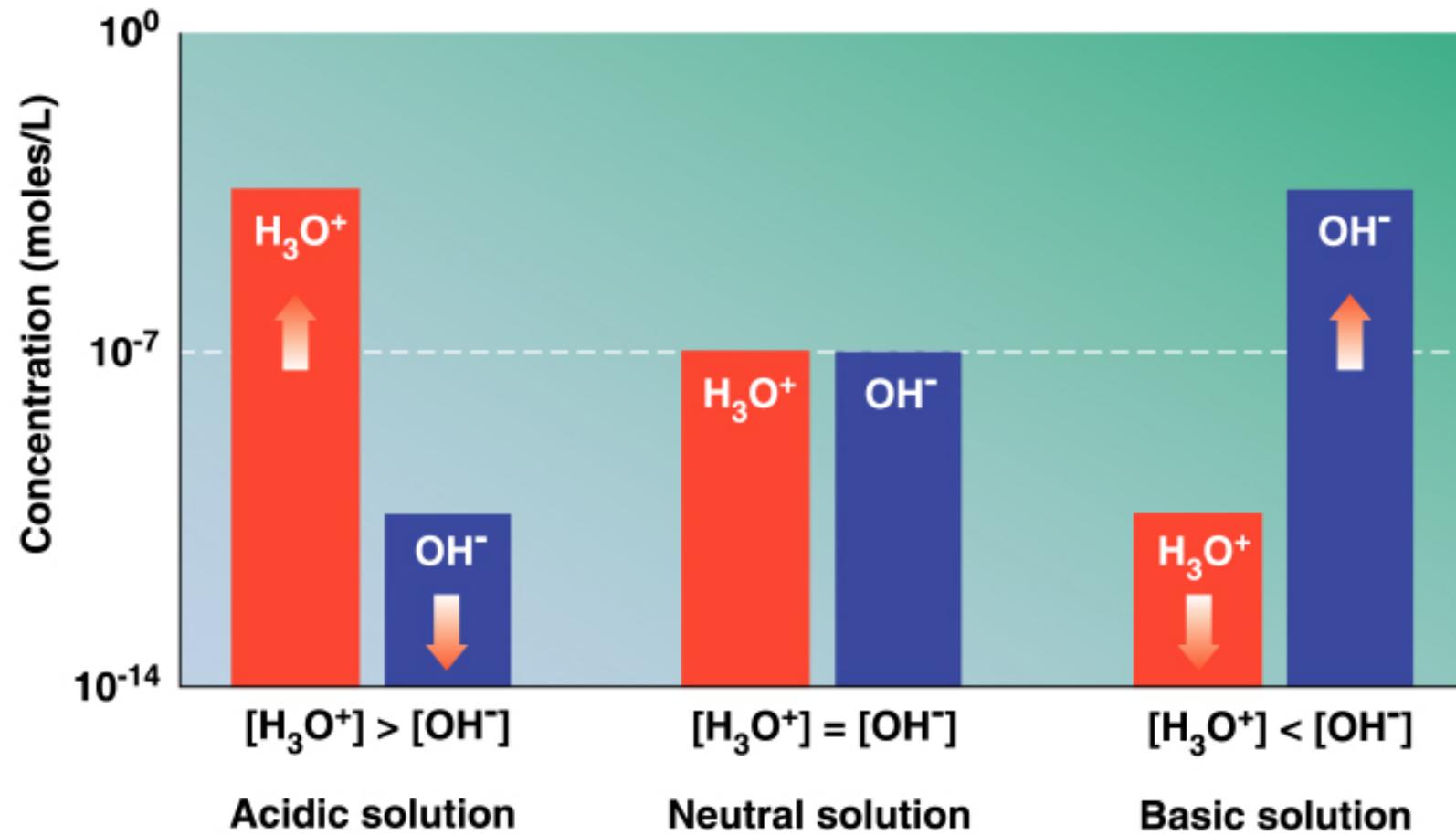


Bazni rastvori

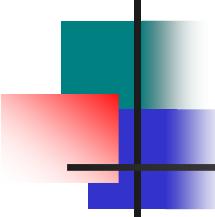
- Dodavanjem baze u čistu vodu povećava se $[\text{OH}^-]$
- U rastvorima baza, $[\text{OH}^-]$ je veća od $1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$
- Sa povećanjem $[\text{OH}^-]$ smanjuje se $[\text{H}_3\text{O}^+]$



Comparison of H_3O^+ and OH^-



Timberlake, General, Organic, and Biological Chemistry. Copyright © Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings



Jonski proizvod vode, K_w

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

Brojna vrednost K_w je:

$$\begin{aligned} K_w &= [1.0 \times 10^{-7}][1.0 \times 10^{-7}] \\ &= 1,0 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

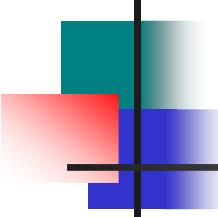
Izračunavanje $[H_3O^+]$

Kolika je $[H_3O^+]$ ako je $[OH^-] = 1,0 \times 10^{-8} M$?

