

Acidobazická rovnováha

Tato prezentace je přístupná on-line

Fyziologické pH

- Plasma a většina extracelulární tekutiny

$$\text{pH} = 7,40 \pm 0,02$$

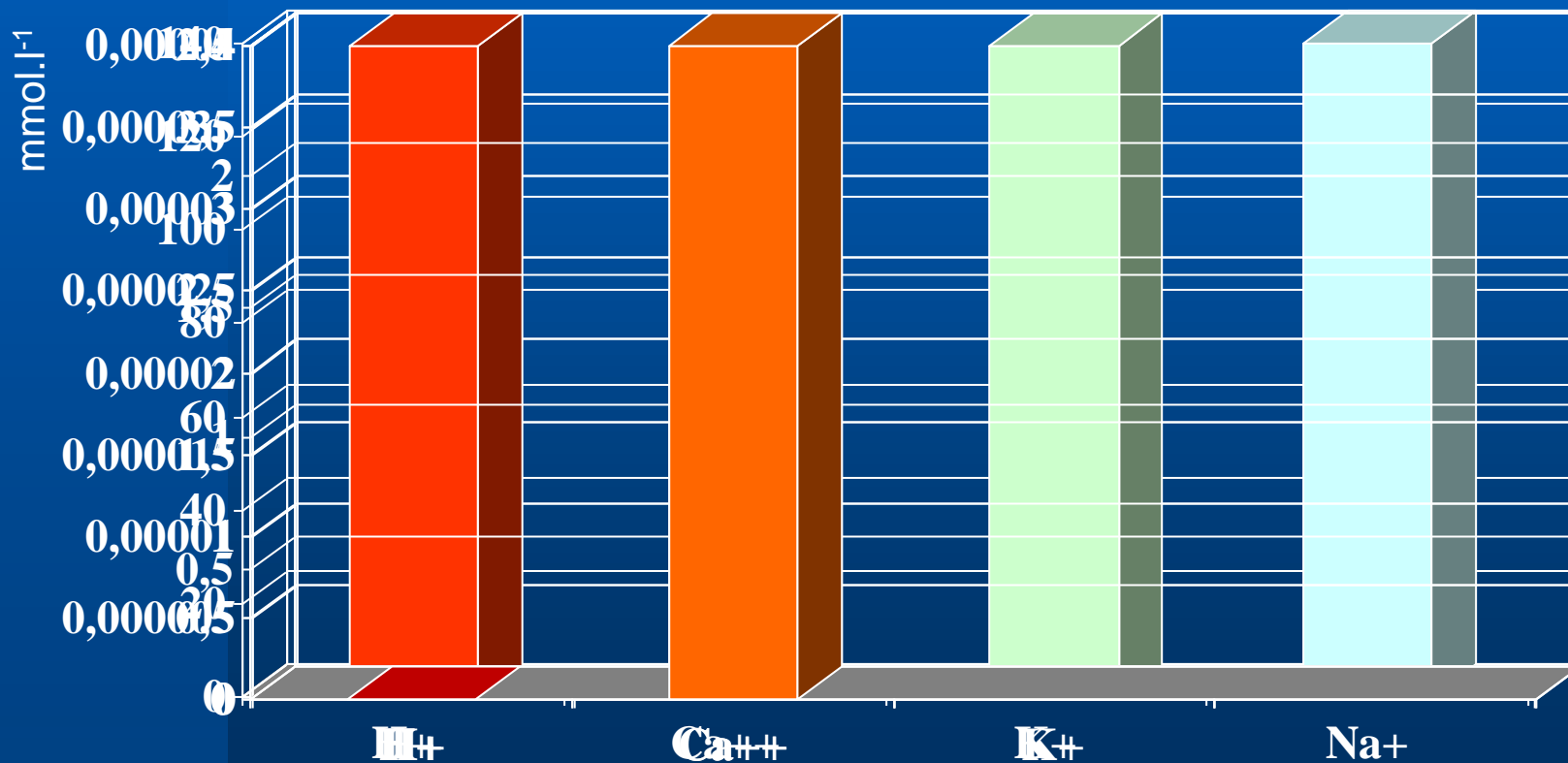
Význam stálého pH

Na pH závisí konformace bílkovin

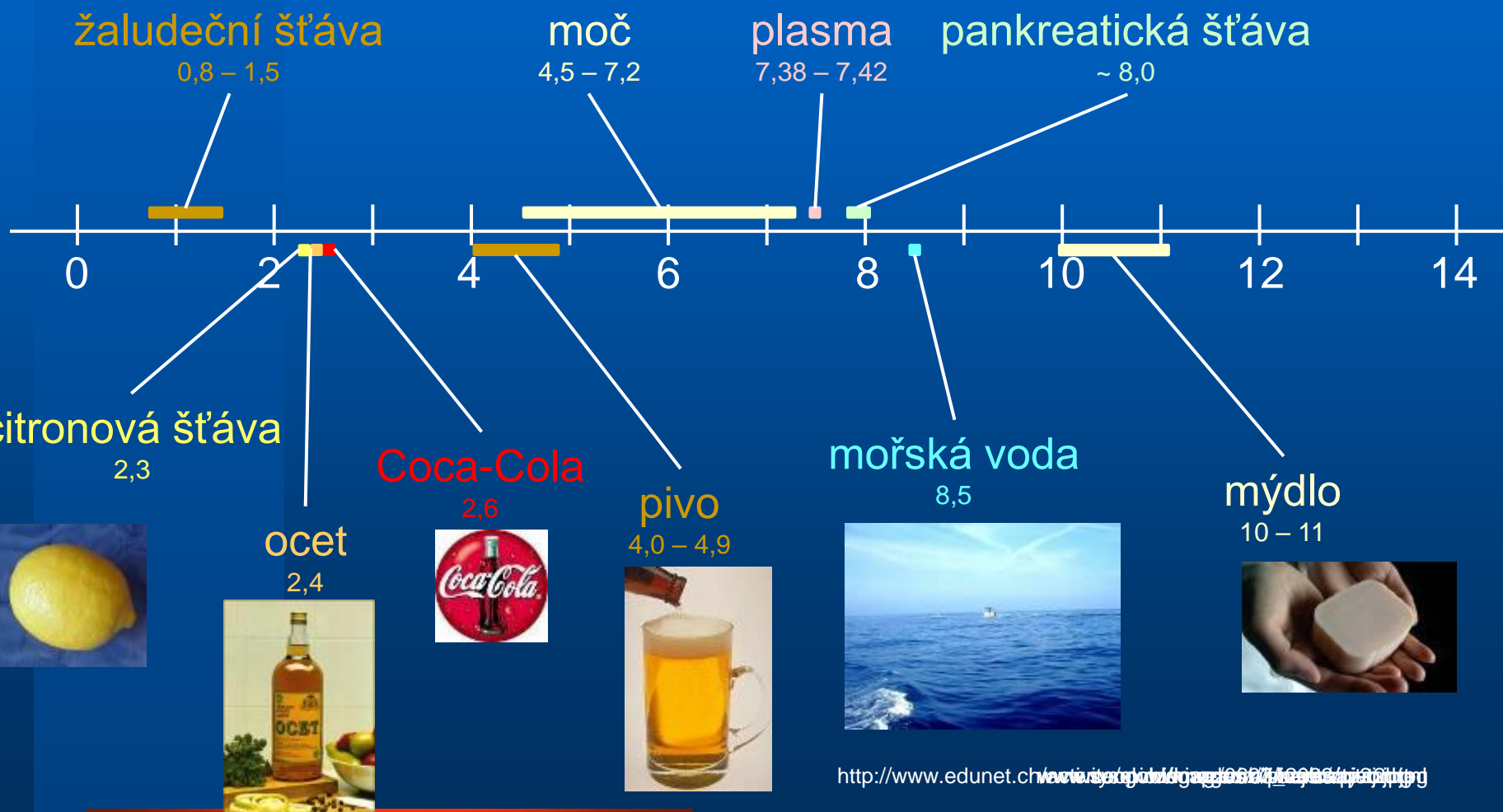
- Aktivita enzymů
- Funkce kanálů a transportérů
- Vlastnosti receptorů

pH < 7,0 nebo > 7,7 není slučitelné se životem

H⁺ a jiné kationty



pH



<http://www.edunet.ch/vedy/angl/ing/0627/06270627.htm>

Zdroje protonů

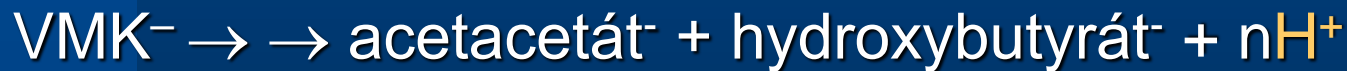
- **Anaerobní glykolýza**



- **Lipolýza**



- **Ketogeneze**



Zdroje protonů

- **Oxidace sirných AMK**
- **Metabolismus org. fosfátů**
- **Oxidace dalších AMK**
- **Syntéza urey z NH_4^+**

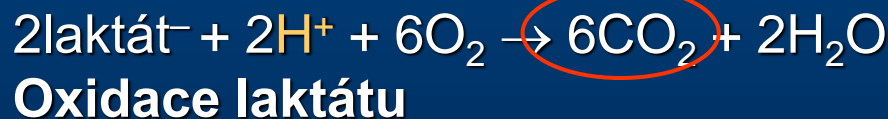


Spotřeba protonů

- **Oxidace laktátu**



Anaerobní glykolýza



Může dojít k časovému
nebo prostorovému
oddělení

Spotřeba protonů

- **Glukoneogeneze**



- Oxidace neutrálních AMK
- Oxidace dikarboxylových AMK
- **Oxidace aniontů organických kyselin**

