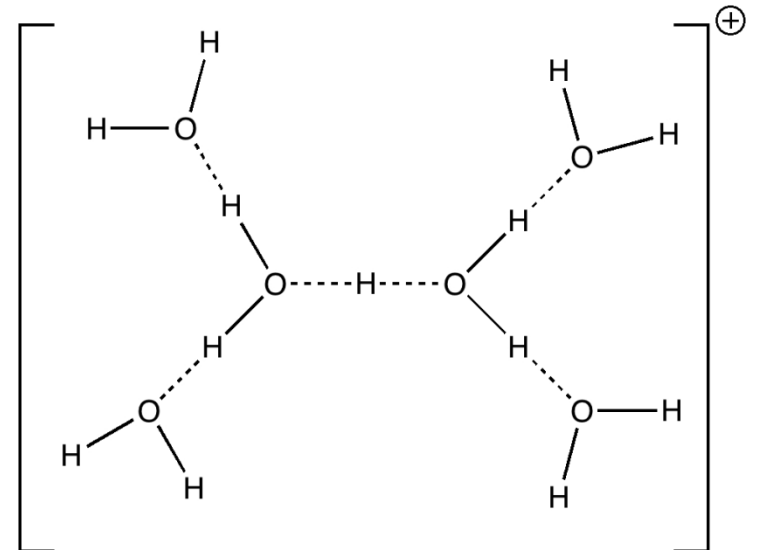
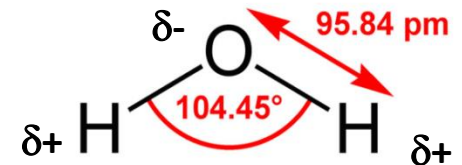


**MUNI**  
PHARM

# **Molekulární biofyzika**

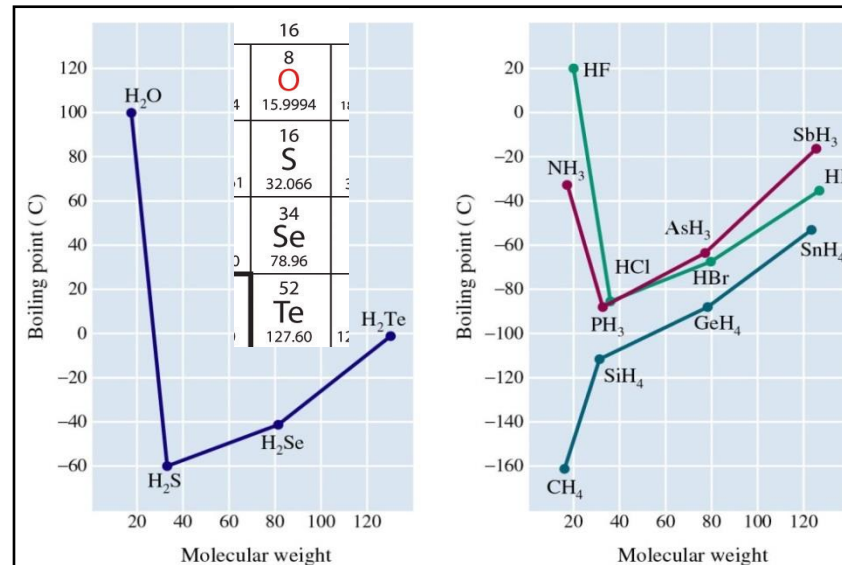
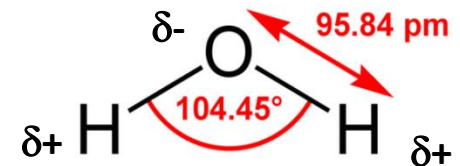
# Voda

- v lidském organismu je obsah vody ca 60 % (krev 83 %, orgány ca 80 %, svaly 76 %, kosti 22 %)
- prioritní sloučenina, u vyšších obratlovců ztráta 10 % vody znamená vážné komplikace, ztráta 25 % = smrt
- **polární sloučenina**, vazebný úhel  $104,5^\circ$
- **vodíkové můstky** -> clusterová struktura (clustery mají H můstky různě uspořádány – energie ca  $5 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , životnost  $10^{-11} \text{ s}$ )
- vznik H-můstků: elektrostatická síla mezi H atomem a elektronegativním atomem  $\text{H}_2\text{O}$ , HF, HCl
- **vznik vodíkových můstků ovlivňuje fyzikálně chemické vlastnosti**: teplota tání a varu, tepelná kapacita, výparné teplo, atd.



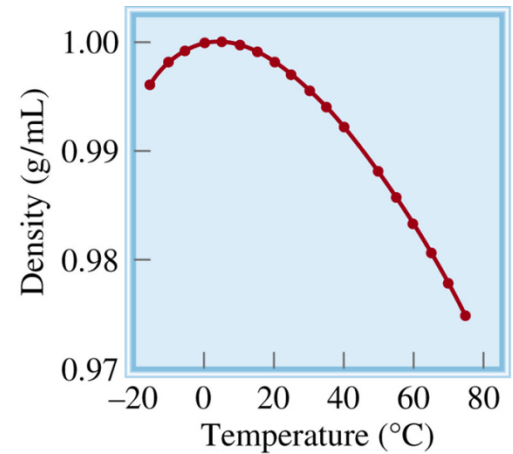
# Voda

- v lidském organismu je obsah vody ca 60 % (krev 90 %, orgány ca 80 %, svaly 76 %, kosti 22 %)
- prioritní sloučenina, u vyšších obratlovců ztráta 10 % vody znamená vážné komplikace, ztráta 25 % = smrt
- **polární sloučenina**, vazebný úhel  $104,5^\circ$
- **vodíkové můstky** -> clusterová struktura (clustery mají H můstky různě uspořádány – energie ca  $5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , životnost  $10^{-11} \text{ s}$ )
- vznik H-můstků: elektrostatická síla mezi H atomem a elektronegativním atomem  $\text{H}_2\text{O}$ , HF, HCl
- **vznik vodíkových můstků ovlivňuje fyzikálně chemické vlastnosti**: teplota tání a varu, tepelná kapacita, výparné teplo, atd.



# Voda a živé organismy

1. velmi **dobré rozpouštědlo** (polární, H-můstky)
2. **acidobazické vlastnosti** (disociace, prostředí pro chem. reakce)
3. **mechanická funkce** (vyplňuje dutiny, tělní struktury)
4. **transportní funkce** (transport plynů, živin, tepla)
5. **termoregulační funkce**
  - a) **vysoká tepelná kapacita**:  $4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  – akumulace tepla – brání prudkým změnám podnebí
  - b) **vynikající tepelná vodivost** – výměna tepla mezi organismem a okolím (ztráty tepla vedením)
  - c) **vysoké skupenské teplo výparné**  $2\ 257 \text{ kJ.kg}^{-1}$  – ochlazení organismu pocením (evaporací)
6. **anomálie vody** (max.  $\rho$  při  $3,98 \text{ }^\circ\text{C}$ )
  - život pod ledem



# Koligativní vlastnosti

- snížení tenze par (Raoultův zákon  $p_A = x_A \cdot p_A^*$ )

- zvýšení teploty varu

roztok vždy vyšší bod varu než čisté rozpouštědlo

- snížení teploty tuhnutí

roztok má nižší bod tuhnutí jak čisté rozpouštědlo (jehličnaté stromy – možnost metabolismu i za nízkých teplot – míza – nasycený roztok biopolymerů)