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H_3O^+] = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{1,0 \times 10^{-8}} = 1,0 \times 10^{-6} M$$



pH Skala

pH :

- Definiše se kao negativan logaritam koncentracije vodonikovih jona

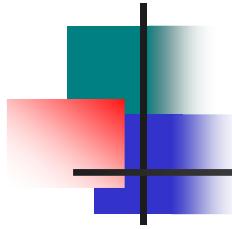
$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

- Primeri:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-4} \quad \text{pH} = 4.0$$

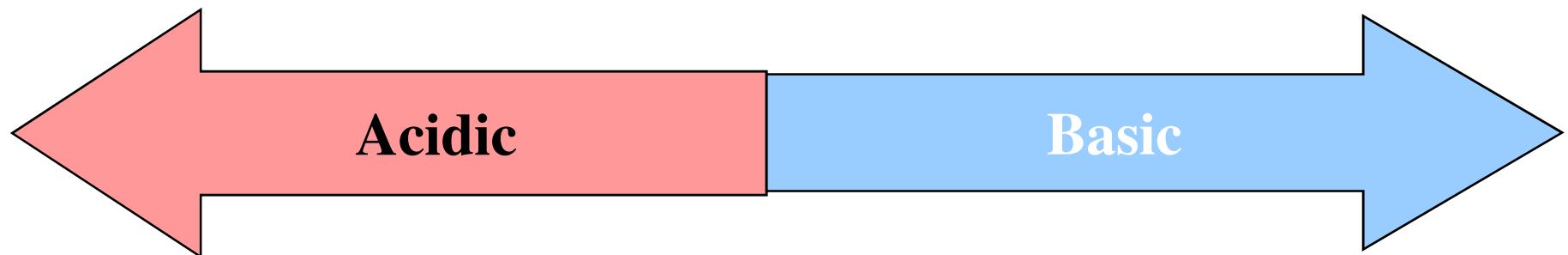
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2.4 \times 10^{-8} \quad \text{pH} = 7.62$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-11} \quad \text{pH} = 11.0$$

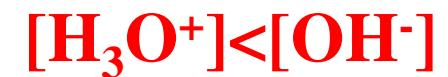
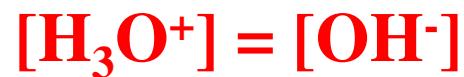


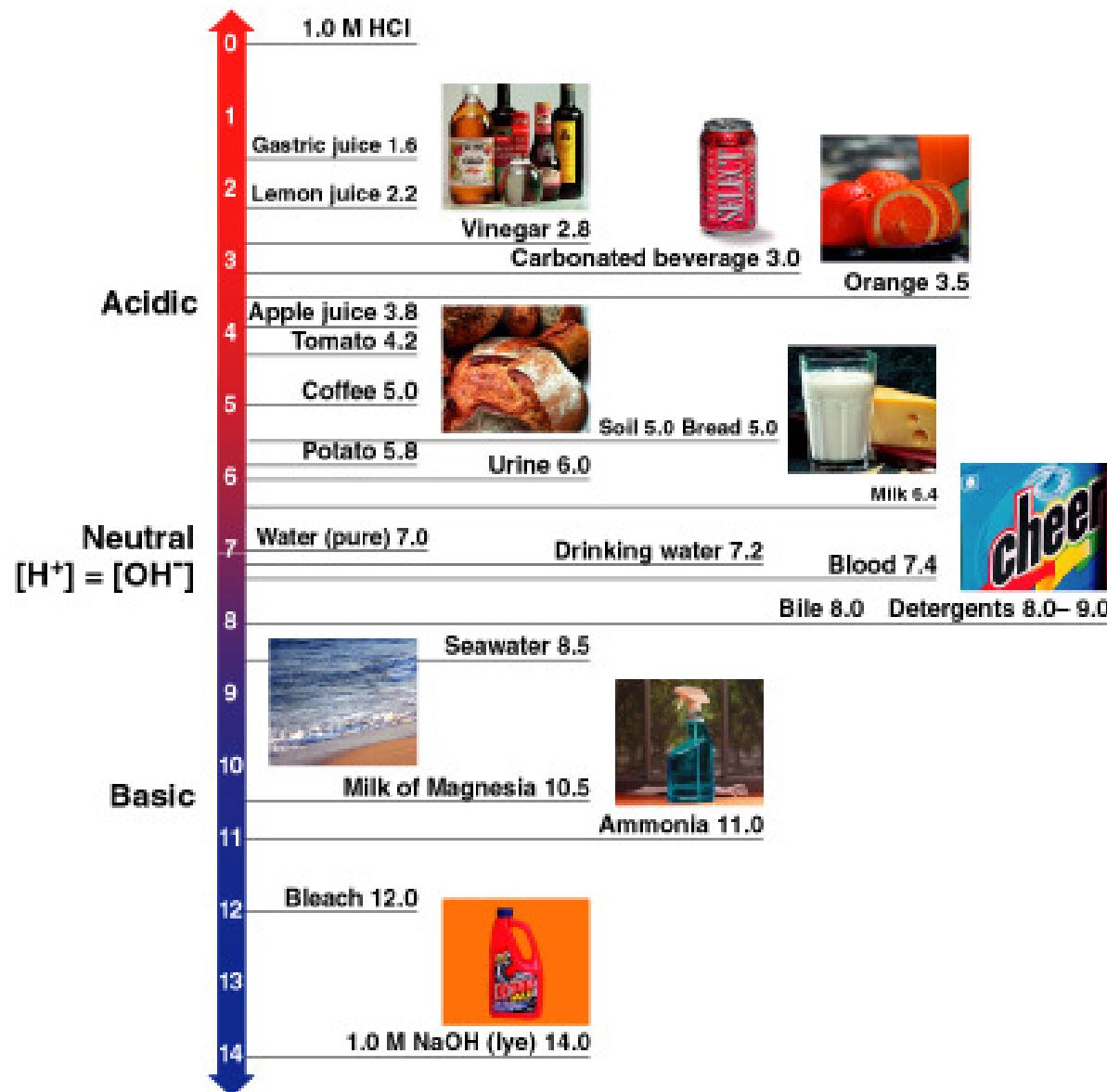
pH Range

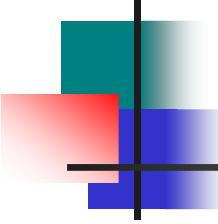
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



