

Bp 1252 Biochemie

#1 Biologicky významné anorganické
sloučeniny

Prvkové složení lidského organismu

- Esenciální makroprvky

denní příjem větší než 1 g; tvoří více než 99 % lidského těla

C, H, N, O, P, S, Cl, Ca, K, Na, Mg

- Esenciální mikroprvky

denní příjem menší než 100 mg; tvoří asi 1 % lidského těla

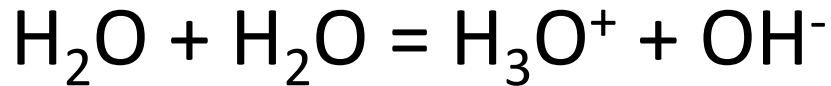
Fe, Zn, F, Cu, I, Se, Mn, Mo, Co, Cr

Voda H₂O

- Prostředí pro všechny biologické děje
- Lidské tělo obsahuje asi 70 % vody
- Výborné rozpouštědlo polárních látek (některé soli, močovina, glukosa atd.)
- Špatné rozpouštědlo nepolárních látek (lipidy atd.)

Autoprotolýza vody a definice pH

- Autoprotolýza vody



- Rovnovážná konstanta

$$K_1 = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]/[\text{H}_2\text{O}]^2$$

- Iontový součin vody

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

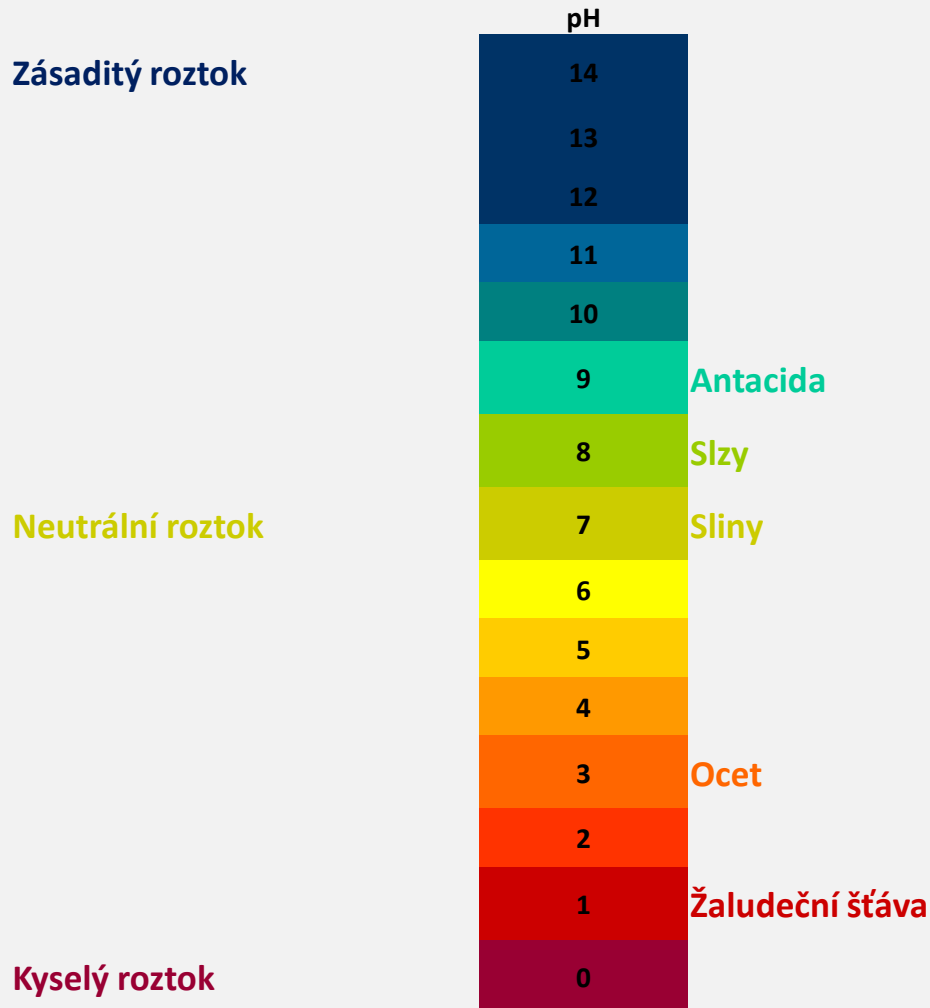
$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2} \quad (\text{při } 25^\circ\text{C})$$