- osmotický tlak

$$\pi = iRT \cdot c_{solute}$$

$i$  - van't Hoffův faktor (korekce na počet částic)

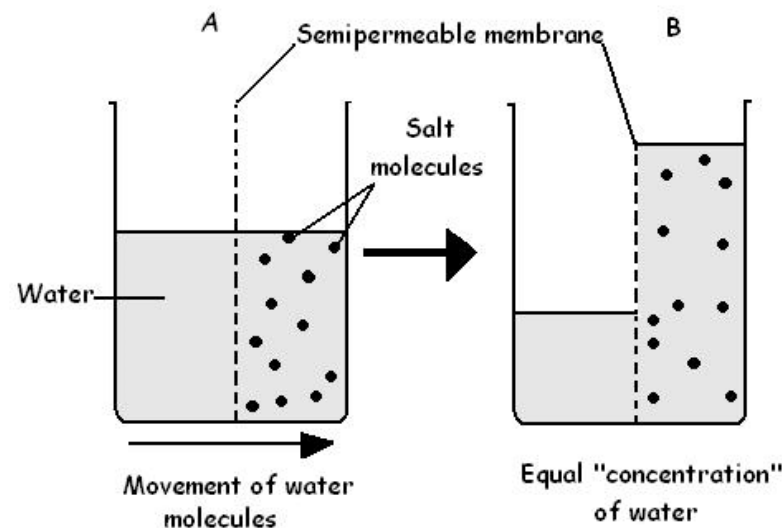
Pro infuzní přípravky se musejí

používat **izotonické roztoky** (jejich

osmotický tlak odpovídá osm. tlaku krve).

izotonický roztok: 0,9% NaCl (fyziologický

roztok 0,1555 mol/l) nebo 5% roztok glukosy.



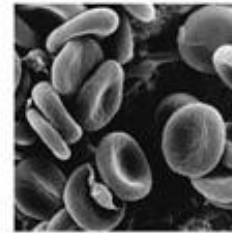
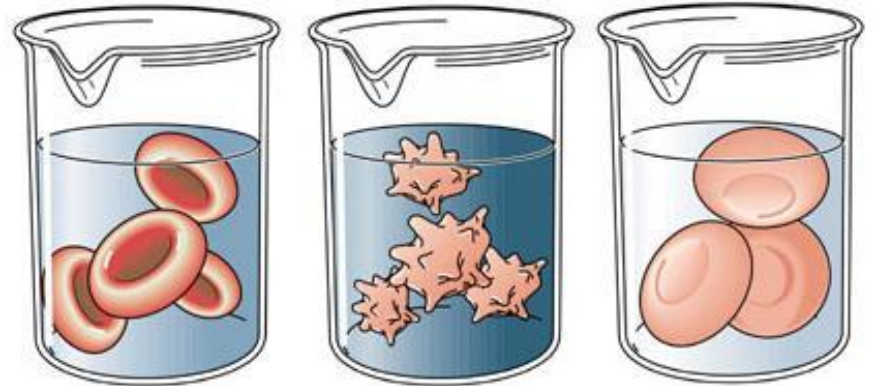
# Koligativní vlastnosti

## Osmotický tlak

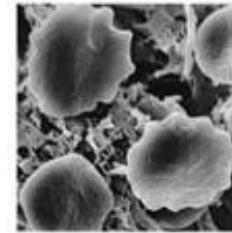
- Osmoticky aktivní jsou pouze částice, které jsou rozpuštěné v roztoku a které nemůžou volně přecházet přes membránu.
- Pokud látka disociuje, je každá její disociovaná část osmoticky aktivní částicí. Nedisociovaná látka představuje jen jednu osmoticky aktivní částici.

## Podíl osmoticky aktivních částic plazmy:

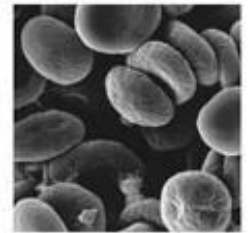
- ionty 96 % (zejména  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ )
- glukóza a močovina 3 %
- aminokyseliny a proteiny 1 %



A.  
Isotonic solution  
(equal concentration  
of ions in solution  
and cell)



B.  
Hypertonic solution  
(higher concentration  
of ions in solution  
than in cell)



C.  
Hypotonic solution  
(lower concentration  
of ions in solution  
than in cell)

# Koligativní vlastnosti

## Osmotický tlak

Regulace osmotického tlaku v organismu řízena z hypotalamu (osmoreceptory). Řídí produkci antidiuretického hormonu (ADH), jehož působením je zvýšena resorpce vody ledvinami.

## Onkotický tlak

Osmotický tlak vyvolanými roztoky s obsahem částic s velkou molekulovou hmotností (např. proteiny) - **důležitý k udržení dostatečného cirkulujícího objemu krve** (resorpce vody z tkání do kapilár).

**Výstelka cév (endotel) je propustná pro nízkomolekulární látky** (osmotický tlak působením iontů se uplatňuje v omezené míře), **ale špatně propustná pro bílkoviny** => uplatňuje se onkotický tlak.

Hypoproteinémie: nižší obsah bílkovin v krevní plazmě – otoky.

# Koligativní vlastnosti



## Osmotický tlak: Diagnostický význam

- **Hyperosmolalita krevní plazmy**

**Příčina:** nedostatečný příjem vody (starší lidé), zvýšené pocení, podávání diuretik, selhání ledvin, tonutí ve slané vodě.

**Klinické projevy:** od mírných neuropsychických poruch až k deliriu a kómatu. Typická je žízeň a bolesti hlavy.

- **Hypoosmolalita krevní plazmy**

**Příčina:** zvýšený příjem vody bez solí, metabolická odpověď na trauma, tonutí ve sladké vodě, nepřiměřená sekrece ADH.

**Klinické projevy:** slabost, nevolnost, apatie, bolesti hlavy, edém mozku.

- **Osmolalita moče**

Diagnostický význam u onemocnění ledvin (porucha koncentrační schopnosti ledvin).

**Vyšetření osmolality se provádí nejčastěji pomocí měření snížení teploty tuhnutí roztoku (kryoskopie), kdy se porovnává skutečná versus teoretická teplota tuhnutí ( $T_t$  krevní plazmy je  $-0,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).**



# Koligativní vlastnosti



## Osmotický tlak: infuzní přípravky

Pokud vodné roztoky přicházejí do kontaktu s tělesnými tkáněmi, vyvolávají v nich přítomné částice osmotické děje. Osmotický tlak parenterálních přípravků tak přímo ovlivňuje rovnováhu tělesných tekutin v extracelulárním a intracelulárním prostoru.

Osmotická koncentrace (**osmolalita**) se vyjadřuje v osmolech. Koncentraci 1 **osmol/kg** má takový roztok, který obsahuje jeden osmoticky aktivní mol rozpuštěné látky na jeden kilogram rozpouštědla.

Ideální osmolalita (zjednodušení):

NaCl disociace na 2 ionty;  $1 \text{ mol/kg NaCl} = 2 \text{ osmol/kg}$

CaCl<sub>2</sub> disociuje na 3 ionty;  $1 \text{ mol/kg CaCl}_2 = 3 \text{ osmol/kg}$

Osmotická koncentrace roztoků obvykle označena jako **osmolarita (osmol/l)**, lze přepočítat z osmolality.

Osmolarita krevní plazmy 280-296 mosmol/L.