Neutral







pOH

pOH rastvora:

- Zavisi od $[\text{OH}^-]$.
- $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$

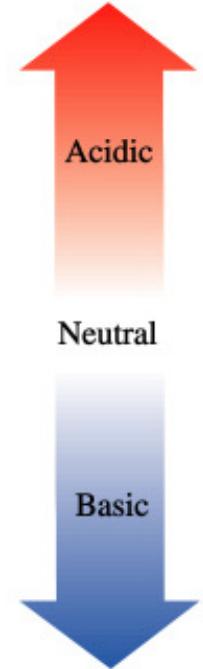
- $\text{pH} + \text{pOH} = 14.0$

pH i pOH

- Zbir pH i pOH vrednosti je 14.0 za bilo koji vodeni rastvor

Table 10.7 A Comparison of $[H_3O^+]$, $[OH^-]$, and Corresponding pH Values at 25°C

$[H_3O^+]$	pH	$[OH^-]$	pOH
10^0	0	10^{-14}	14
10^{-1}	1	10^{-13}	13
10^{-2}	2	10^{-12}	12
10^{-3}	3	10^{-11}	11
10^{-4}	4	10^{-10}	10
10^{-5}	5	10^{-9}	9
10^{-6}	6	10^{-8}	8
10^{-7}	7	10^{-7}	7
10^{-8}	8	10^{-6}	6
10^{-9}	9	10^{-5}	5
10^{-10}	10	10^{-4}	4
10^{-11}	11	10^{-3}	3
10^{-12}	12	10^{-2}	2
10^{-13}	13	10^{-1}	1
10^{-14}	14	10^0	0



. pH vrednosti telesnih tečnosti i eritrocita

Telesne tečnosti	pH	Telesne tečnosti	pH
Pljuvačka	5,0–6,8	Vaginalni sekret	3,2–4,2
Želudačni sok	1,0–2,0	Plodova tečnost	7,1–7,5
Crevni sok	7,0–8,0	Krvna plazma	$7,39 \pm 0,05$
Žuč	5,8–8,5	Eritrociti	$7,36 \pm 0,05$
Pankreasni sok	8,0–8,3	Cerebrospinalni likvor	$7,35 \pm 0,10$
Urin	4,8–7,8		

pH krvi 7,4 $[H^+] = 4 \times 10^{-8} = 40 \text{ nmol H}^+ / L \text{ krvi}$

dozvoljena varijacija pH $\pm 0,05$ tj. $\pm 5 \text{ nmol / L krvi}$

pH < 7,0

SU INKOPATIBILNE SA ŽIVOTOM!

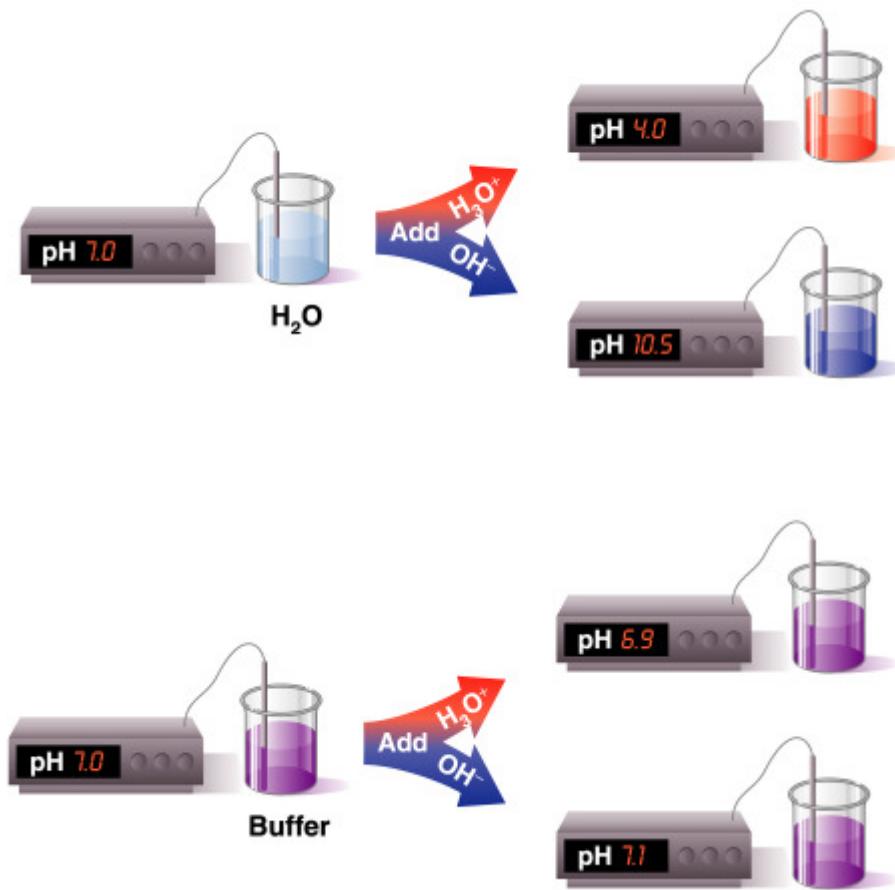
pH > 7,8

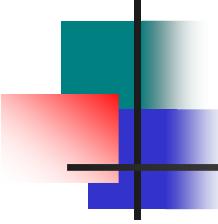
**pH = 7,3 $[H^+] = 5 \times 10^{-8} = 50 \text{ nmol H}^+ / L \text{ krvi}$
sniženjem pH za 0,1 jedinicu, $[H^+]$ se poveća za 25%**