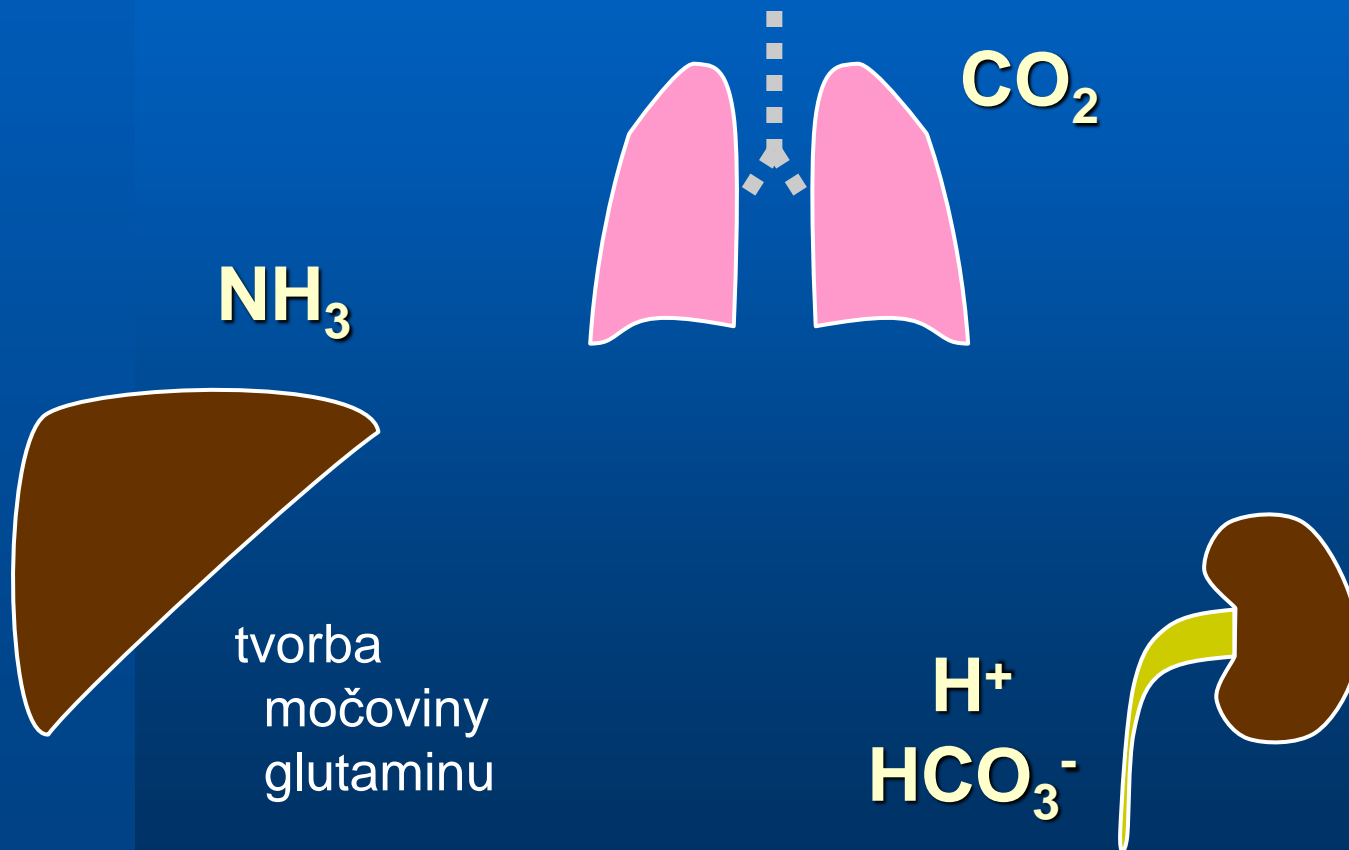
Zdroje protonů

- Oxidací „paliv“ ze stravy vznikají
 - Organické kyseliny
 - Kyselina sírová
 - Kyselina fosforečná

Udržování pH

- Okamžitě, ale neúplně
 - PUFRY
- Úplně, ale pomalu
 - REGULACE METABOLISMU
respirace, transportní děje...

Regulace kyselosti vnitřního prostředí



Respirace

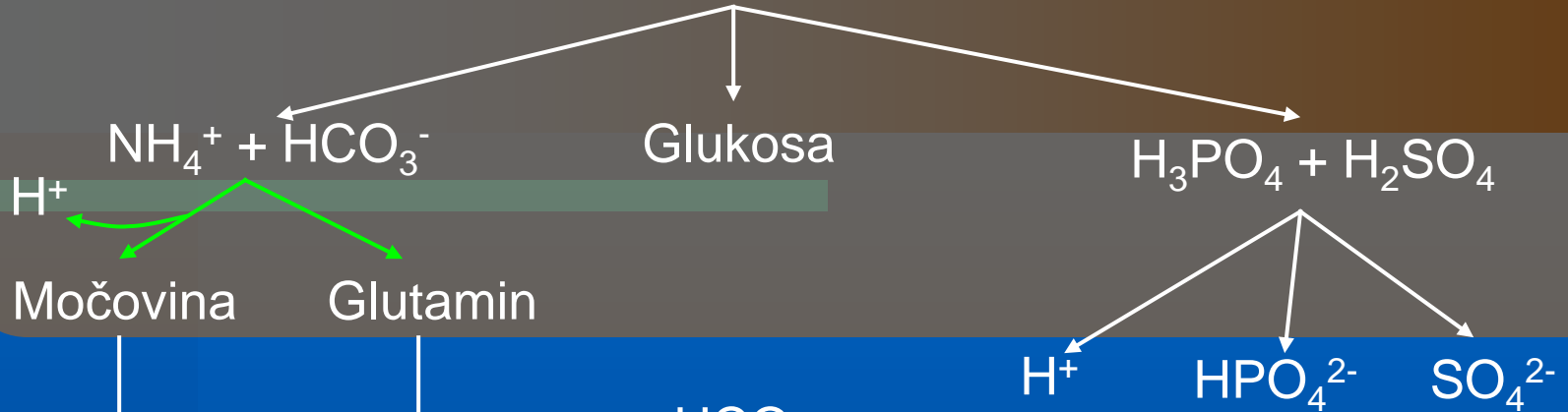
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$
- \uparrow ventilace \rightarrow \downarrow $\text{pCO}_2 \rightarrow$ alkalizace
- \downarrow ventilace \rightarrow \uparrow $\text{pCO}_2 \rightarrow$ okyselení