- pH

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

pH

V čisté vodě platí $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol.l}^{-1}$; $\text{pH} = 7$



pH

- Pro rychlé orientační měření pH slouží tzv. univerzální indikátorový papírek



pH

- pH extracelulárního prostoru (resp. krevní plasmy) má hodnotu 7,4
- pH intracelulárního prostoru je o něco nižší, má hodnotu asi 6,8
- Příklady přibližné hodnoty pH transcelulárních tekutin:
 - Žaludeční šťáva pH 1,5
 - Obsah tenkého střeva pH 8
 - Moč pH 5

- Protonová pumpa

Transmembránový protein, aktivní transport H^+ iontů přes buněčnou membránu

Příklad 1

- Krycími buňkami v žaludku je produkována kys. chlorovodíková o koncentraci $0,5 \text{ mol.l}^{-1}$.

Jaká je tedy hodnota pH sekretu těchto buněk?

- Řešení:

Kys. chlorovodíková je silná kyselina, v roztoku je zcela disociována, koncentrace HCl tak odpovídá rovnovážné koncentraci H_3O^+ .

Dosazením do vztahu $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ dostaneme výsledek $\text{pH} = 0,3$.

Příklad 2

- Jaké pH má roztok NaOH o koncentraci $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$?

- Řešení:

Hydroxid sodný je silná báze a ve vodném roztoku je tak zcela disociován. Koncentrace NaOH tak odpovídá rovnovážné koncentraci OH^- iontů.

Spočítáme pOH dosazením do vztahu

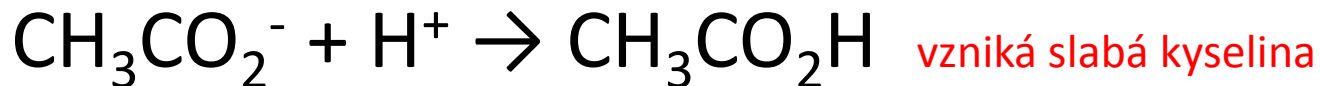
$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$. Následně vypočteme pH pomocí vztahu $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.

Výsledek $\text{pH} = 10,7$

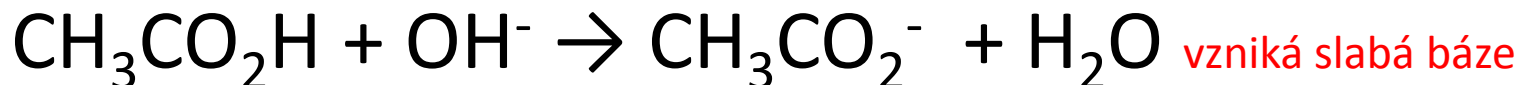
Pufry

- Roztoky schopné udržovat pH na určité hodnotě
- Obsahují slabou kyselinu (resp. bázi) a její sůl
- Příklad: acetátový pufr $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ / $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$
- Jak pufr pracuje? Velmi zjednodušeně takto:

Přídavek kyseliny:



Přídavek báze:



Pufrační systémy lidského organismu

- **Pufrační systém krve**

Hydrogenuhlíčitánový (bikarbonátový) pufr

– Hlavní pufr extracelulárních tekutin

– Tvořen párem H_2CO_3 / HCO_3^-

– Kys. uhličitá je v rovnováze s rozpuštěným CO_2

$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$ Tato reakce je katalyzována enzymem ***karbonátdehydratasou*** (též karbonátanhydrasa a jiné názvy).

Pufrační systémy lidského organismu

- **Proteiny**

Některé *funkční skupiny postranních řetězců aminokyselinových zbytků* se také podílí na udržování fyziologického pH.

Pár hemoglobin/oxyhemoglobin (Hb/HbO₂)

Hemoglobin s navázaným kyslíkem (oxyhemoglobin, HbO₂) je silnější kyselinou než deoxygenovaný hemoglobin Hb.

Bohrův efekt – soubor jevů; ve tkáních s nižším pH (vlivem uvolňování CO₂ a metabolických kyselin) se z HbO₂ uvolňuje snadno kyslík; naopak v plicích, kde CO₂ odchází z krve, se kyslík na Hb snadno váže.