**pH = 7,1 $[H^+] = 8 \times 10^{-8} = 80 \text{ nmol H}^+ / L \text{ krvi}$
sniženjem pH za 0,3 jedinice, $[H^+]$ se poveća dva puta**

Puferi

- Kada se kiselina ili baza dodaju u vodu, pH vrednost se naglo promeni
- Rastvori pufera se odupiru promeni pH pri dodatku kiseline ili baze





Puferi

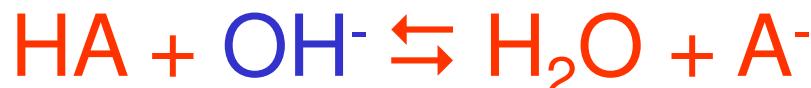
Puferi

- Vezuju H_3O^+ ili OH^- oslobođjene pri metaboličkim procesima i održavaju konstantno pH
- Važni su za normalno funkcionisanje ćelija krvi
- pH krvi - 7.4. Promene u pH krvi dovode do remećenja vezivanja kiseonika i ćelijskih procesa

PUFERI



Mehanizam dejstva pufera:



$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{[HA]}{[A^-]}$$

$$-\log[H^+] = -\log K_a - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Henderson-Hasselbach-ova jednačina

- ako je $[HA] = [A^-]$ $pH = pK_a$

- pH pufera se ne menja sa razblaženjem rastvora

- efikasnost:

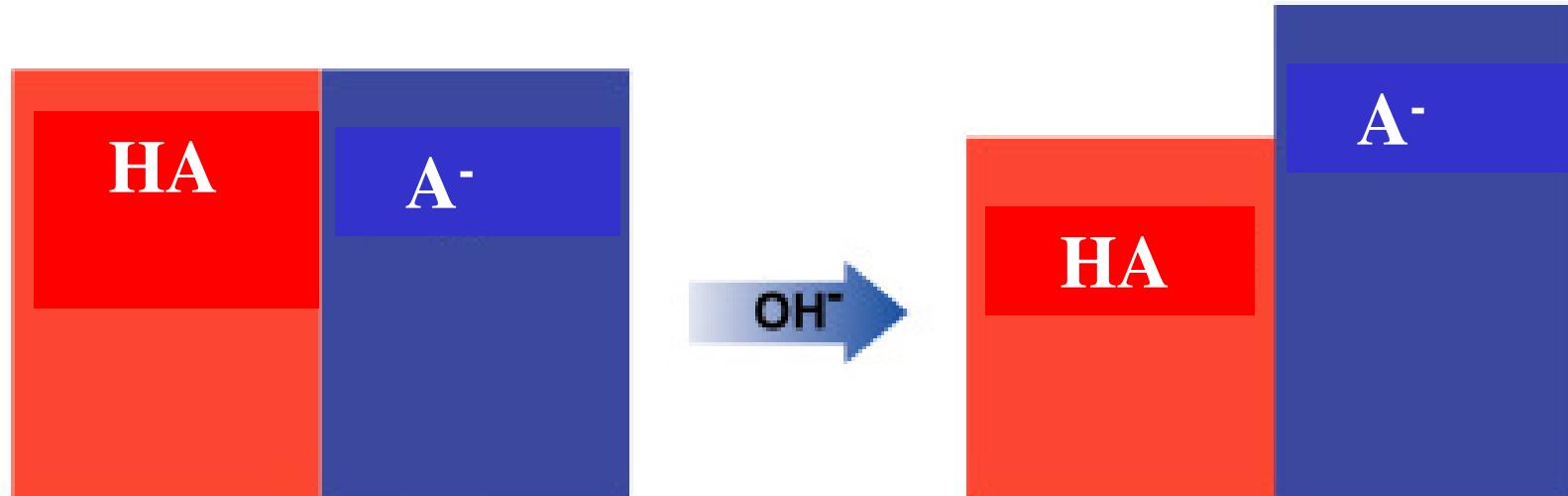
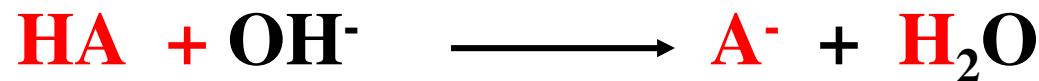
$$pH = pK_a + \log \frac{10}{1} = pK_a + 1$$