# Disociace: vliv pH na prostup biologickými membránami

- Mnohá léčiva jsou **slabé kyseliny nebo slabé baze**. Tyto sloučeniny jsou relativně **více rozpustné ve vodě v ionizovaném (polárním) stavu** a naopak více rozpustné v tucích, jestliže nejsou ionizovány.
- **U ionizované formy je výrazně omezena transmembránové difúze.**
- Hodnota **pH prostředí určuje stupeň ionizace** slabých kyselin a bází podle Henderson-Hasselbachovy rovnice:



$$[\text{H}^+] = K_A [\text{HA}] / [\text{A}^-] \quad -\log [\text{H}^+] = -\log K_A - \log [\text{HA}] / [\text{A}^-]$$

$$\text{pH} = \text{p}K_A - \log [\text{HA}] / [\text{A}^-] \quad \textbf{Henderson-Hasselbachova rovnice}$$

$$\text{p}K_A - \text{pH} = \log [\text{neionizovaná forma}] / [\text{ionizovaná forma}] \quad \textbf{slabé kyseliny}$$

$$\text{pH} - \text{p}K_A = \log [\text{neionizovaná forma}] / [\text{ionizovaná forma}] \quad \textbf{slabé baze}$$

# Disociace: vliv pH na prostup biologickými membránami

- **Žaludek (pH = 1-3)**

Membrána žaludeční sliznice propouští (jako jednoduchá lipoidní bariera) neionizované formy kyselin.

**Příklad: pH = 3 nebo 1; pKa = 3**

$$3 - 3 = \log [HA] / [A^-] \Rightarrow \log [HA] / [A^-] = 0 \Rightarrow [HA] / [A^-] = 1$$

$$3 - 1 = \log [HA] / [A^-] \Rightarrow \log [HA] / [A^-] = 2 \Rightarrow [HA] / [A^-] = 100$$

usnadněná absorpce léčiv kyselé povahy;  
bazické látky se nevstřebávají

**POZOR: látka musí být rozpustná v neionizované formě, jinak se nevstřebává.**

50 % léčiva  
neionizováno

99 % léčiva  
neionizováno

- **Tenké střevo (pH = 5-7,5)**

pH = 5-7,5; slabé kyseliny a baze se vstřebávají dobře, silné kyseliny a silné baze hůře

**Příklad: pH = 6; pKa = 4 nebo 5**

$$4 - 6 = \log [HA] / [A^-] \Rightarrow \log [HA] / [A^-] = -2 \Rightarrow [HA] / [A^-] = 0,01$$

$$5 - 6 = \log [HA] / [A^-] \Rightarrow \log [HA] / [A^-] = -1 \Rightarrow [HA] / [A^-] = 0,1$$

1 % léčiva  
neionizováno

10 % léčiva  
neionizováno

# Disociace: vliv pH na prostup biologickými membránami

**Míra resorpce disociabilních léčiv může být ovlivněna změnou pH moči.**

Kyselá moč vyvolá pasivní zpětnou absorpci léčiv kyselé povahy, alkalická moč umožňuje jejich exkreci díky ionizaci organických kyselin.

pH moči závisí na:

- **složení stravy** (strava bohatá na bílkoviny = acidifikace, vegetariánská strava = alkalizace)
- **denní době** (fyziologické pH moči je v rozmezí 4,5–7,8)
- **stavu acidobazické rovnováhy** (za patologických okolností odráží pH moči poruchy acidobazické rovnováhy)

# Disociace: Acidobazická rovnováha (ABR)

- Vlivem metabolismu dochází ke změnám pH (produkce CO<sub>2</sub>) => **regulace ABR pomocí pufrů** (látky schopné uvolňovat nebo vázat H<sup>+</sup>).

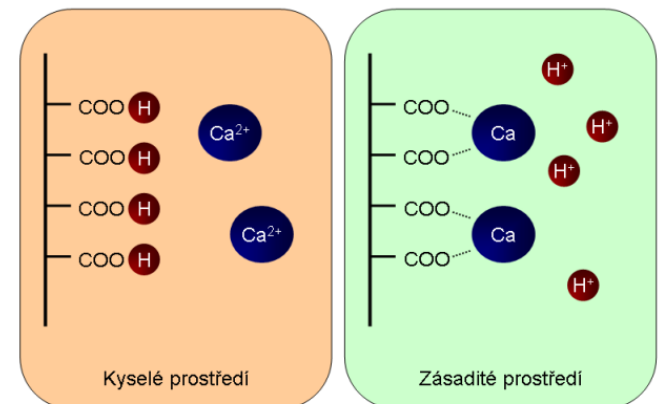


- Přesná **regulace pH** je důležitá, neboť se změnami pH se mění vlastnosti bílkovin včetně aktivity enzymů, transportních mechanismů, vlastností membránových kanálů => **poruchy metabolismu**.

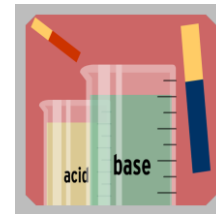


- **pH krevní plazmy 7,4** (7,35-7,45); pH **pod 7,0** a **nad 7,8** je neslučitelné se životem.

- Plazmatické proteiny fungují jako pufrы (obsahují karboxylové a aminoskupiny).



# Disociace: Acidobazická rovnováha



## Pufry krevní plazmy

- Fosfáty
  - Proteiny krevní plazmy
- } okamžitý efekt, ale omezená kapacita pufru

## Bikarbonátový pufr (otevřený tlumivý systém)

Nejdůležitější pro regulaci ABR, protože tělo umí aktivně měnit koncentraci  $[\text{HCO}_3^-]$  ledvinami (metabolické pochody) a  $\text{pCO}_2$  dýcháním (regulace respirace) = zpožděný ale dlouhodobý efekt, díky navázání na metabolismus.



$$\text{pH} = \text{pK}_A - \log \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{HCO}_3^-]} \text{ ovlivněno metabolismem}$$

- **Hemoglobin** (uvolní  $\text{O}_2$  a naváže  $\text{H}^+$ ; v plicích váže  $\text{O}_2$  a uvolní  $\text{H}^+$ )



**Poznámka:**  $\text{H}^+$  vzniká i jinými metabolickými cestami, nelze vydýchat jako  $\text{CO}_2$ , nutno vyloučit jako  $\text{H}^+$  (např. ve formě močoviny).

# Disociace: Acidobazická rovnováha

## Příklad:

$$[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol/l}$$

$$[\text{CO}_2] = 1,2 \text{ mmol/l}$$

$$[\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2] = 1,2/24 = 0,05$$

$$\text{pH} = 6,1(\text{p}K_A) - \log 0,05 (-1,3) = 7,4$$

Bikarbonátový pufr tvoří asi 2/3 tlumivé kapacity krve, zbytek nebikarbonátové tlumivé soustavy.

Uzavřený systém; zvýšení  $[\text{H}^+]$  o 2 mmol/l:



$$[\text{HCO}_3^-] = 24 - 2 = 22 \text{ mmol/l}$$

$$[\text{CO}_2] = 1,2 + 2 = 3,2 \text{ mmol/l}$$

$$[\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2] = 3,2/22 = 0,145$$

$$\text{pH} = 6,1(\text{p}K_A) - \log 0,145 (-0,84) = 6,94$$



Otevřený systém; zvýšení  $[\text{H}^+]$  o 2 mmol/l:



$$[\text{HCO}_3^-] = 24 - 2 = 22 \text{ mmol/l}$$

$$[\text{CO}_2] = 1,2 \text{ mmol/l (nemění se, přebytečný CO}_2 \text{ je vydýchán)}$$

$$[\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2] = 1,2/22 = 0,055$$

$$\text{pH} = 6,1(\text{p}K_A) - \log 0,005 (-1,26) = 7,36$$



Změny vydechovaného  $\text{CO}_2$  jsou malé, obvykle desetiny % obvyklého denního výdeje.