Játra

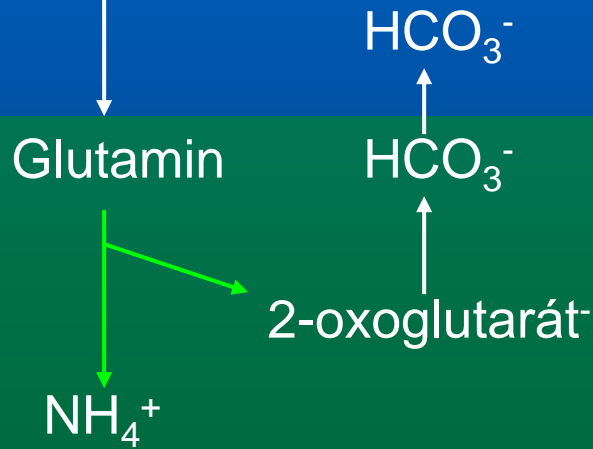


Aminokyseliny a bílkoviny

Játra



Ledviny



Moč

Močovina

NH_4^+

H_2PO_4^-

SO_4^{2-}

Ledvina

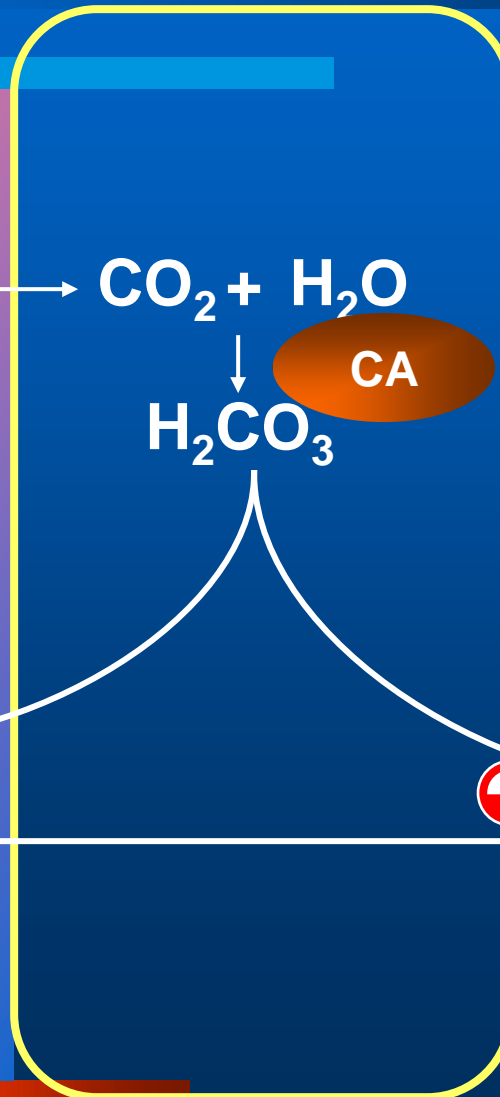
KREV



CA



MOČ



Ledvina

KREV

MOČ



Ledvina

KREV

MOČ

HCO_3^-

Na^+

CO_2
+
 H_2O

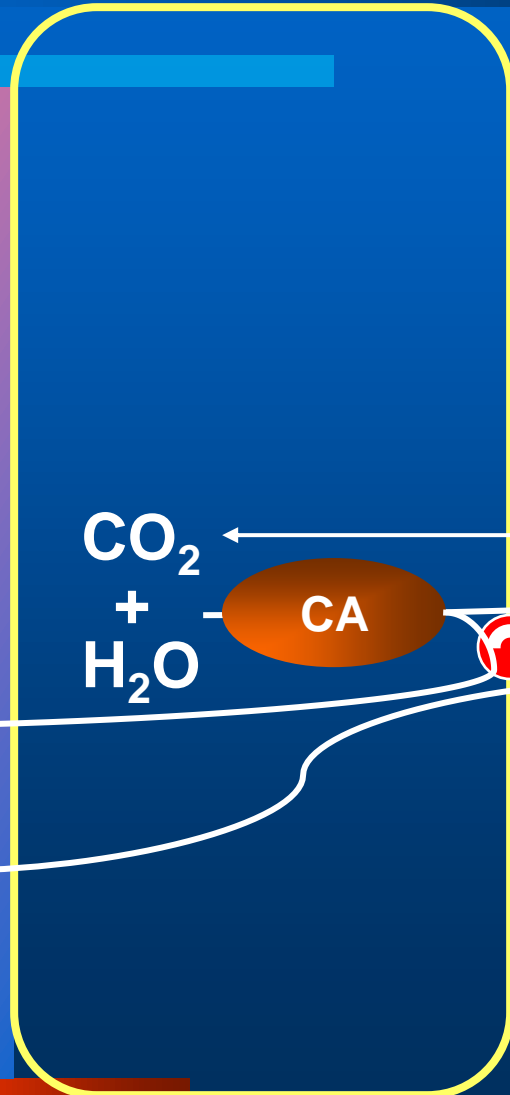
CA

Na^+

H_2CO_3
↓
 CO_2

HCO_3^-

H^+



Ledvina

KREV

MOČ

↓
HCO₃⁻

HCO₃⁻

Na⁺

Na⁺



Ledvina

KREV

MOČ

Na^+

Na^+

HCO_3^-

HCO_3^-

CA

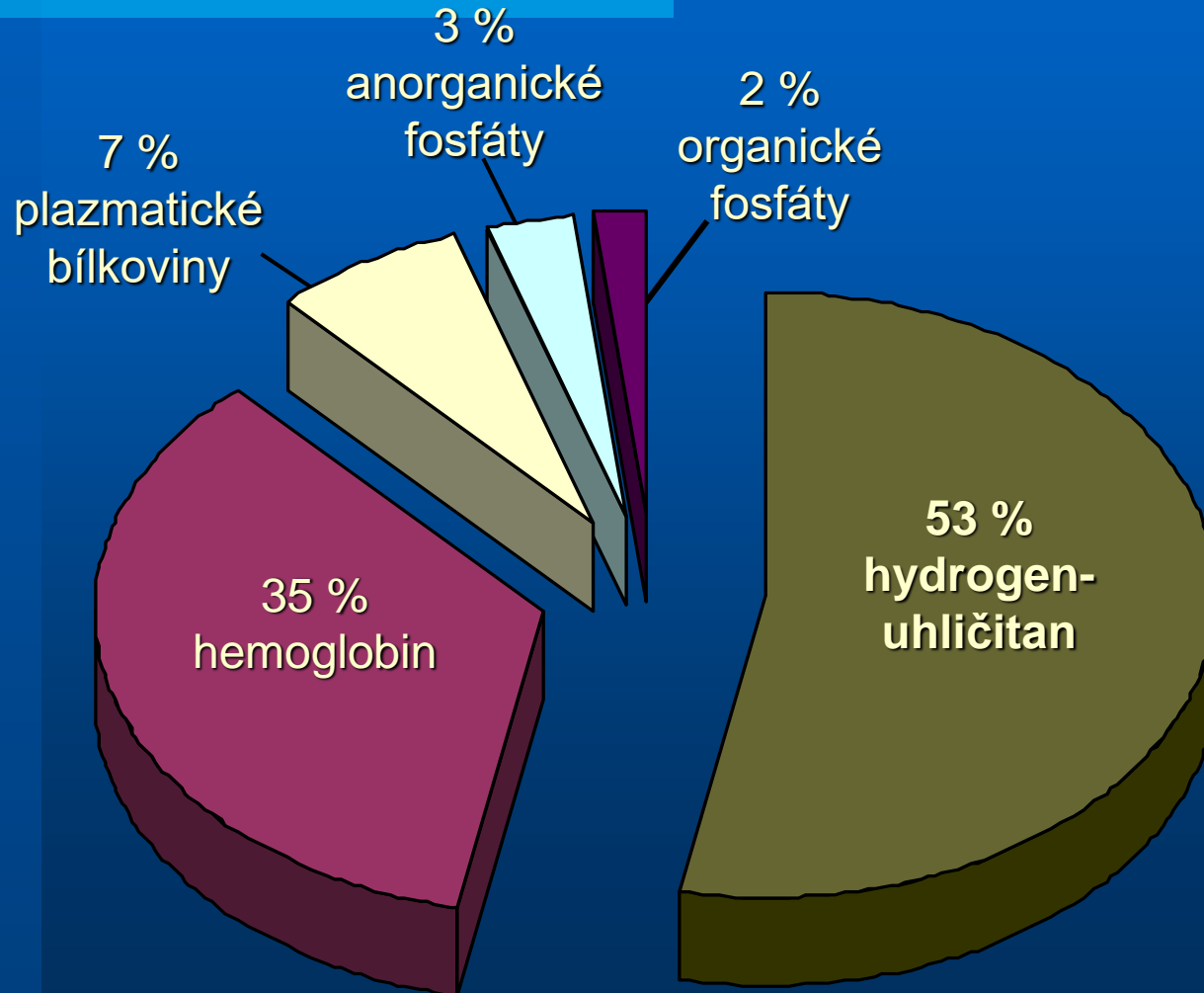
H^+

H^+

Na^+

Na^+

Podíl nárazníků



Hemoglobinový pufr

Oxyhemoglobin je kyselejší než desoxy-

- částečné vyrovnání pH v plicích po vydýchání CO_2
- snažší uvolnění O_2 v kyselém prostředí (hypoxická tkáň)

Hydrogenuhlíčitánový pufr

karbonátdehydratasa

(„karboanhydrasa“)

EC 4.2.1.1



Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

V tabulkách:
pK_a = 6,35

- pK_a = 6,1
- [HCO₃⁻] = 24 mmol.l⁻¹
- [H₂CO₃] = 1,2 mmol.l⁻¹

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

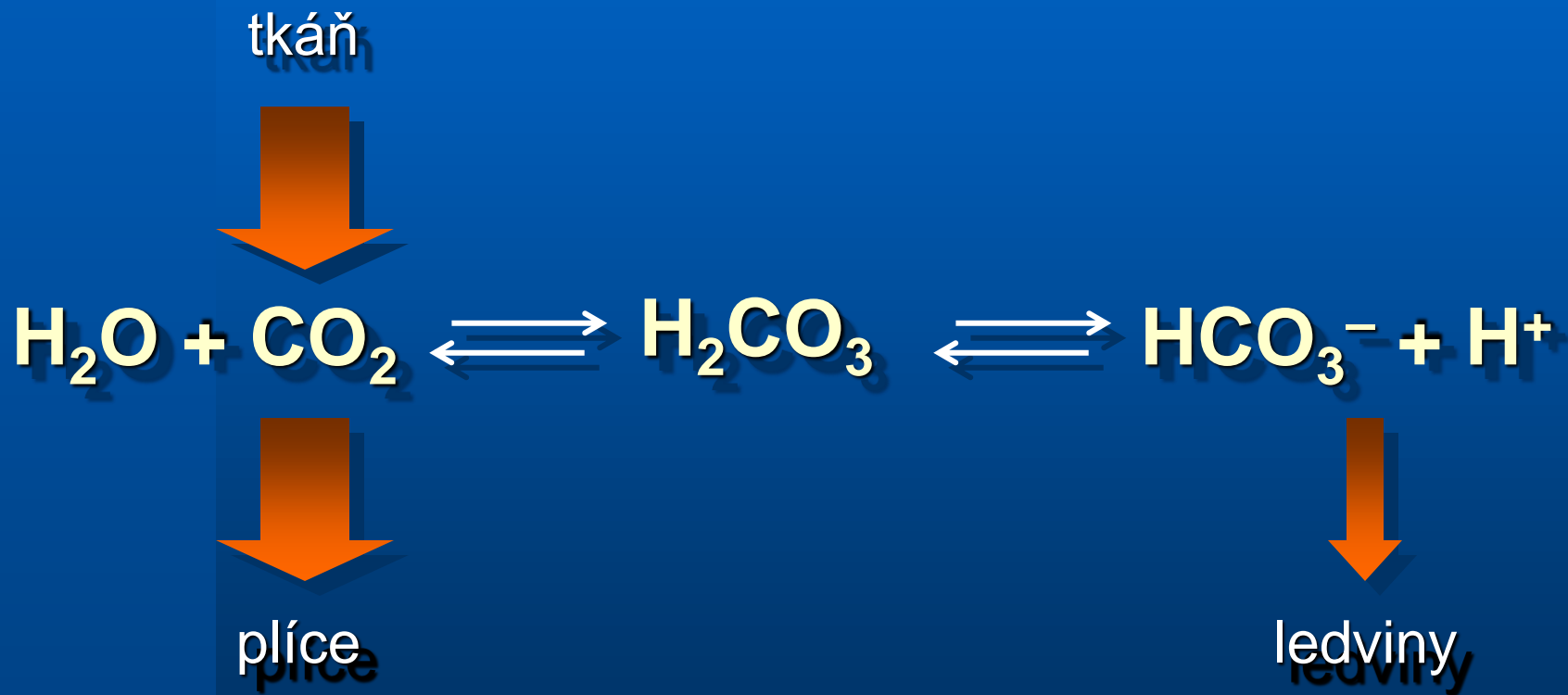
> 10 !

Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\alpha \cdot \text{pCO}_2}$$

- $\text{pK}_a = 6,1$
- $[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol.l}^{-1}$
- $\alpha = 0,224 \text{ mmol.l}^{-1} / \text{kPa}$ $\text{pCO}_2 = 5,3 \text{ kPa}$

Hydrogenuhlíčitánový pufr



Změna pH při zvracení

- ztráta asi 0,5 l žaludeční šťávy, pH 0,8

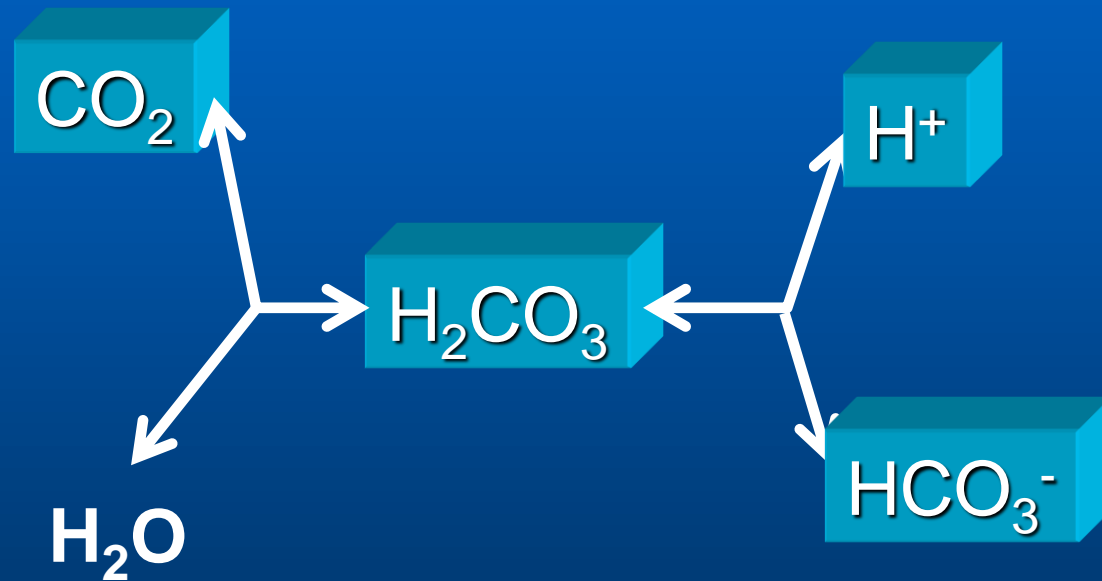
– bez pufru pH 7,4 → > 14

– uzavřený systém 7,4 → 7,9

– otevřený systém 7,4 → 7,415

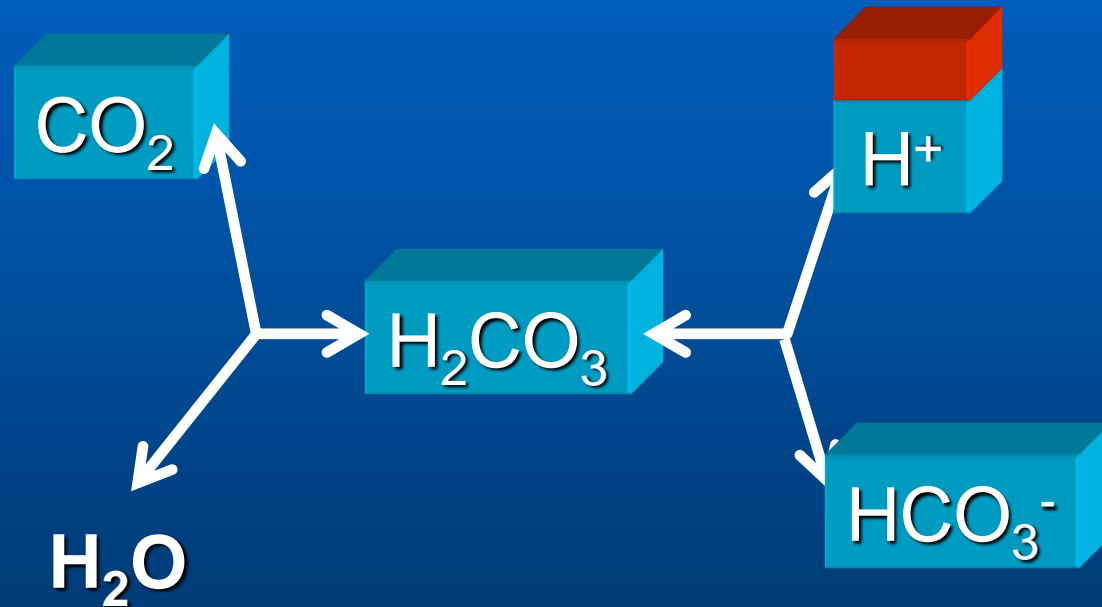


Hydrogenuhlíčitánový pufr

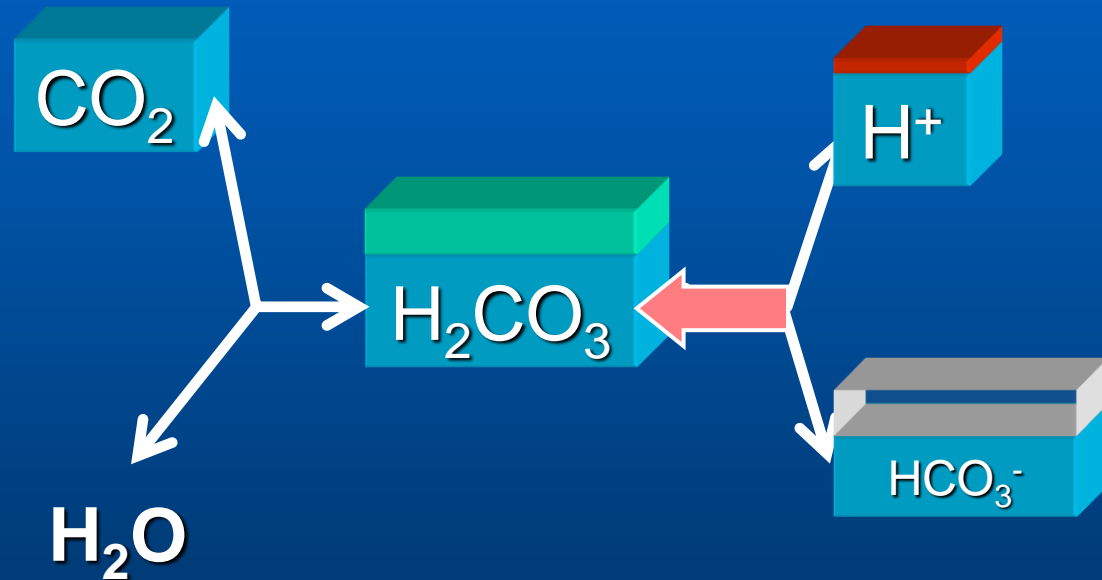


Pozn.: Velikost „krabiček“ nemá pevné měřítko!