$$pH = pK_a + \log \frac{1}{10} = pK_a - 1$$

$$\underline{pH = pK_a \pm 1}$$

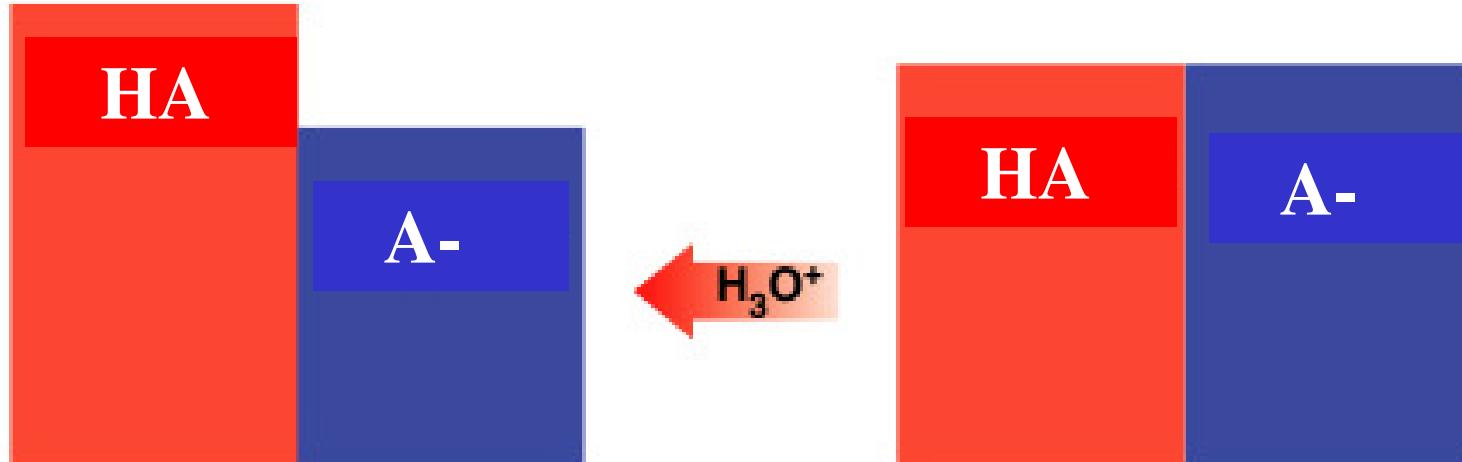
Uloga slabe kiseline pufera

- Funkcija slabe kiseline pufera je da neutrališe dodatu bazu



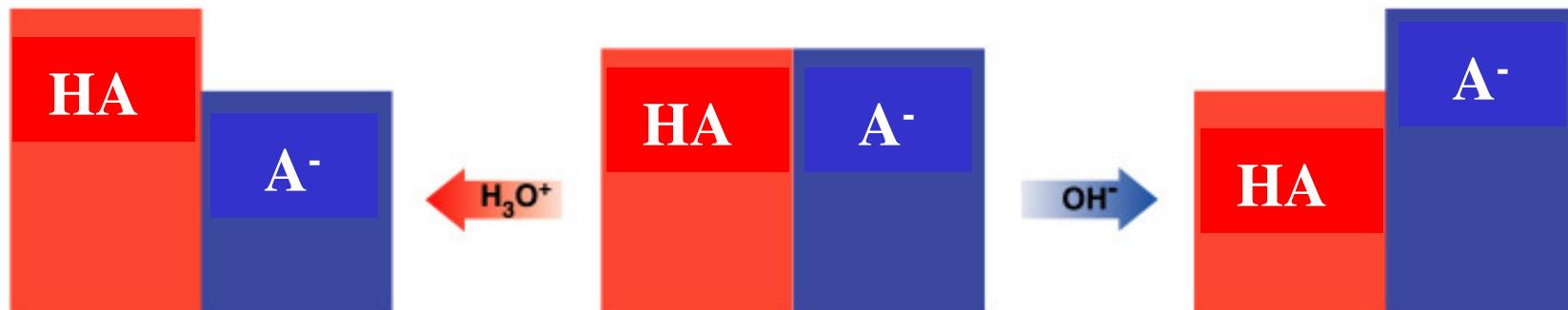
Uloga konjugovane baze pufera

- Uloga konjugovane baze, A⁻
je da neutrališe H₃O⁺ iz dodate kiseline

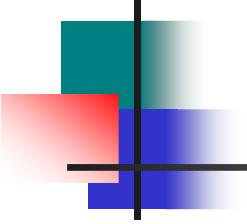


Summary of Buffer Action

- Slaba kiselina pufera neutrališe dodatu bazu
- Konjugovana baza pufera neutrališe dodatu kiselinu
- pH rastvora ostaje nepromenjena



Timberlake, General, Organic, and Biological Chemistry. Copyright © Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings



Puferski sistemi krvi su:

Bikarbonatni pufer, $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$,

- najvažniji neorganski pufer krvi,
- čini 5% puferskog sistema

Fosfatni pufer, $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$;

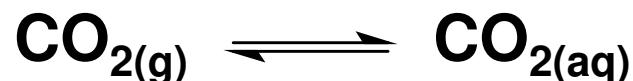
- čini 1% puferskog kapaciteta krvi.

Proteinski pufer, protein/proteinat,

- čini 93% puferskog kapaciteta krvi,
od toga 80% **hemoglobin**, a 13% ostali proteini seruma.