# Poruchy acidobazické rovnováhy

**Acidóza:** snížení pH pod fyziologickou mez

**Alkalóza:** zvýšení pH nad fyziologickou mez

- **Respirační poruchy** (změny  $p\text{CO}_2$ )

Acidóza ( $\uparrow p\text{CO}_2$ ) Příčiny: hypoventilace, plicní edém, nádor, zmenšení plicní tkáně (TBC), otrava (hypnotika)

Alkalóza ( $\downarrow p\text{CO}_2$ ) Příčiny: hyperventilace (reflexní při nedostatku  $\text{O}_2$ , vlivem infekce, psychické důvody)

- **Metabolické poruchy** (změny  $[\text{HCO}_3^-]$ )

Acidóza  $\downarrow [\text{HCO}_3^-]$  Příčiny: nedostatečná funkce ledvin, diabetická ketoacidóza, ztráta  $[\text{HCO}_3^-]$  (průjem), vysoký příjem bílkovin, otrava (salicyláty, methanol)

Alkalóza  $\uparrow [\text{HCO}_3^-]$  Příčiny: vysoký příjem  $[\text{HCO}_3^-]$  nebo jiných alkalických látek, ztráta kyselin (zvracení)

**Pomocí stavu bikarbonátového pufru klinicky posuzujeme stav ABR u pacienta (měření pH,  $[\text{HCO}_3^-]$  a  $p\text{CO}_2$ ).**

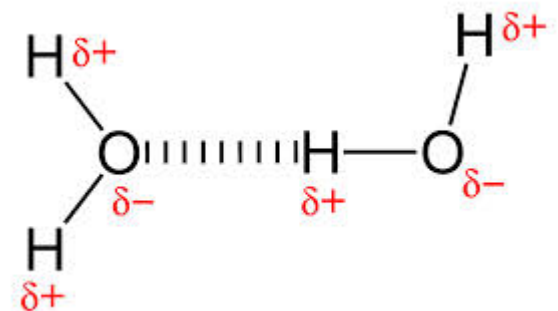


# Vodíková vazba

- Vodíkové vazby hrají důležitou roli v dynamice fyziologických systémů.
- Mnohem kratší životnost než kovalentní vazby (ty jsou za fyziologických podmínek stabilní; doba trvání vodíkových vazeb mezi molekulami vody je asi  $10^{-11}$  s); H-vazba asi 10x slabší než kovalentní vazba.
- H-vazby jsou zejména elektrostatické povahy; vyplývají z dipólového charakteru molekuly.

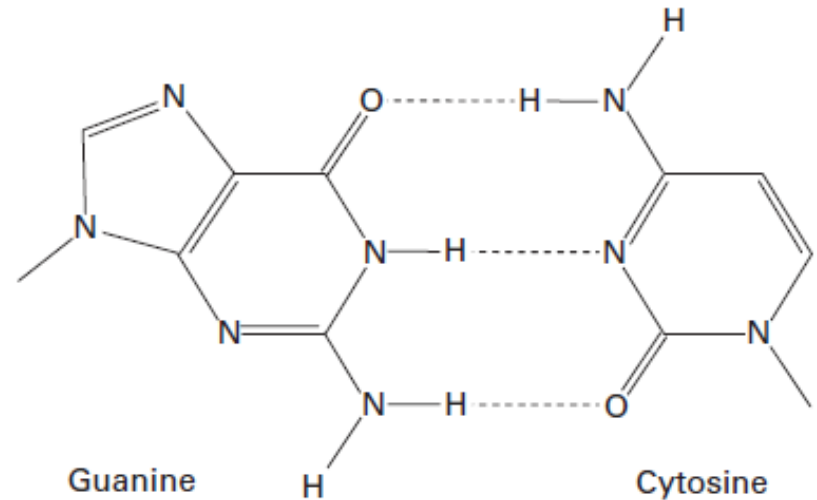
Sílu působící mezi dvěma náboji ve vzdálenosti  $r$  udává Coulombův zákon (velikost síly klesá se čtvercem vzdálenosti):

$$F = (Q_1 * Q_2) / (4\pi * \epsilon_0 * \epsilon_{H_2O} * r^2)$$



# Vodíková vazba

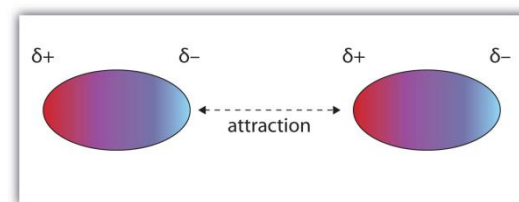
- Vodíkové vazby **přispívají k struktuře organických molekul.**
- Mohou být součástí **vnitřní struktury** molekuly, nebo přispívat k **mezimolekulární vazbě.**
- Pro velké molekuly (např. proteiny, DNA) je dipól, který je součástí H-vazby jen malou částí celkového dipólového momentu molekuly; **velký počet H-vazeb, které se vzájemně podporují dává struktuře velkou stabilitu.**
- Mezimolekulární H-vazby také přispívají k tvorbě a **stabilitě molekulárních komplexů** (např. vitamin C a noradrenalin tvoří bimolekulární komplex – ochrana před oxidací).



# Nevazebné interakce

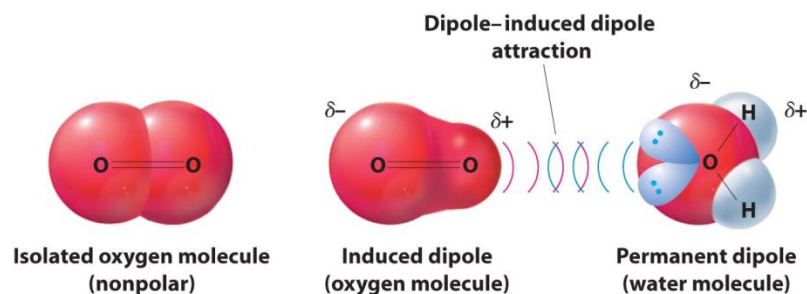
- mezimolekulové interakce způsobené vzájemným elektrostatickým ovlivňováním elektronových oblaků sousedních molekul.