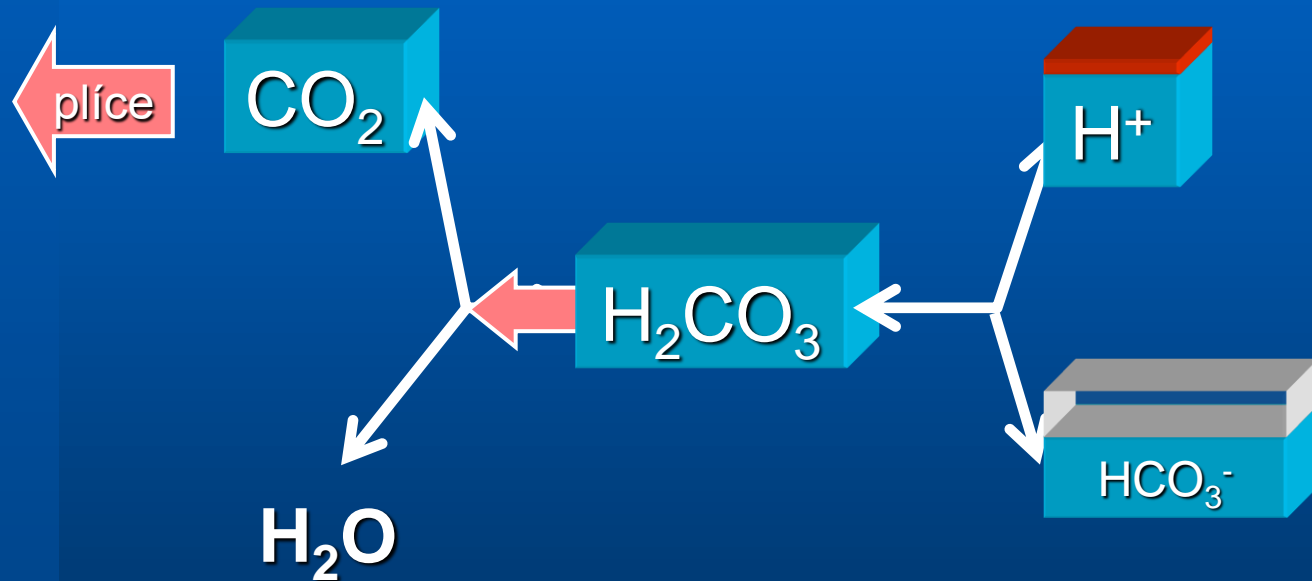
Hydrogenuhlíčitánový pufr



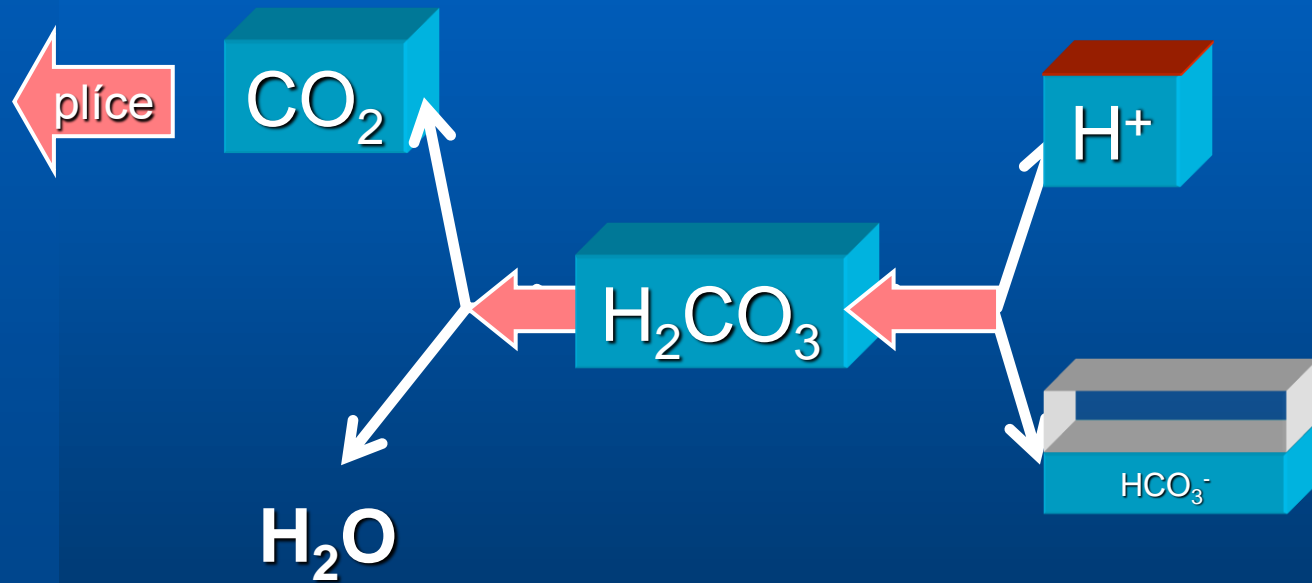
Hydrogenuhlíčitánový pufr



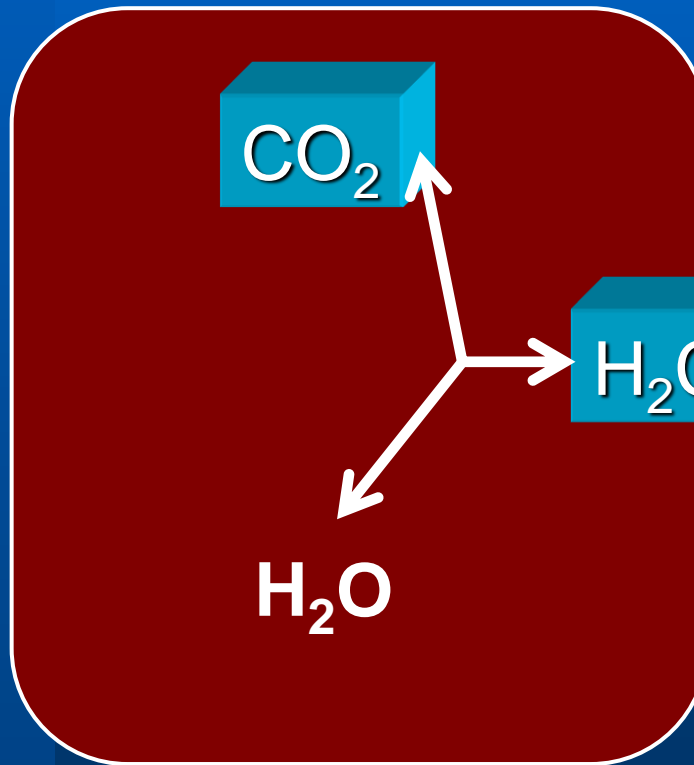
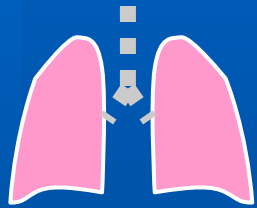
Hydrogenuhlíčitánový pufr