Pufrační systémy lidského organismu

- Fosfátový pufr

Tvořen párem $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$

Udržuje pH v intracelulárním prostoru.

Pufruje moč.

Peroxid vodíku H₂O₂

- Koncentrované roztoky působí destruktivně na pokožku i oči
- 3% vodný roztok se používá k povrchové desinfekci

Kyslík O₂

- Akceptor elektronů v dýchacím řetězci
- Zásoby kyslíku v těle:
 - plynný v plicích
 - vázaný na hemoglobin a myoglobin
 - rozpuštěný v krvi
- Nedostatek kyslíku = hypoxie

Kyslík O₂

- Značení tlakových lahví

Kyslík pro medicínální použití se dodává v bílých tlakových lahvích.



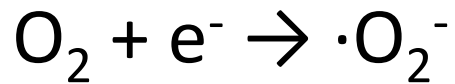
Ozon O₃

- Toxický plyn charakteristického zápachu, dráždivé účinky na dýchací orgány
- Sterilizace vody
- Ozonová vrstva v atmosféře je filtrem UV záření

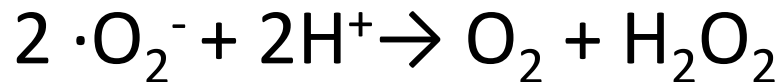
Reactive Oxygen Species (ROS), reaktivní formy kyslíku

Vznikají neřízenými reakcemi kyslíku v organismu.

- Superoxidový anion-radikál $\cdot\text{O}_2^-$



Enzym superoxiddismutasa udržuje nízkou hladinu této látky:



- Hydroxylový radikál $\cdot\text{OH}$

Vzniká Fentonovou reakcí:



Reactive Oxygen Species (ROS), reaktivní formy kyslíku

- Peroxid vodíku

Vzniká při některých dehydrogenačních reakcích.

Je to látka toxická → enzymaticky se odbourává:

- katalasou (rozklad H_2O_2 na kyslík a vodu)
- peroxidasou (oxidace různých substrátů za použití H_2O_2)

Uhlík a sloučeniny uhlíku

- „Živočišné uhlí“ – aktivní uhlí (adsorbent)
- Oxid uhelnatý CO

toxický plyn bez zápachu, složka svítiplynu, vzniká při nedokonalém spalování uhlí

váže se na hemoglobin za vzniku

karboxyhemoglobinu, vazba je asi 250x pevnější než v případě kyslíku

Uhlík a sloučeniny uhlíku

- Oxid uhličitý CO_2

bezbarvý plyn bez zápachu, nedýchatelný

0,03 obj % ve vzduchu – běžná atmosféra

3 obj. % ve vzduchu – ospalost, bolesti hlavy

10 obj. % ve vzduchu – zástava dýchání

Konečný produkt metabolismu uhlíkatých sloučenin.

Uhlík a sloučeniny uhlíku

- Oxid uhličitý CO_2

Používá se při přípravě tzv. uhličitých koupelí. Zlepšení prokrvení organismu.

Medicinální CO_2 dodáván v bílých tlak. lahvích se šedou horní částí.



Uhlík a sloučeniny uhlíku

- Kyselina uhličitá H_2CO_3
vzniká rozpuštěním CO_2 ve vodě
- Hydrogenuhličitany HCO_3^- (bikarbonáty)
 NaHCO_3 (jedlá soda)
použití v šumivých tabletách, prášek do pečiva,
složka v infúzích
Hydrogenuhličitanový pufr:
pufrační systém krve
 $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$

Uhlík a sloučeniny uhlíku

- Kyanovodík a kyanidy

Vysoce toxický plyn hořkomandlového zápachu.

Nejmenší dávka která usmrcuje: 0,04 g

Kyanid draselný KCN (cyankáli)

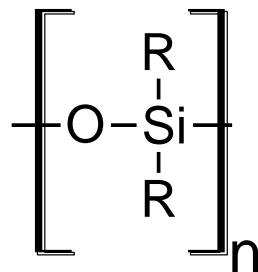
Bílá krystalická látka.

Nejmenší dávka která usmrcuje: 0,2 g

Inhibice cytochrom-c-oxidasy v dýchacím řetězci.