**Dipól-dipól:** vzájemným působením **polárních molekul** (podobně H-vazba)



## Vazby van der Waalsovými silami

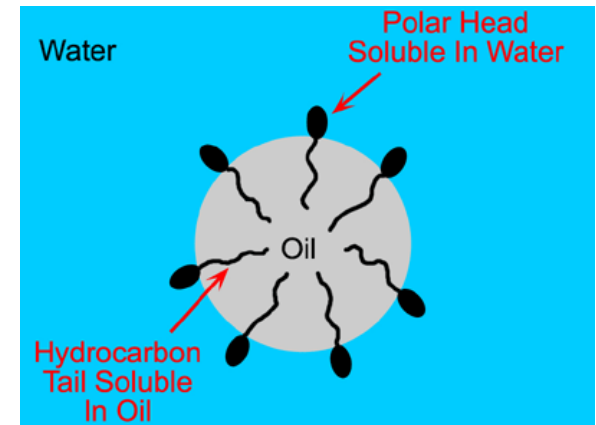
**Dipól-indukovaný dipól:** vzájemné působení **polární a nepolární molekuly**



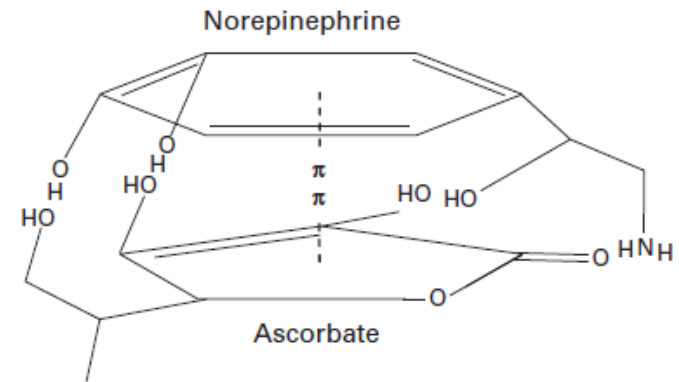
**Disperzní interakce:** vznikají mezi **nepolárními molekulami** (F. London). Dipólový moment nulový, ale v důsledku fluktuací jsou vytvářeny dočasné dipóly, které indukují další dipóly v sousedních molekulách.

# Nevazebné interakce

**Hydrofobní interakce:** vznikají interakcí mezi **nepolárními částmi makromolekul ve vodném prostředí**. Význam pro stabilitu konformace biopolymerů – např. biologické membrány, stabilizace párů aromatických aminokyselin.



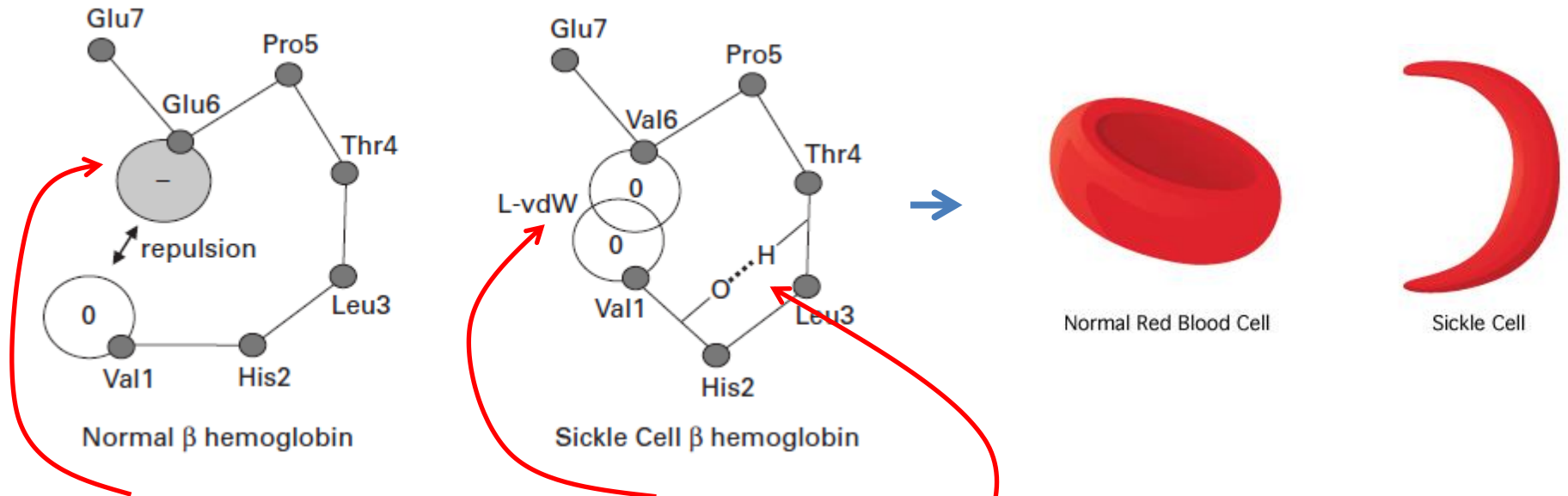
**$\pi$ - $\pi$  interakce:** mezimolekulové interakce **u sloučenin s aromatickým kruhem** (delokalizované  $\pi$  elektrony jako důsledek konjugovaného systému vazeb). Velmi významné při stabilizaci molekuly DNA (patrové interakce) i bílkovin.



# Nevazebné interakce

## Srpkovitá anémie

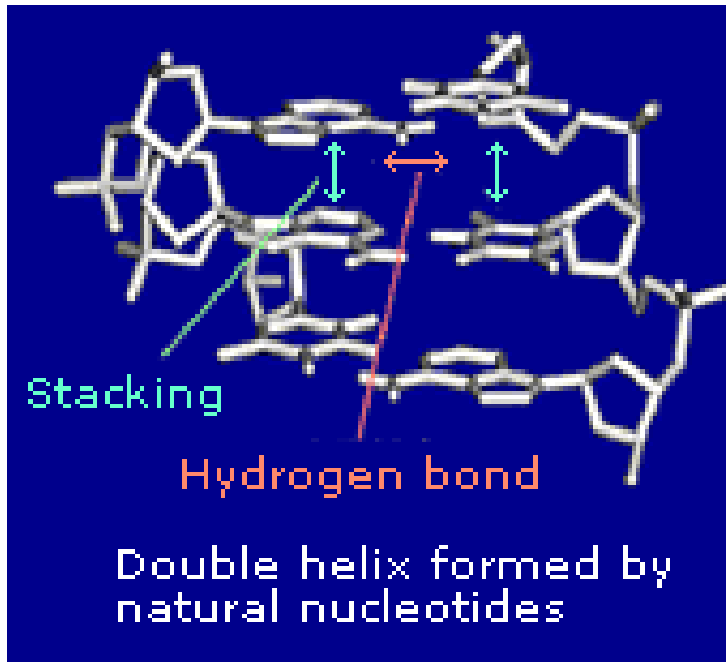
Modely prvních sedmi aminokyselin u normálního a srpkovitou anémií mutovaného  $\beta$  řetězce hemoglobinu. Vznik H-vazby  $\Rightarrow$  srpkovitý tvar (nesprávná funkce  $\beta$  jednotky).



Záporný náboj na karboxylové skupině k. glutamové bude odpuzovat nenabité skupiny na valinu.

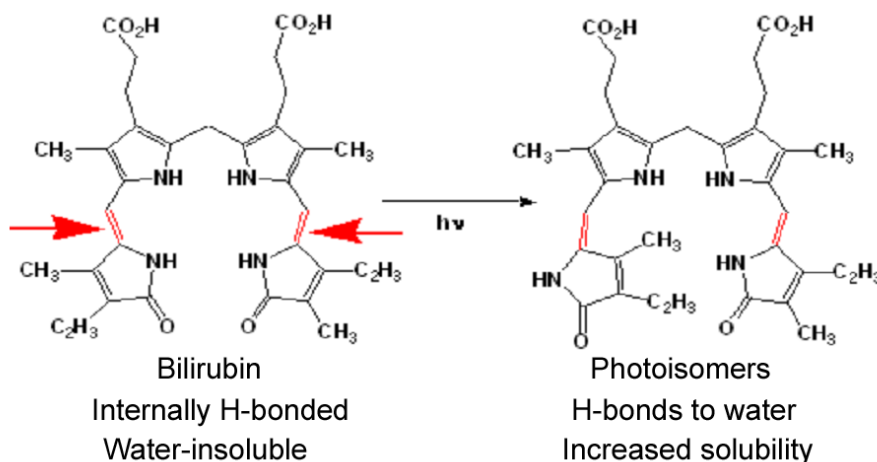
Substituce valinu (má neutrální postranní skupiny) v pozici 6 vede ke kaskádě tvorby nových vazeb a strukturálních změn, které vedou k vytvoření H-vazby = stabilní struktura.