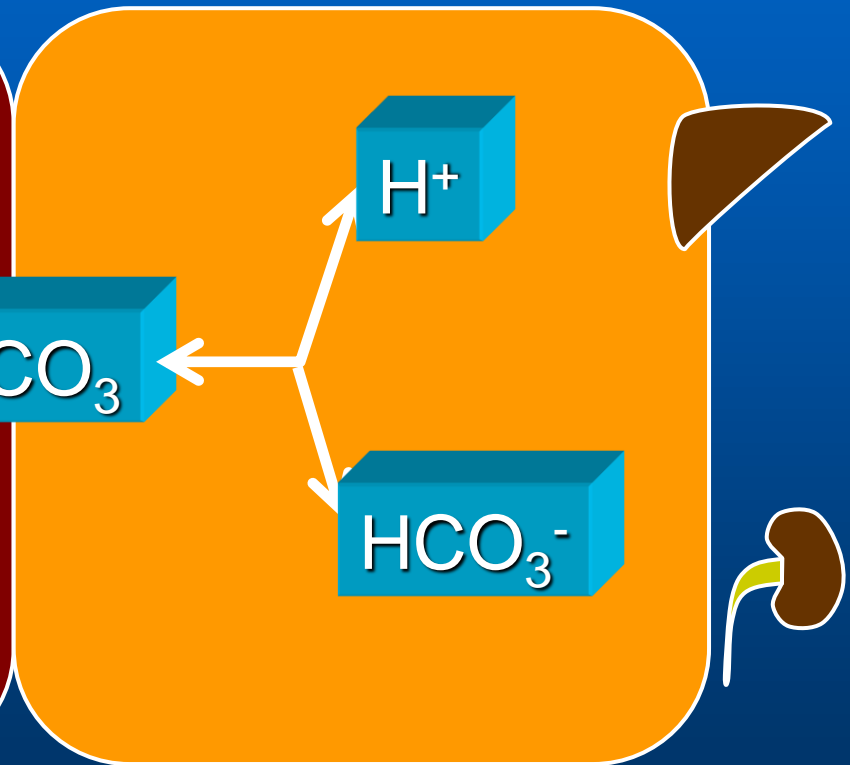
Hydrogenuhlíčitánový pufr



Hydrogenuhlíčitánový pufr

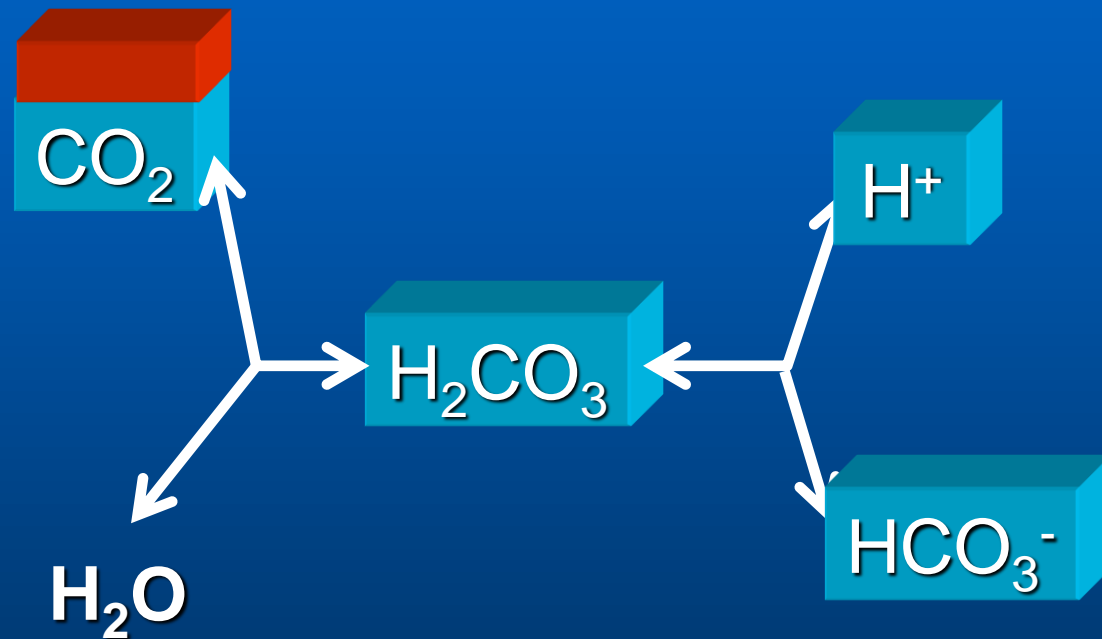


Respirační složka

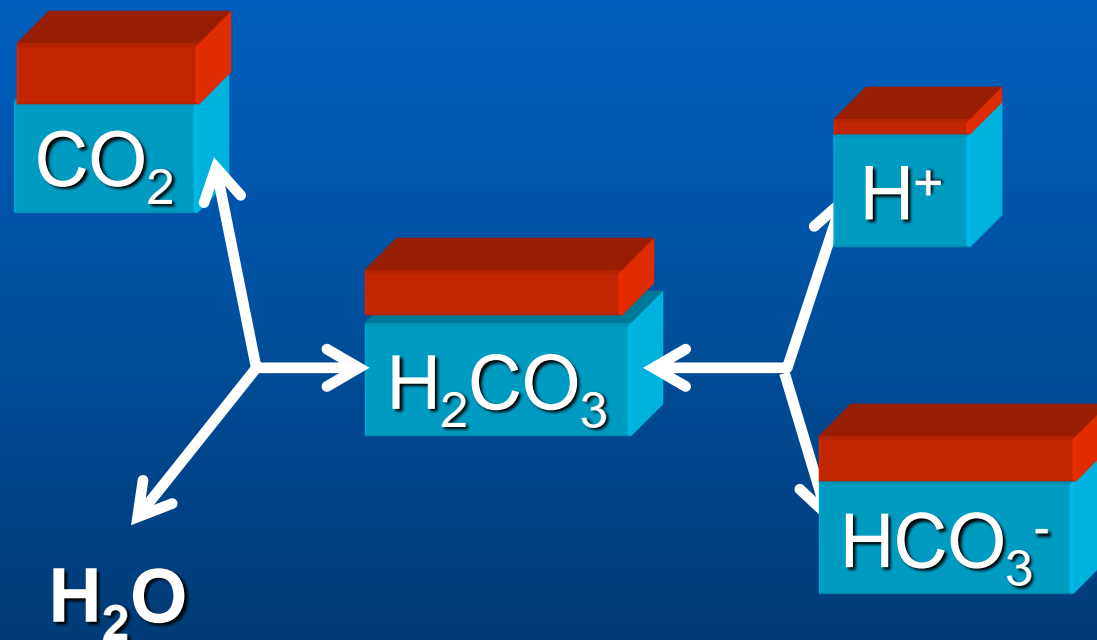


Metabolická složka

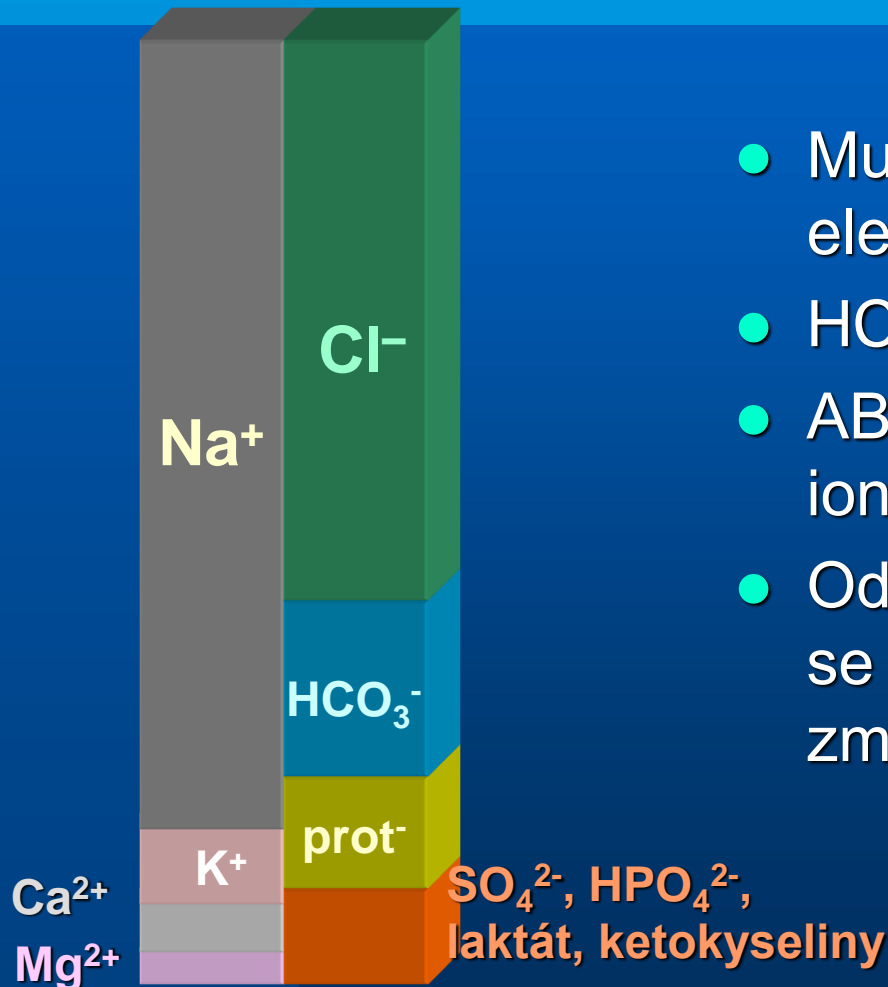
Aktuální a standardní hydrogenuhličitaný



Aktuální a standardní hydrogenuhličitany

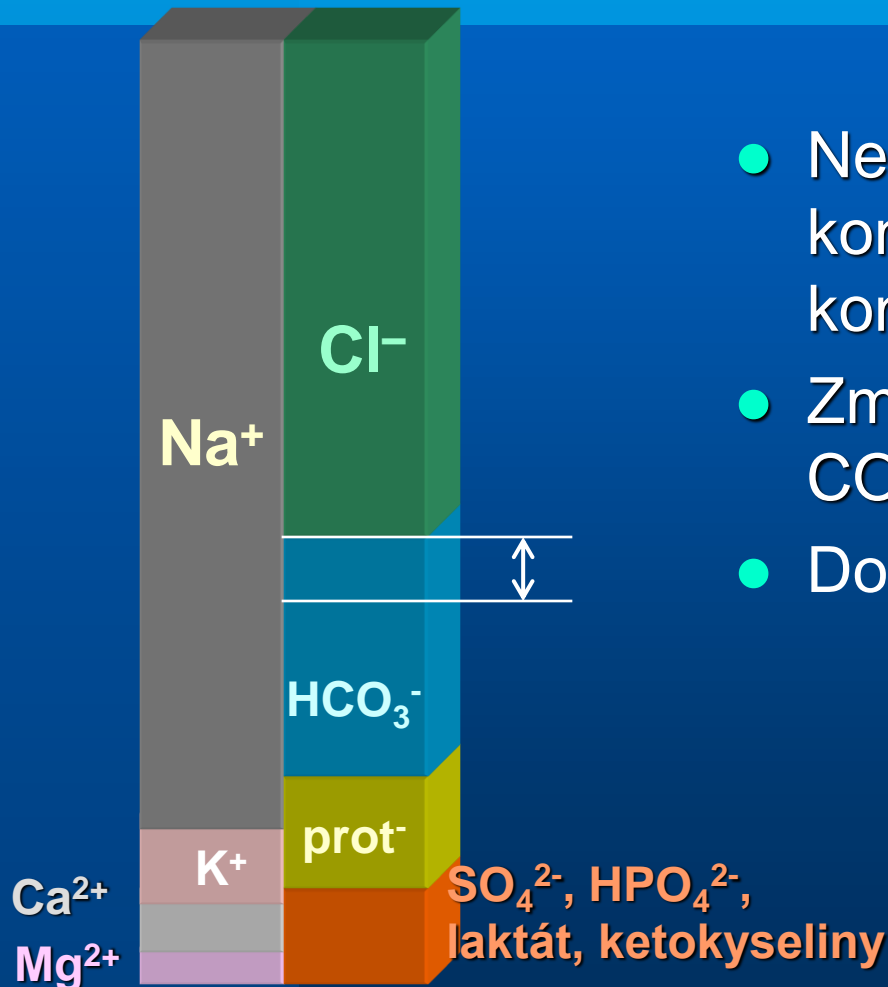


ABR a ionty



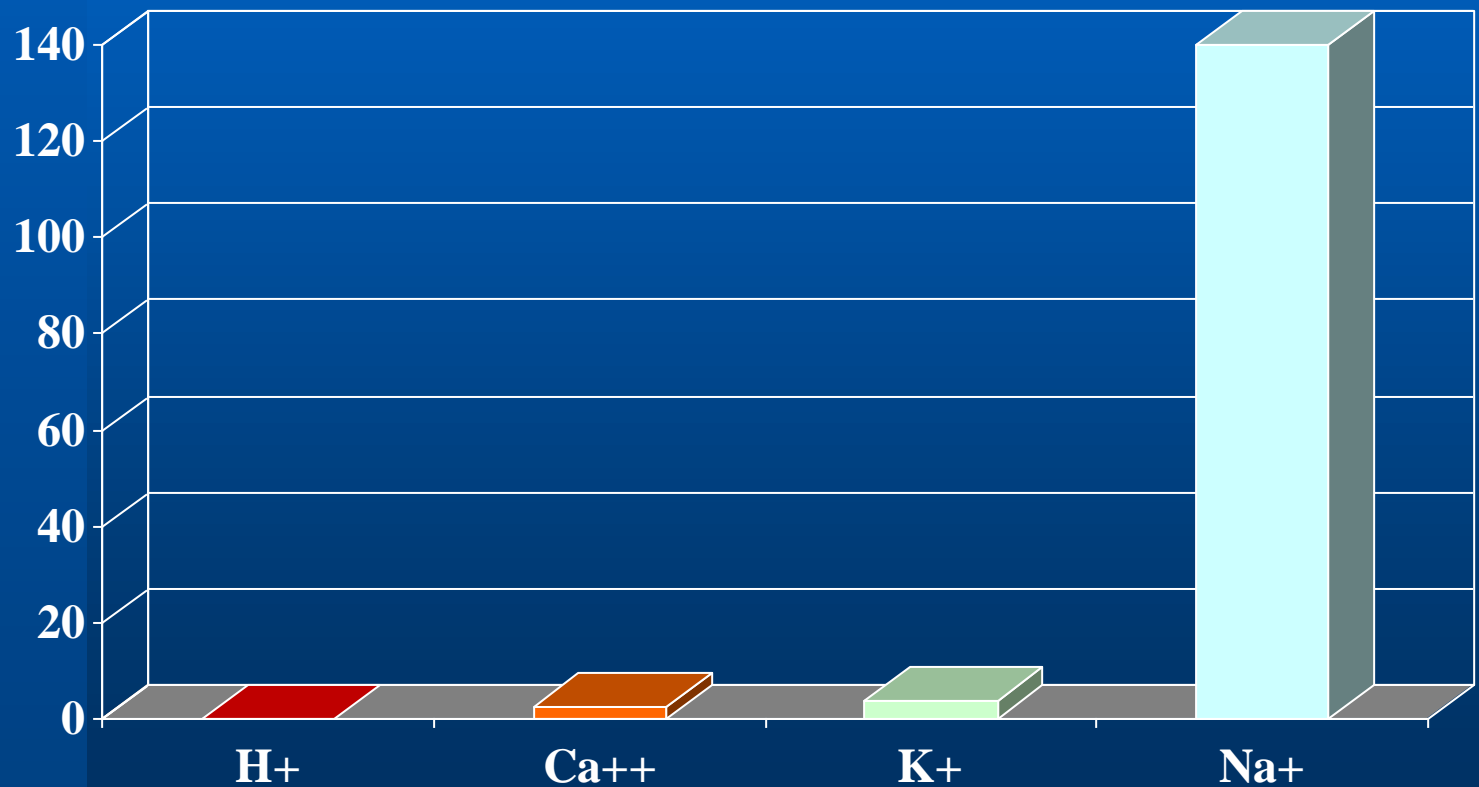
- Musí být zachována elektroneutralita
- HCO₃⁻ má náboj, CO₂ nikoliv
- ABR souvisí s metabolismem iontů
- Odchyšky koncentrace iontů se nejnáze kompenzují změnou koncentrace HCO₃⁻