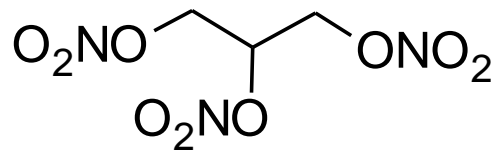
Sloučeniny křemíku

- Silikagel $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Absorbent používaný v chromatografii.
- Hlinitokřemičitany
nerozpustné ve vodě, střevní adsorbenty
(Smecta)
- Talek (Mastek)
zásypy a pudry
- Azbesty – vláknité křemičitany, karcinogenní
- Silikony (polysiloxany)



Sloučeniny dusíku

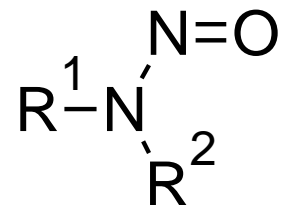
- Oxid dusný (rajský plyn) N_2O
inhalační anestetikum, plyn ve šlehačkových bombičkách
- Oxid dusnatý NO
snižuje krevní tlak, uvolňuje se z esterů kyseliny dusité a dusičné (léčiva)
snadno se oxiduje na hnědý NO_2



Nitroglycerin

Sloučeniny dusíku

- Kyselina dusitá HNO_2 a dusitany
Toxické; vznik methemoglobinu ($\text{Fe}^{\text{II}} \rightarrow \text{Fe}^{\text{III}}$), který nepřenáší kyslík;
vznik karcinogenních nitrosaminů

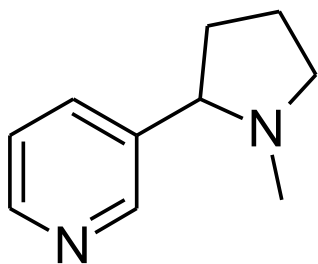


Kde se s dusitany setkáváme?

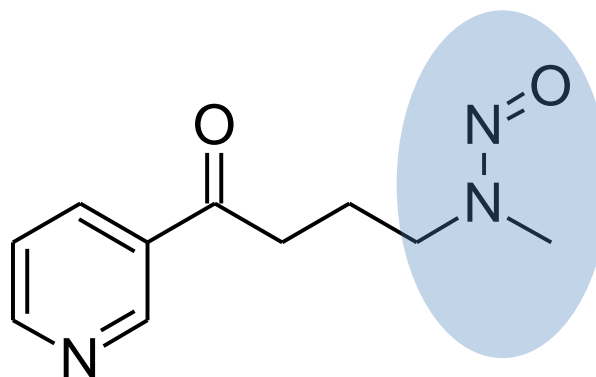
- dusitanová solící směs E250 (uzeniny, konzervy)
- voda

Nitrosaminy v tabáku

**Kouř obsahuje
benzen,
nitrosaminy,
formaldehyd
a kyanovodík**



nikotin



Sloučeniny dusíku

- Kyselina dusičná HNO_3 a dusičnany
Téměř netoxické, používají se jako hnojiva (KNO_3 , NaNO_3 , NH_4NO_3), dostávají se do zeleniny a vod.

Redukují se na toxické dusitany.



Limitní hodnoty pro dusičnany v pitné vodě:

50 mg/l (dospělý člověk)

15 mg/l (kojenec)