# Nevazebné interakce



## DNA

$\pi$ - $\pi$  interakce (patrové interakce) a H-vazby jsou důležité při stabilizaci supramolekulární struktury DNA.



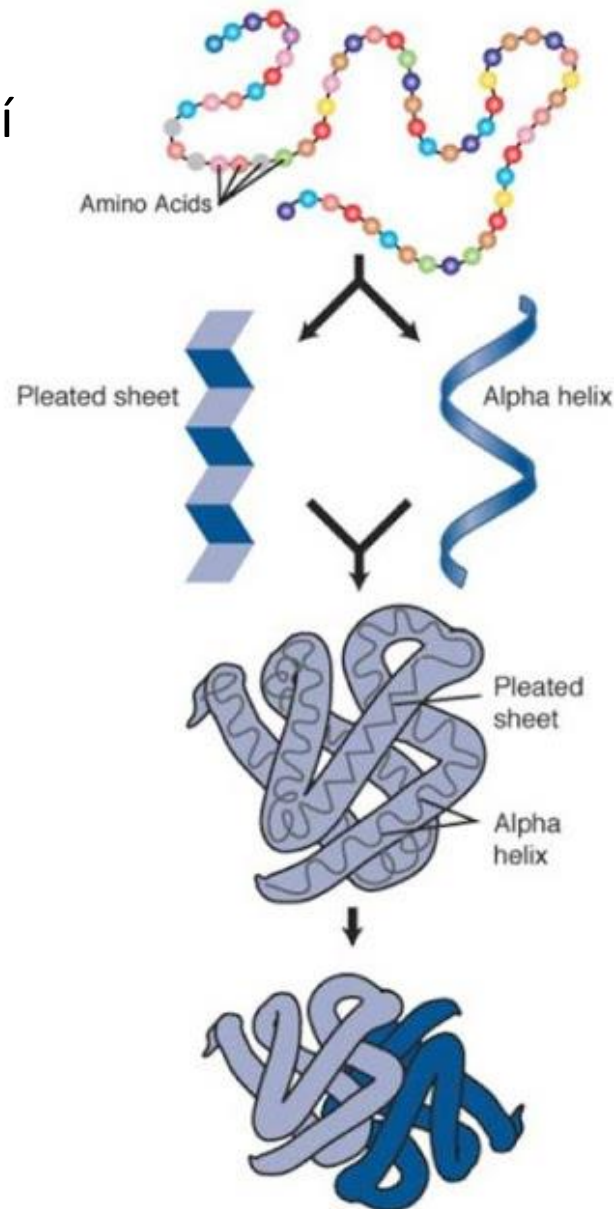
## Fototerapie u novorozenecké žloutenky

Změna konfigurace bilirubinu na fotoizomer tvořící H-vazby s vodou => zvýšení rozpustnosti a eliminace z organismu.

# Nevazebné interakce

## Struktura proteinů

- **Primární** struktura – pořadí zbytků základních složek v řetězci (kovalentní v.)
- **Sekundární** struktura – geometrické uspořádání řetězců polymeru
- **Terciární** struktura – prostorové uspořádání jednotlivých řetězců
- **Kvartérní** struktura – prostorové uspořádání a vzájemnou polohu jednotlivých subjednotek



### Levels of protein organization

**Primary protein structure**  
is sequence of a chain of amino acids

**Secondary protein structure**  
occurs when the sequence of amino acids  
are linked by hydrogen bonds

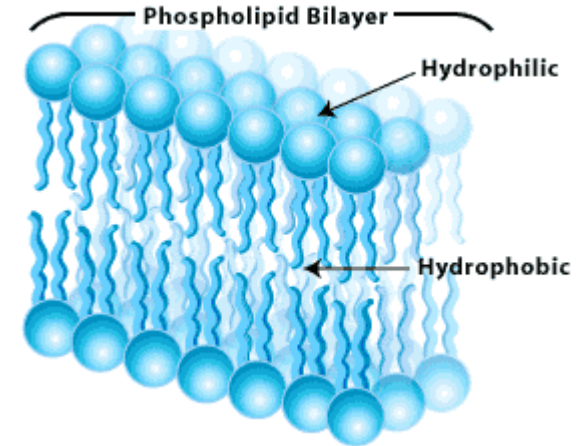
**Tertiary protein structure**  
occurs when certain attractions are present  
between alpha helices and pleated sheets.

**Quaternary protein structure**  
is a protein consisting of more than one  
amino acid chain.

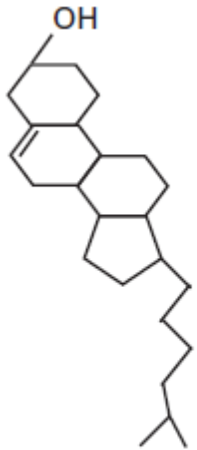
# Nevazebné interakce

## Buněčná membrána

mezi fosfolipidy vznikají hydrofobní interakce a částečně van der Waalsovy síly



## Cholesterol (zpevnění buněčné membrány)



Cholesterol je steroidní struktura s hydroxylovou skupinou na jednom konci a uhlovodíkovým řetězcem na druhém konci. Hydroxylová skupina se asociuje s fosfátovou skupinou fosfolipidů. Steroidní kruh a uhlovodíkový řetězec se asociuje s mastnými kyselinami fosfolipidů (disperzní interakce).

**Nevazebné interakce jsou slabé síly => flexibilita membrány (ohebnost, odolnost proti protržení).**

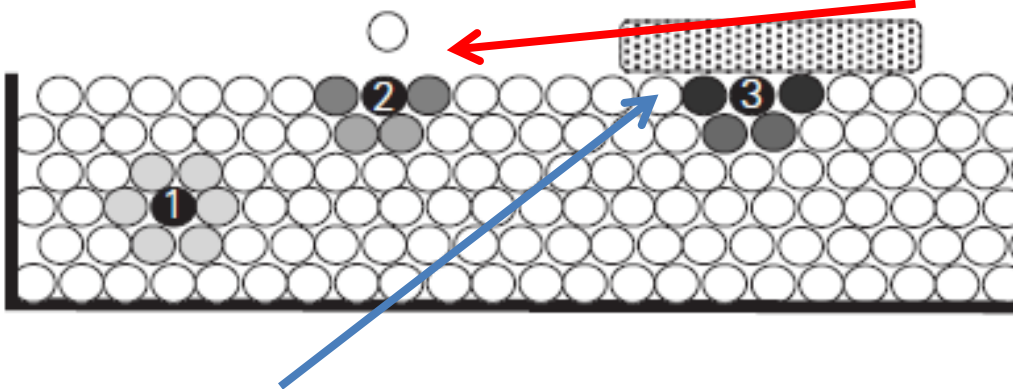


# Jevy na fázových rozhraních

Ve fyziologických systémech se vyskytují fyzikální fázová rozhraní ve dvou oblastech, **na rozhraní vzduchu a tkáně v plicích** a **na buněčných membránách**.