Hypochloremická alkalóza



- Nedostatek Cl⁻ je kompenzován zvýšením koncentrace HCO₃⁻
- Změna poměru bikarbonátu a CO₂ vede k alkalóze
- Doprovází např. zvracení

H⁺ a jiné kationty



Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

o 5 – 6 řádů více než $[\text{H}^+]$

- $\text{pK}_a = 6,1$
- $[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol.l}^{-1}$
- $[\text{H}_2\text{CO}_3] = 1,2 \text{ mmol.l}^{-1}$

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

Změna pH při zvracení

- ztráta asi 0,5 l žaludeční šťávy, pH 0,8

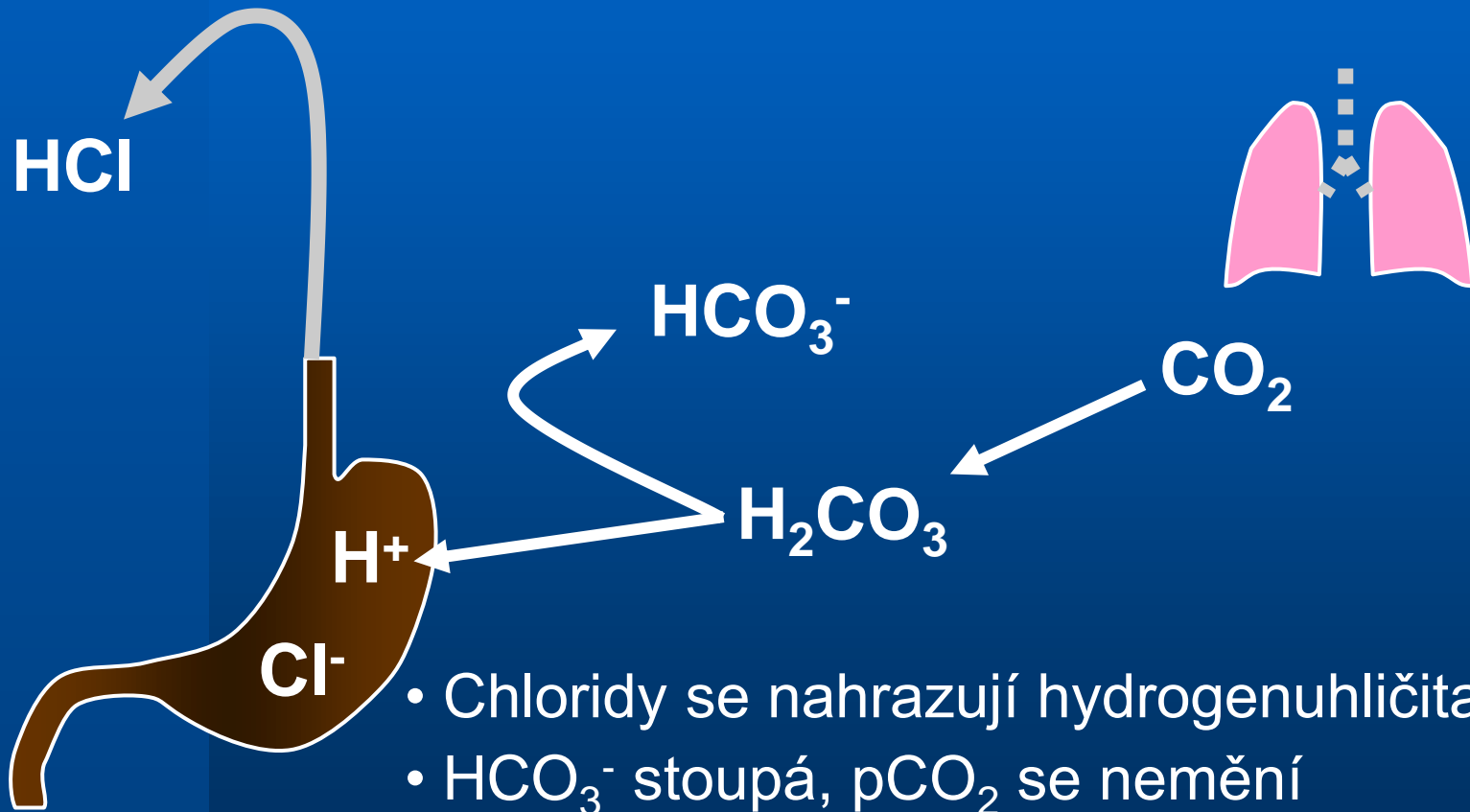
– bez pufru pH 7,4 → > 14

– uzavřený systém 7,4 → 7,9

– otevřený systém 7,4 → 7,415

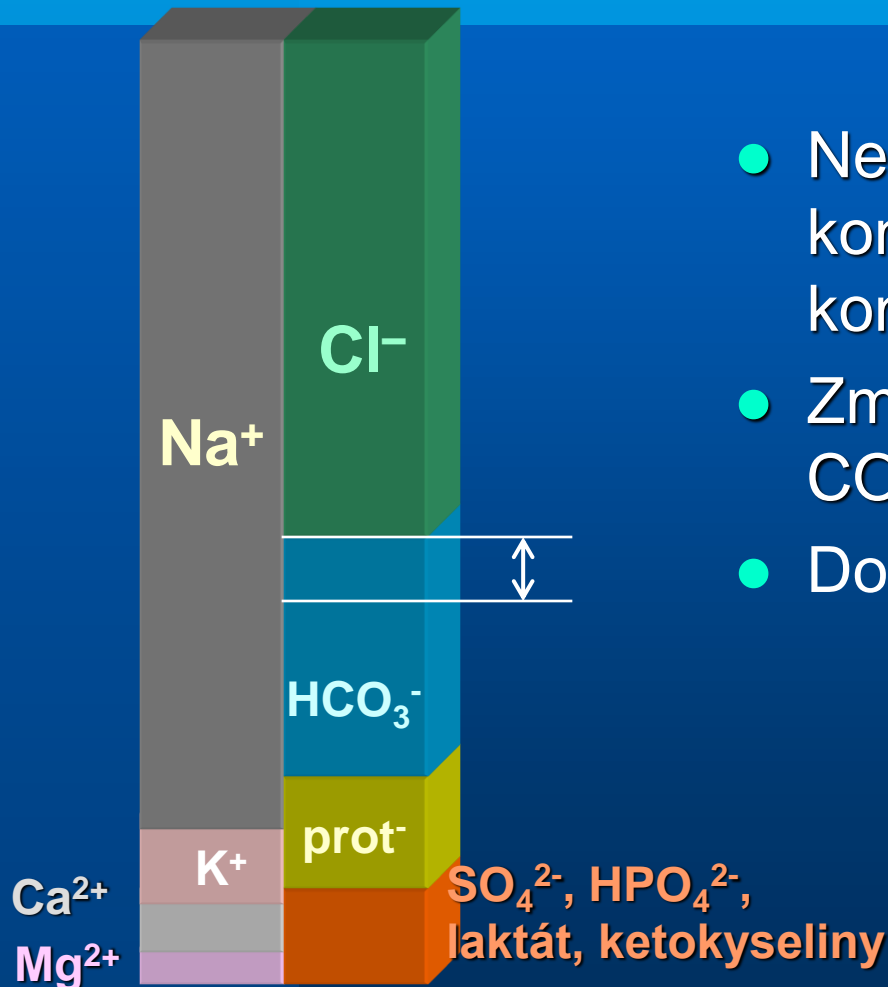


Hypochloremická alkalóza



- Chloridy se nahrazují hydrogenuhličitany
- HCO_3^- stoupá, pCO_2 se nemění

Hypochloremická alkalóza



- Nedostatek Cl⁻ je kompenzován zvýšením koncentrace HCO₃⁻
- Změna poměru bikarbonátu a CO₂ vede k alkalóze
- Doprovází např. zvracení

Acidobazická rovnováha

Neuvažuj v první řadě o změně
koncentrace

~~H⁺ nebo OH⁻~~

ale o změně

koncentrace hlavních iontů

změna pH je až druhotná v důsledku změny
poměru v $\text{HCO}_3^- / \text{pCO}_2$