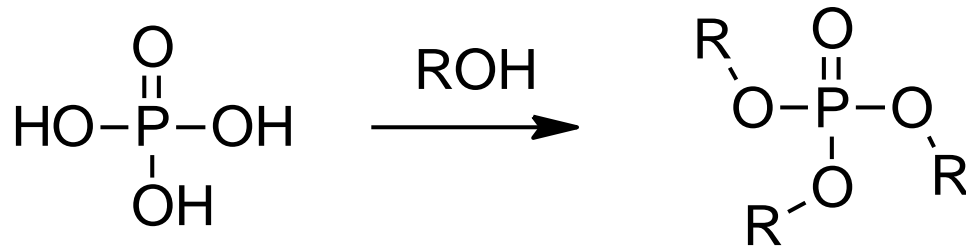
Pitná voda v Brně

týden: 387/2012

| Fyzikálně-chemické ukazatele | jednotky | limit dle vyhlášky | Vodojem | Vodojem | Úpravna | Úpravna |
|---|----------|----------------------|----------------|-----------|---------|---------|
| | | MZČR č. 252/2004 Sb. | Palackého vrch | Holé hory | Pisárky | Švařec |
| Barva | mg Pt/l | 20 | 4 | 4 | | <5 |
| Zákal | NTU | 5 | 0,1 | 0,1 | M | <0,10 |
| Železo | mg/l | 0,2 | <0,02 | <0,02 | I | 0,02 |
| pH | | 6,5-9,5 | 7,51 | 7,51 | M | 7,37 |
| Celková tvrdost | oDH | 11,2-19,6 | 17,0 | 17,0 | O | 3,8 |
| Celková tvrdost | oF | 20-353 | 30,4 | 30,3 | | 6,8 |
| Celková tvrdost | mmol/l | 2-3,5 | 3,04 | 3,03 | P | 0,68 |
| Amonné ionty | mg/l | 0,5 | <0,01 | <0,01 | R | <0,03 |
|  Dusičnany | mg/l | 50 | 34,5 | 41,3 | O | 15,0 |
|  Dusitany | mg/l | 0,5 | <0,01 | <0,01 | V | <0,005 |
| Chloridy | mg/l | 100 | 16,9 | 15,7 | O | 8,9 |
| CHSK - Mn | mg/l | 3 | 0,7 | 0,8 | Z | 0,96 |
| Volný chlor | mg/l | 0,3 | 0,03 | 0,14 | | 0,03 |
| Vodivost | mS/m | 125 | 57,7 | 58,3 | | 16,8 |

Sloučeniny fosforu

- Kyselina fosforečná H_3PO_4
součást nápojů (*Coca-Cola*)
- Součást kostí a zubů ve formě $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$
- Významné jsou estery kyseliny fosforečné
(nukleotidy, fosfolipidy atd.)



- Anionty H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} součást pufrčního systému (ovlivnění pH krve a moči)

Sloučeniny síry

- Sulfan (sirovodík) H_2S

Bezbarvý velmi toxický plyn, vzniká např. při rozkladu bílkovin.

Reaguje s iontem železa v cytochromoxidase.

Jeho působení se tak více blíží spíše CN^- než CO .

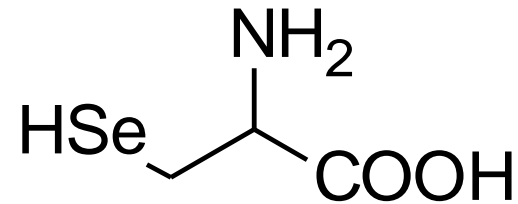
- Oxid siřičitý SO_2

Toxický plyn, štiplavý, způsobuje dráždivý kašel.

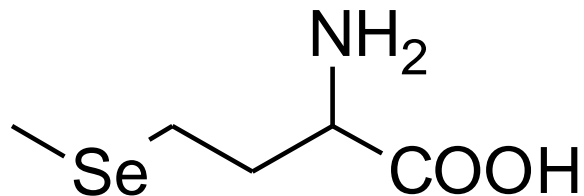
Sloučeniny selenu

Význam pro funkci některých enzymů.

- Selenocystein



- Selenomethionin



Sloučeniny fluoru

- Fluorid sodný – prevence zubního kazu
- Fluoroapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
spolu s hydroxoapatitem $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$ součást
kostní tkáně

Sloučeniny chloru

- Chlorid sodný NaCl
podílí se na udržování osmotického tlaku extracelulární tekutiny
- Kyselina chlorovodíková HCl
obsažena v žaludeční šťávě (0,4 %), aktivace pepsinu, denaturace bílkovin a baktericidní účinky
- Chlornan sodný NaClO
desinfekční prostředek (Savo)
- Chlorové vápno $\text{CaCl}(\text{ClO})$
desinfekce

Sloučeniny bromu

- Bromid sodný NaBr

V minulosti používán jako sedativum.

Jod a sloučeniny jodu

- Jodová tinktura
roztok jodu v ethanolu, antiseptikum
- Lugolův roztok
roztok jodu ve vodném roztoku jodidu draselného
- Jodované povidony
roztok komplexu jodu s povidonem (Jodisol, Betadine), antiseptika