## Povrchové napětí

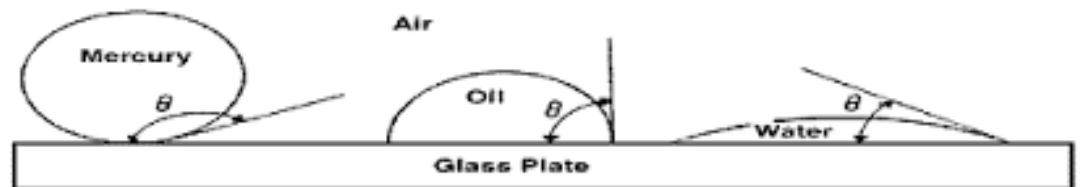
Na fázových rozhraních jsou interakce mezi molekulami odlišné od interakcí v objemových fázích – vzniká **povrchové napětí**



$$\sigma = F / \ell \quad [\text{N}\cdot\text{m}^{-1}]$$

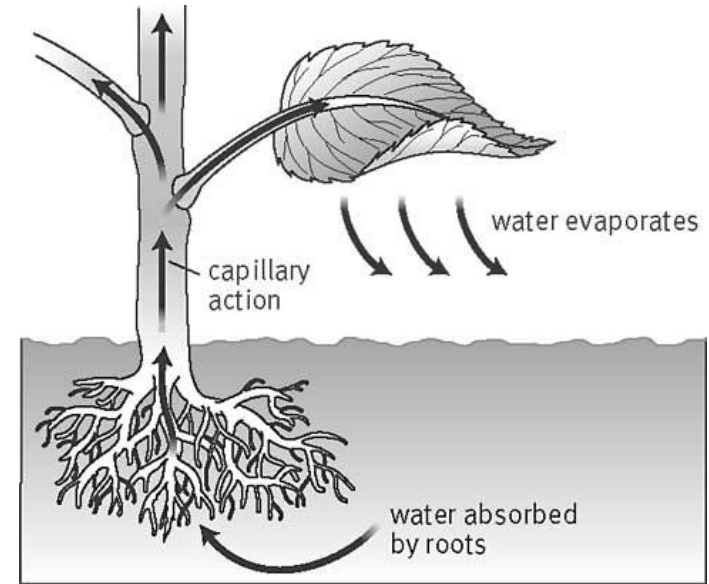
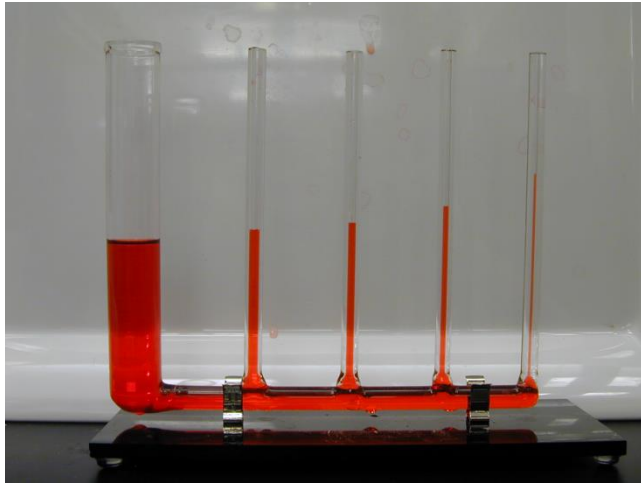
$\sigma$  má snahu snižovat povrchovou plochu fáze (tvorba kapek, smáčení povrchu).

**Mezifázové napětí** na rozhraní dvou nemísitelných fází: ovlivňuje smáčivost pevných povrchů.



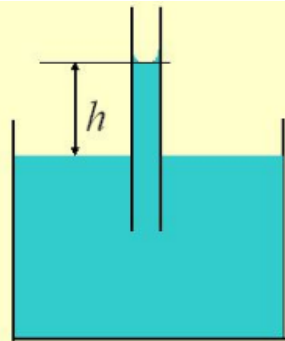
# Kapilární jevy

**Kapilární elevace** (kapalina pevnou látku smáčí) - vzlínání roztoků v kapilárních pórech rostlin.



Elizabeth Morales

$$h = \frac{2\sigma}{r\rho g}$$



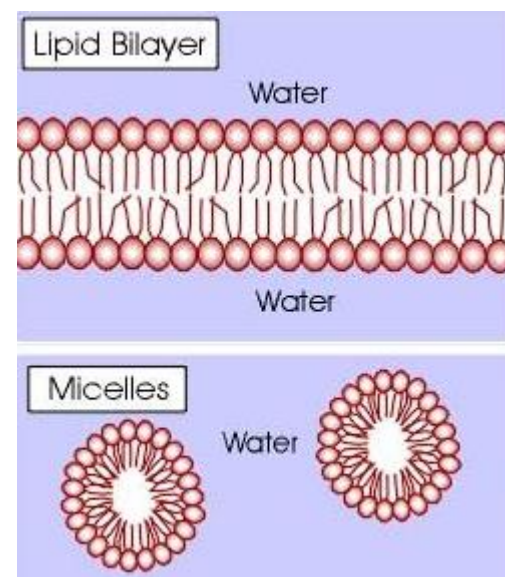
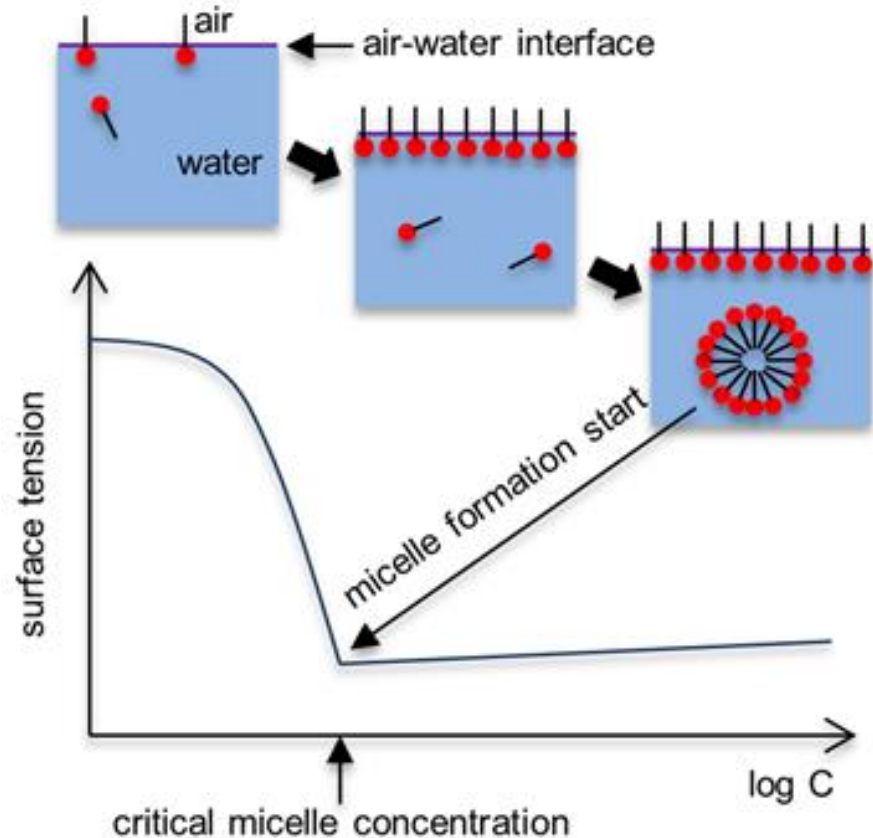
$$r = 0,5\text{mm} \Rightarrow h = \frac{2 \cdot 76 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 10} = 3\text{cm}$$

$$r = 0,5\mu\text{m} \Rightarrow h = \frac{2 \cdot 76 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 10} = 30\text{m}$$

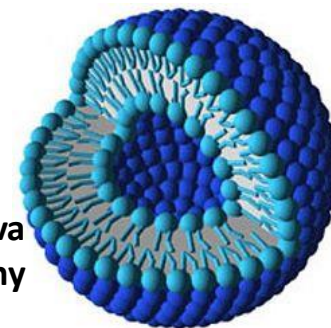
# Vznik micel a lipidické dvojvrstvy

**Povrchově aktivní látky** (tenzidy) – významně **snižují povrchové napětí**.

Při překročení určité koncentrace (tzv. **kritická micelární koncentrace**) dochází ke vzniku **micel** (vlivem hydrofobní interakce) a dalších útvarů (např. lipidická dvojvrstva).