BIKARBONATNI PUFER

$\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$



Mehanizam dejstva:



$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 6,1 + \log \frac{0,025}{0,00125} = 7,4$$

$$[\text{CO}_2] = 0,03 \times p \text{ CO}_2$$

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{20}{1}$$

FOSFATNI PUFER



(KH_2PO_4 i K_2HPO_4 u ćeliji)

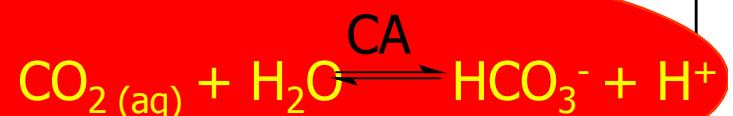
(NaH_2PO_4 i Na_2HPO_4 u vanćelijskoj tečnosti)

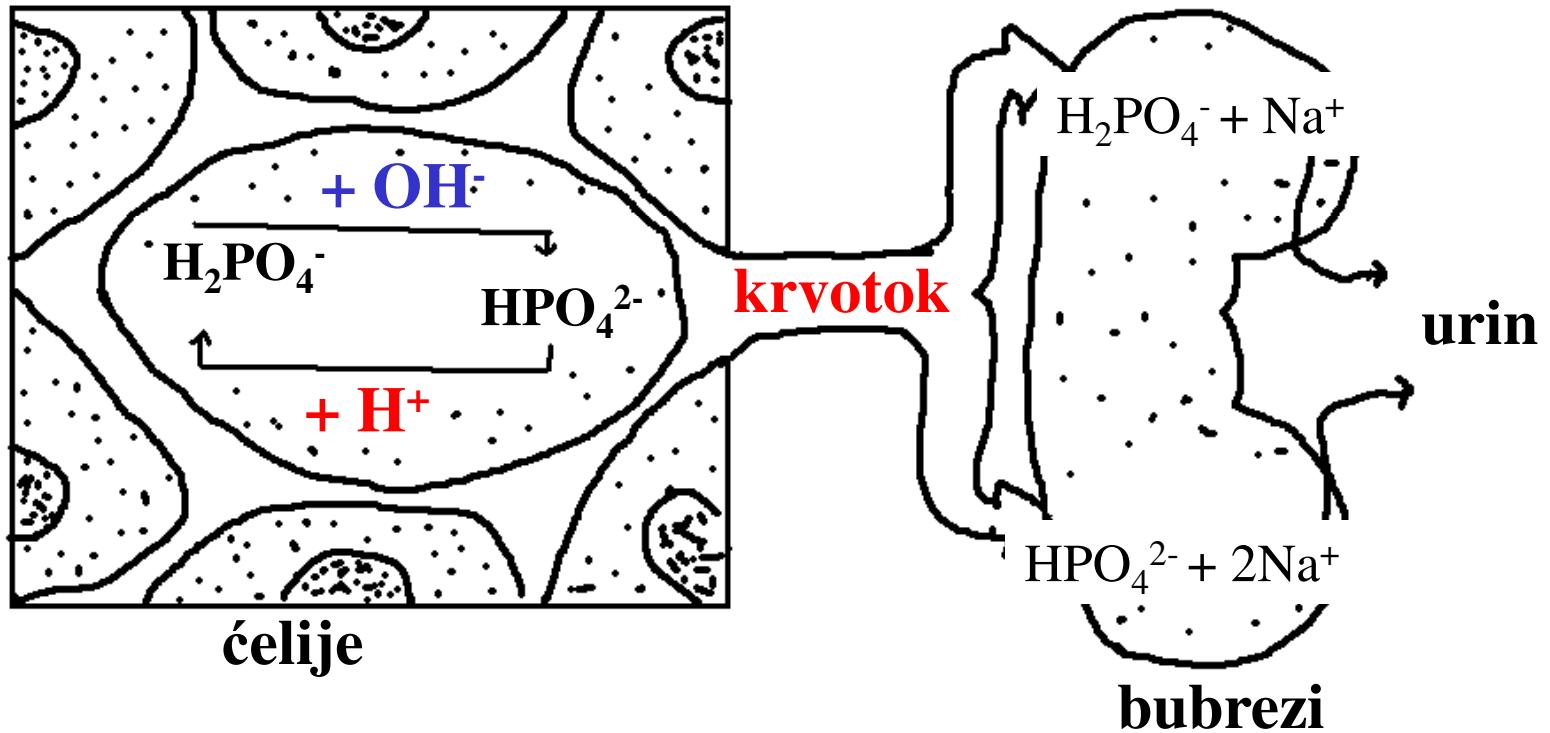
Mehanizam dejstva:



$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 6,8 + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

Fosfatni pufer učestvije u homeostazi HCO_3^- u bubrežima





AMONIJACNI PUFER

NH₃/ NH₄⁺

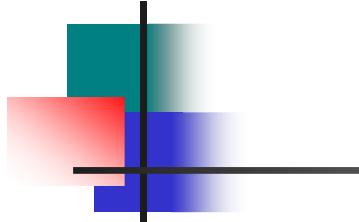
Mehanizam dejstva:



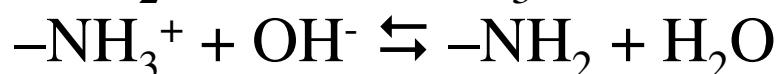
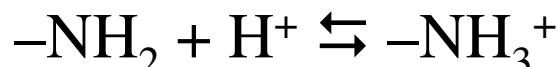
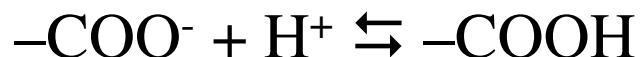
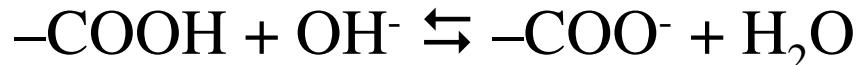
$$K_{\text{NH}_3} = \frac{[\text{NH}_4^+] [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1,8 \times 10^{-5} \quad [\text{OH}^-] = K_b \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