Sloučeniny jodu

- Jodid draselný KI

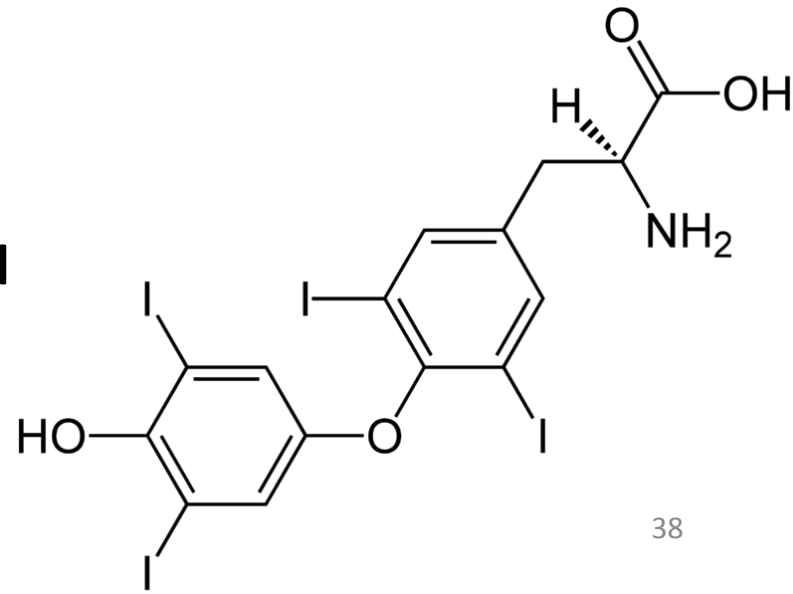
Suplementace jodu při nedostatku; „jodové tablety“ – náhrada radioaktivního izotopu ^{131}I v případě jaderné havárie