Zdroje protonů

- **Anaerobní glykolýza**



- **Lipolýza**

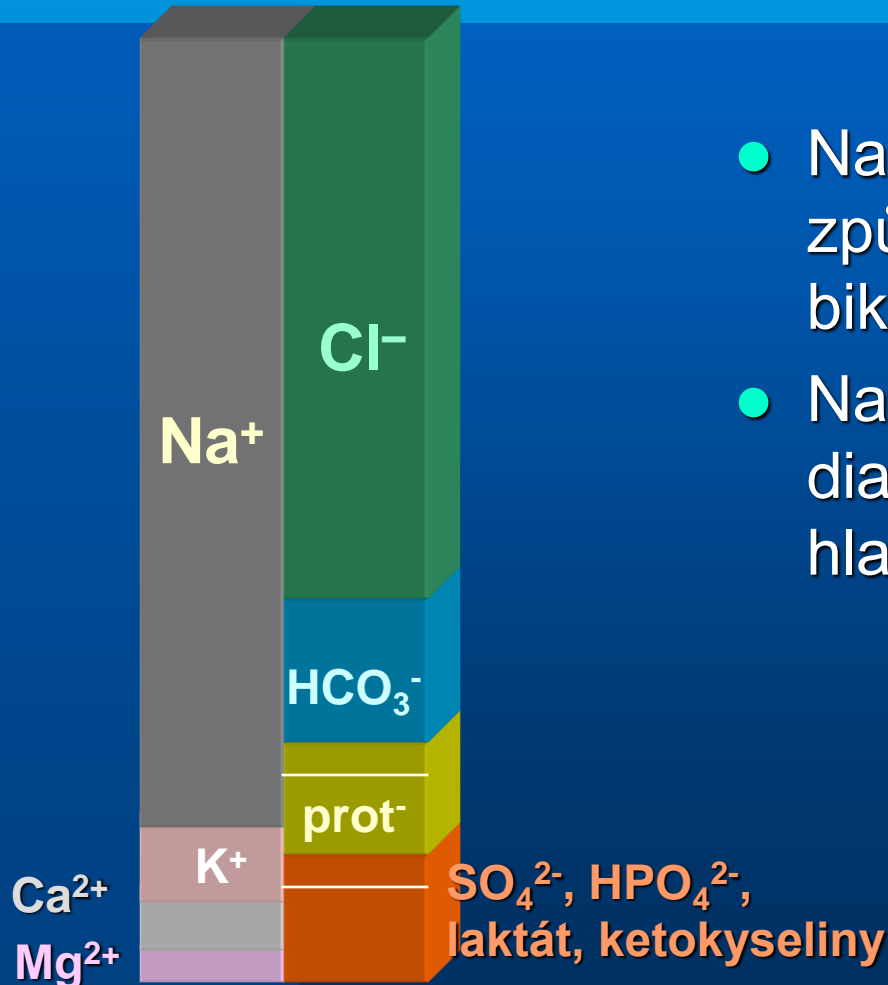


- **Ketogeneze**



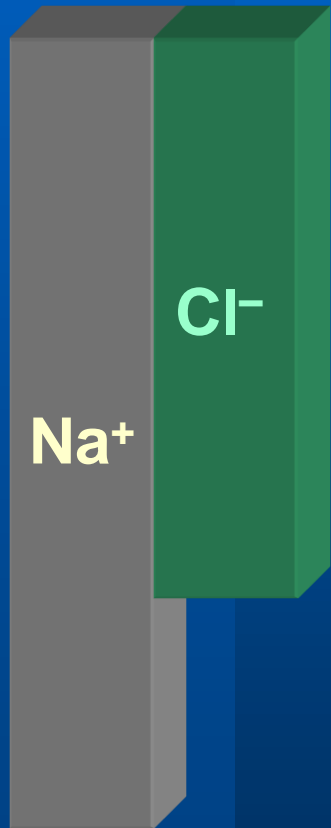
„silné“ kyseliny

Ketoacidóza



- Nadbytek aniontů ketokyselin způsobí pokles koncentrace bikarbonátu
- Např. dekompenzovaný diabetes mellitus 1. typu, hladovění...

Fyziologický roztok je „kyselý“



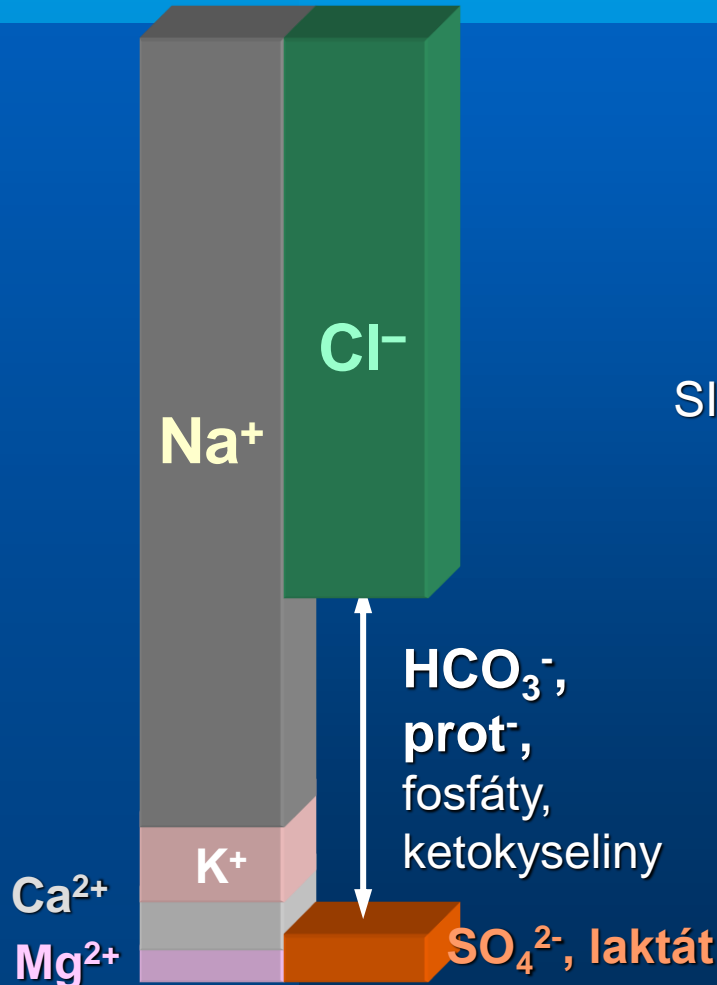
plasma

Fyziologický roztok obsahuje relativní nadbytek chloridů



fyziologický roztok

Strong ion difference (SID)

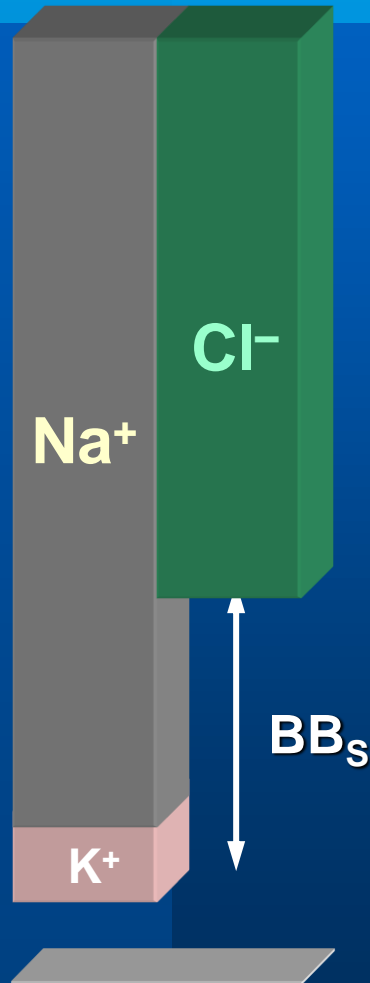


- Rozdíl koncentrací iontů silných kyselin a silných bazí

$$\text{SID} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - (\text{Cl}^- + \text{laktát}^- + \text{SO}_4^{2-})$$

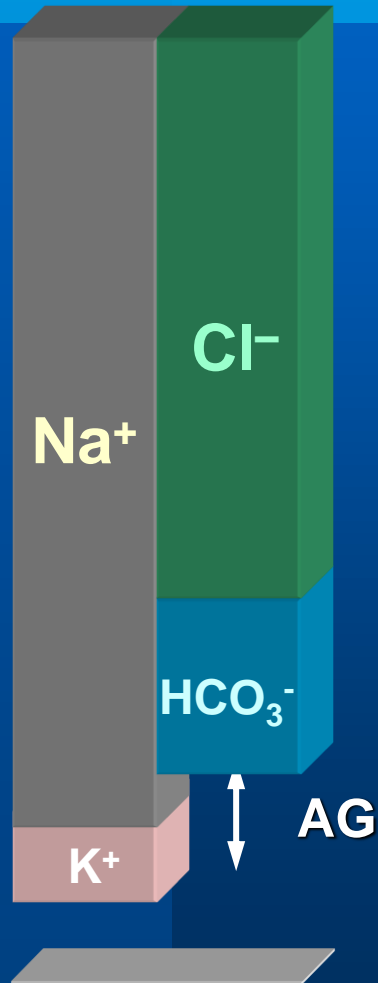
- Vyžaduje stanovení méně běžných parametrů (Mg^{2+} , SO_4^{2-} , laktát)

Pufrové báze séra (BB_S)



- Zjednodušení SID
- Odpovídá především HCO_3^- , $prot^-$ a fosfátům, tj. celkové koncentraci pufřů

Anion gap (AG)



- Popisuje odchylky v koncentraci laktátu, ketokyselin, fosfátů, síranů a dalších aniontů

SID

BB_S

AG

Lépe:

hodnotit přímo vliv jednotlivých složek ionogramu na acidobazickou rovnováhu

(výpočtem se ztrácí informace!)

Ca²⁺
Mg²⁺

K⁺

Cl⁻

Na⁺

HCO₃⁻,
p_H,
fosfáty,
ketokyseliny

SO₄²⁻, laktát

K⁺

Cl⁻

BB_S

K⁺

Cl⁻

HCO₃⁻

AG

ABR a draslík

- **Dochází ke směně K^+ a H^+ na buněčné membráně**

acidémie → hyperkalémie

alkalémie → hypokalémie

hyperkalémie → acidémie

hypokalémie → alkalémie

ABR a vápník

- **Výměna H^+ a Ca^{2+} vázaných na plazmatických bílkovinách**

acidémie → ionizovaná hyperkalcémie

alkalémie → ionizovaná hypokalcémie