Proteinski puferi–(protein/proteinat; HPr/Pr⁻)



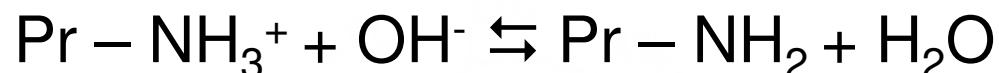
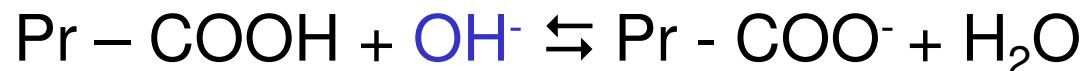
Grupe donori i akceptori protona:



Bazne grupe suprostavljaju se promeni koncentracije **H⁺** jona



Kisele grupe suprostavljaju se promeni koncentracije **OH⁻** jona



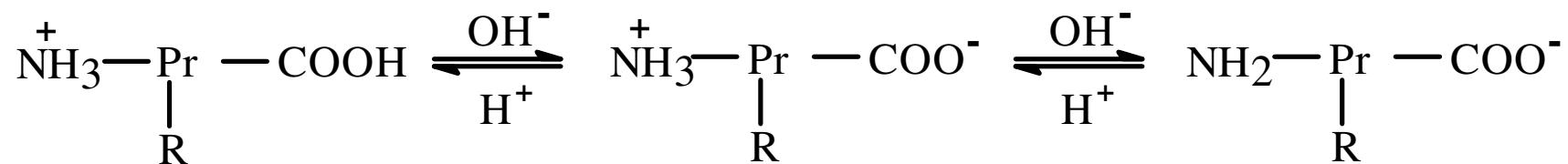


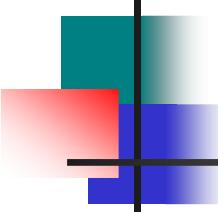
$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{Pr}-\text{COOH}} + \log [\text{Pr} - \text{COO}^-] / [\text{Pr} - \text{COOH}]$$

Henderson-Hasselbach-ova jednačina
izvedena iz disocijacije kiselih proteina



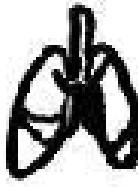
$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{Pr}-\text{NH}_3^+} + \log [\text{Pr} - \text{NH}_2] / [\text{Pr} - \text{NH}_3^+]$$





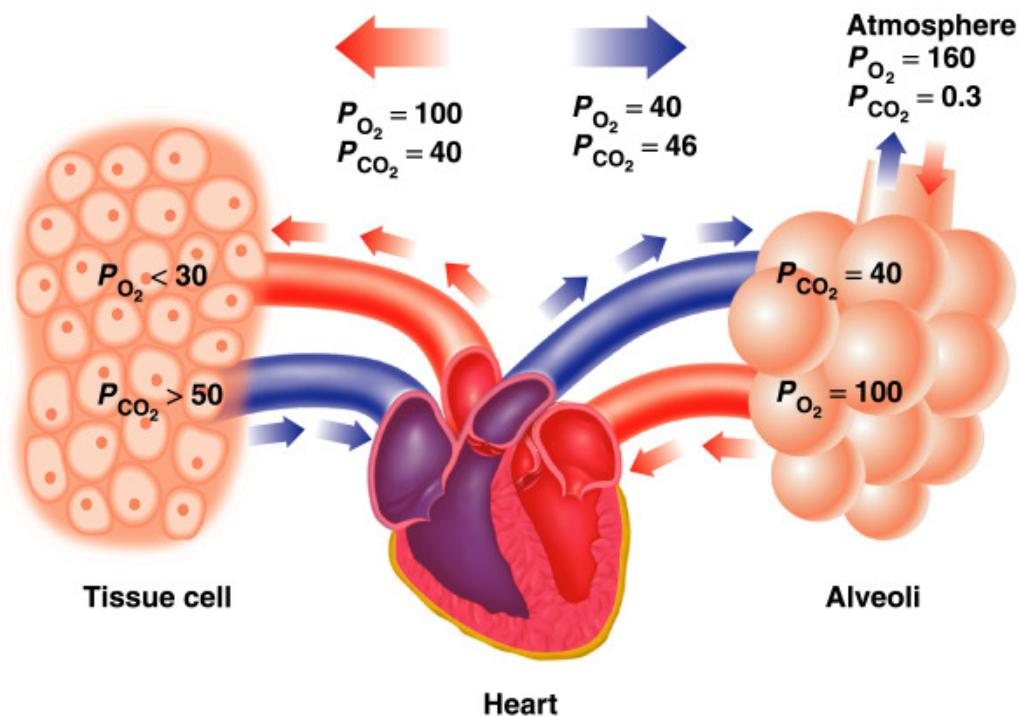
Efikasnost pufera krvi

- Ukoliko se **jedna kap** 0.05 M HCl doda u 100 mL destilovane vode čije je pH = 7.35 doći će do promene i pH će se smanjiti na 7.00
- Da bi se pH 100 mL “normalne” krvi promenilo od 7.35 do 7.00, potrebno je dodati oko **25 mL** 0.05 M HCl
- Da bi došlo do iste promene pH ukupne količine krvi u organizmu (5.5 L) potrebno je više od **1300 mL** HCl