- Jodičnan sodný NaIO_3

jodování soli

- Hormon thyroxin

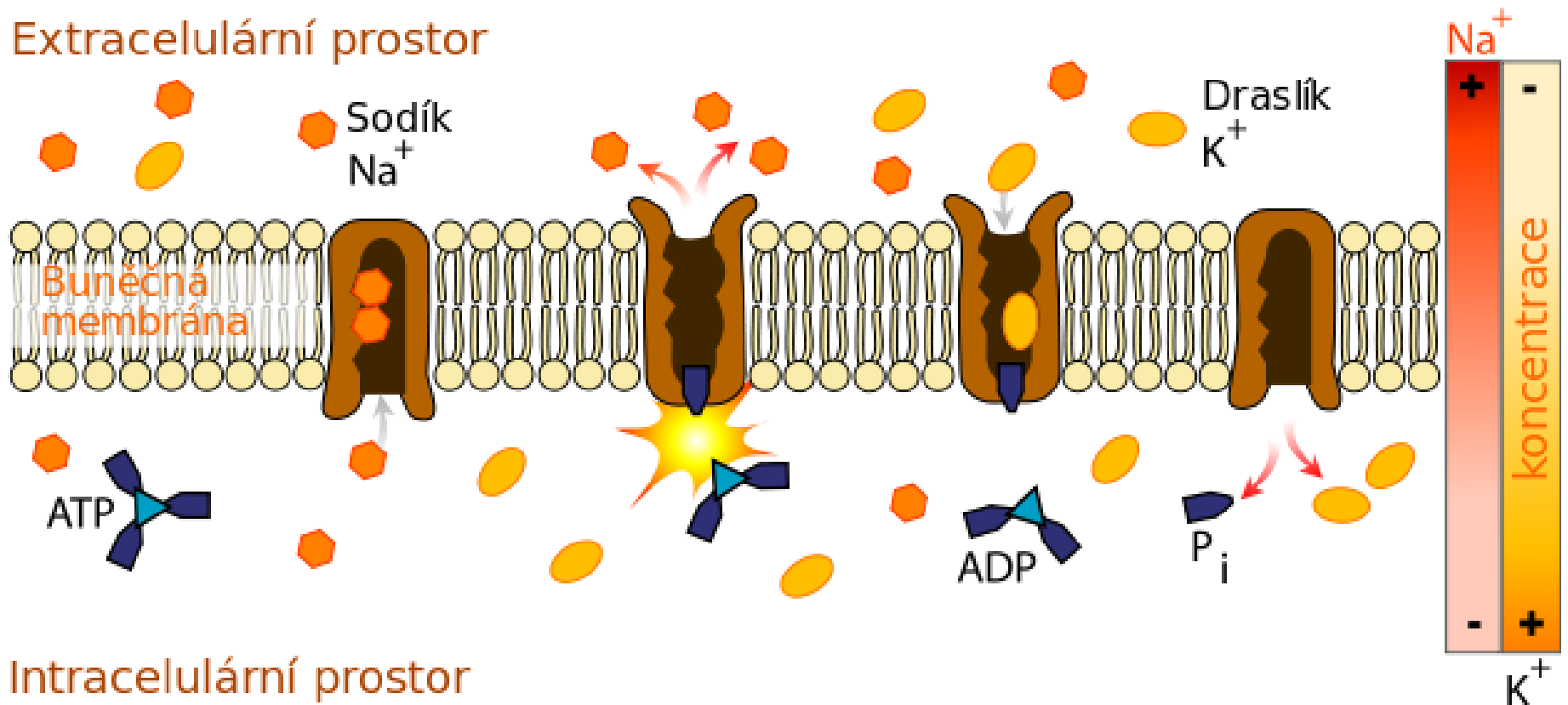
produkováný štítnou žlázou



Sodík a draslík

- Na^+ hlavní kation extracelulární tekutiny
 K^+ hlavní kation intracelulární tekutiny
nerovnoměrné rozložení udržováno aktivním transportem (sodno-draselná pumpa).
- Chlorid sodný NaCl
rozpouštění hlenů (pití a inhalace slaných minerálek)
Fyziologický roztok: 0,9% NaCl ve vodě
Používá se k infúzím – zajištění iontové rovnováhy

Sodno-draselná pumpa



Sodík a draslík

- Chlorid sodný NaCl
rozpuštění hlenů (pití a inhalace slaných minerálek)
Fyziologický roztok: 0,9% Θ NaCl ve vodě
Používá se k infúzím – zajištění iontové rovnováhy

Sodík a draslík

- Chlorid draselný KCl
při nedostatku draslíku (při podávání kortikosteroidů nebo diuretik), podobné použití má citrát a malát draselný.
- Síran sodný Na_2SO_4
ve formě dekahydrátu (Glauberova sůl) má projímavé účinky

Hořčík a jeho sloučeniny

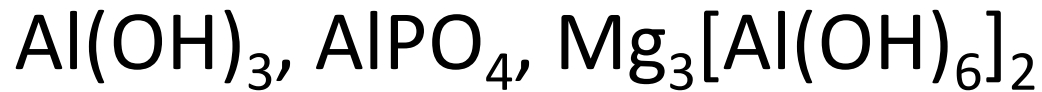
- Mg^{2+} kation intracelulární tekutiny
Zdrojem je např. listová zelenina (chlorofyl),
minerální vody (Magnesia)
- Hydroxid hořečnatý $\text{Mg}(\text{OH})_2$
antacidum
- Uhličitan hořečnatý MgCO_3
součást zásypů a zubních past
- Síran hořečnatý MgSO_4
silné projímadlo, v hořkých min. vodách
(Šaratica)

Vápník a jeho sloučeniny

- Většina vápníku v těle v kostech a zubech (hydroxoapatit, fluoroapatit)
- Nejvydatnějším zdrojem je mléko a mléčné výrobky
- Fosforečnan vápenatý $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
zásypy, zubní pasty
- Chlorid vápenatý CaCl_2 – intravenózní injekce při nedostatku Ca^{2+}
- Ca^{2+} soli karboxylových kyselin – perorální suplementace (citrát, glukonát, laktát)

Hliník a jeho sloučeniny

- Hliníková antacida – slabě bazické sloučeniny nerozpustné ve vodě



- Síran dasečno-hlinitý $\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – tzv. kamenec, adstringentní účinek, zastavení krvácení po holení, antiperspiranty
- Octan hlinitý $(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3\text{Al}$ – k obkladům
- Chlorid hlinitý – adstringentní účinek, antiperspiranty

Železo

- Obsaženo v hemoglobinu a myoglobinu (Fe^{II})
- Síran železnatý $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – tzv. zelená skalice, v tabletách při nedostatku železa
- Podobné použití mají i železnaté soli karboxylových kyselin (fumarát, glukonát, laktát)
- Oxid železitý Fe_2O_3 – pigment k barvení tablet ve farmacii
- Nitroprusid sodný $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ – uvolňuje NO (snížení krevního tlaku)

Měď, zinek a jejich sloučeniny

- Součást některých enzymů
- Síran měďnatý $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – suplementace mědi, fungicid
- Oxid zinečnatý ZnO – v dermatologii složka tzv. zinkové masti