	 PLUĆA	 KRVOTOK	 BUBREZI
ACIDOZA	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ brza exhalacija	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ HCO_3^- se zadržava u krvi	H^+ izlučuje se u urin
ALKALOZA	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ retencija smanjenim disanjem	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	HCO_3^- izlučuje se u urin

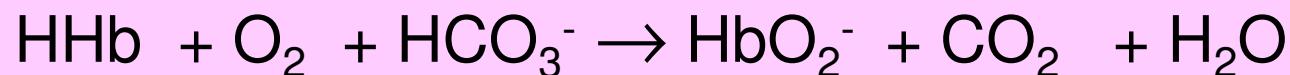
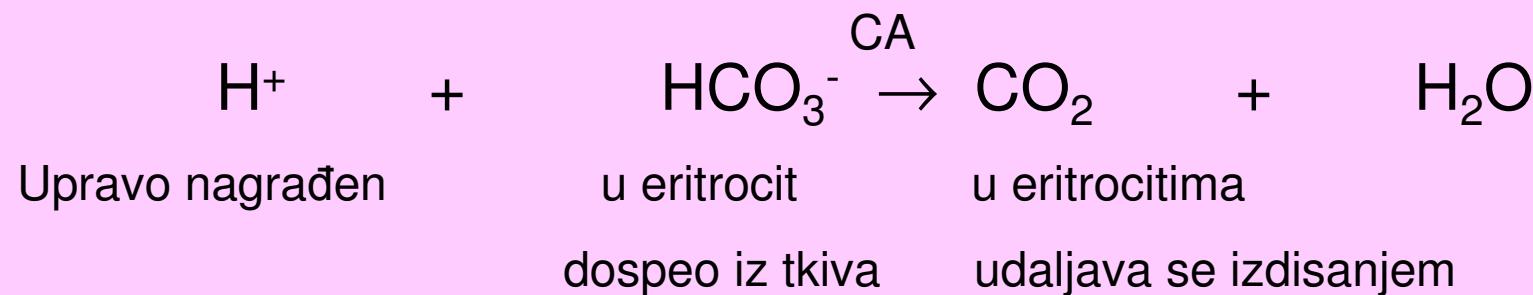
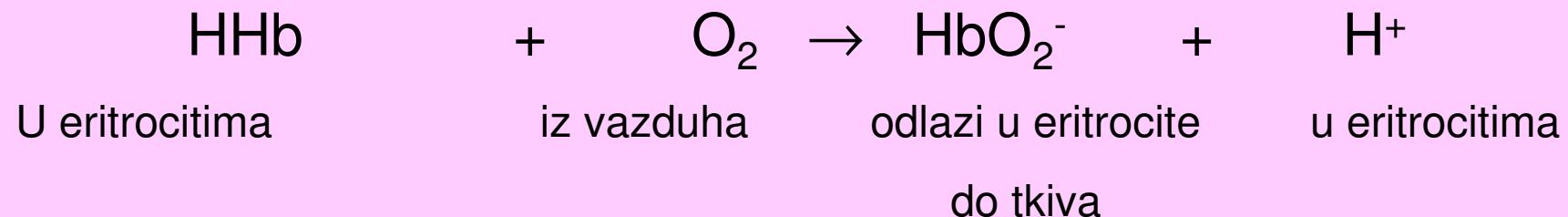
Gasovi krvi

- U plućima, O_2 ulazi u krv, dok se CO_2 oslobađa iz krvi
- U tkivima, O_2 ulazi i ćelije, koje oslobađaju CO_2 u krv

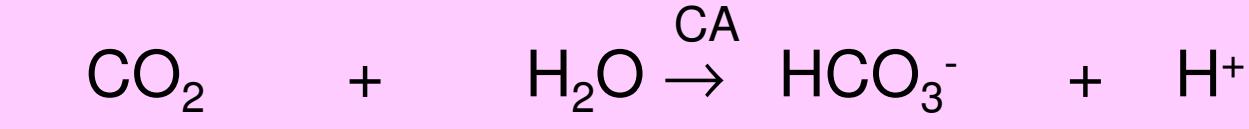


Timberlake, General, Organic, and Biological Chemistry. Copyright © Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings

OKSIGENACIJA (U PLUĆIMA)



DEOKSIGENACIJA (U TKIVIMA SIROMAŠNOM KISEONIKOM)



Iz tkiva

u eritroc. iz tkiva u eritroc.

odlazi u pluća



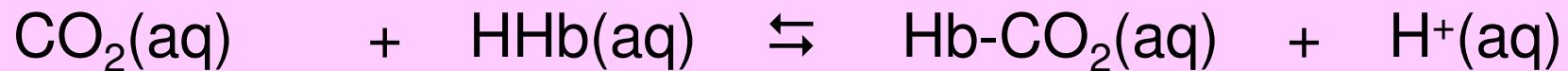
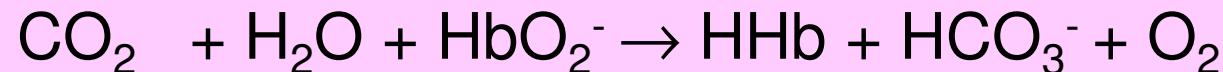
Upravo nagrađen

u eritrocitima krvi

u eritroc. krvi

odlazi u tkiva

dospeo u tkiva vraća se u pluća kojima jeneophodan



U tkivu

upravo oslobođen
deoksigenacijom

karbamino hemoglobin
u eritrocitima