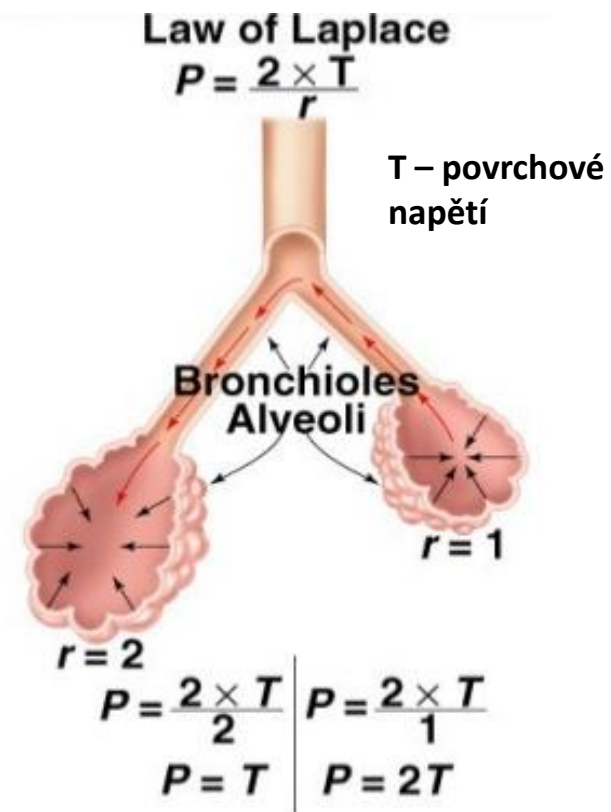


Fosfolipidová dvojvrstva tvoří stavební kameny buněčné membrány.

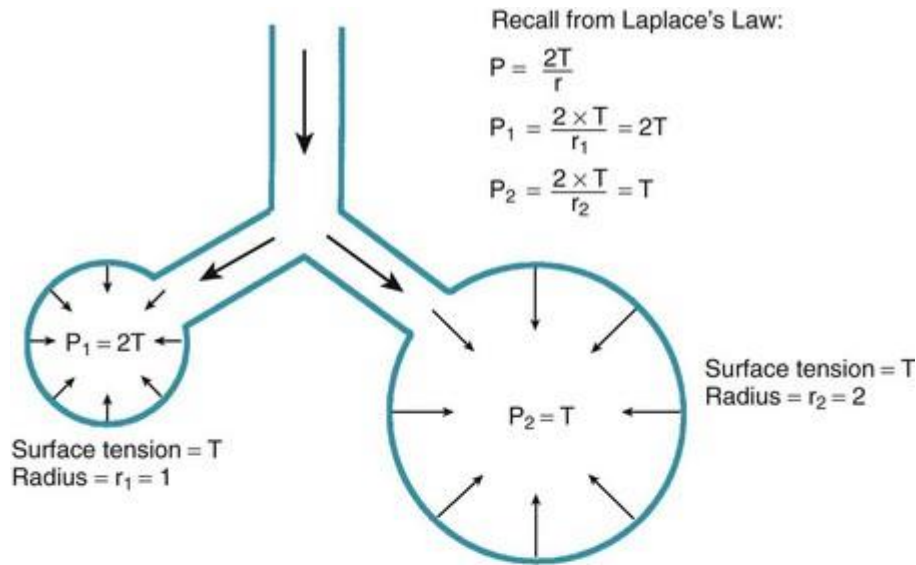


# Povrchově aktivní látky v plicích

- Tlak v plicních sklípcích je přímo úměrný velikosti povrchového napětí a nepřímo úměrný poloměru plicního sklípku.
- Tlak v menších plicních sklípcích by byl větší než ve větších, pokud by bylo v obou plicních sklípcích stejné povrchové napětí => **Menší plicní sklípky by byly nestálé.**
- **Plicní povrchově aktivní látky zajišťují rovnoměrné nafukování a vyfukování plicních sklípků.**
- Předčasně narozené děti nemají ještě vytvořeny surfaktanty v plicích = obtížné dýchání.

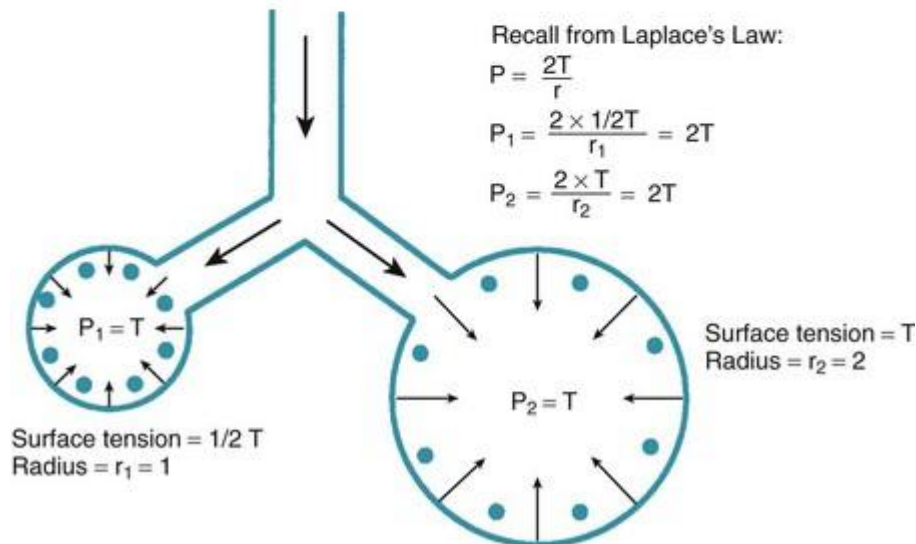


# Povrchově aktivní látky v plicích



Plicní sklípky bez surfaktantu:

$P_1 > P_2 \Rightarrow$  Malé plicní sklípky jsou nestabilní.



Plicní sklípky se surfaktantem:

$P_1 = P_2 \Rightarrow$  Plicní sklípky jsou stabilní.

# Disperzní soustavy

- obsahuje alespoň 2 složky (nebo 2 fáze), přičemž jedna složka nebo fáze (disperzní podíl) je rozptýlena v druhé složce nebo fázi (disperzní prostředí)
- veškerá vodná prostředí v lidském těle (např. krev), extracelulární i intracelulární prostředí jsou disperzní soustavy

## Třídění disperzních systémů podle velikosti částic:

- monodisperzní (stejná velikost částic)
- polydisperzní (částice různých velikostí)
- hrubé disperze (velikost částic 1  $\mu\text{m}$  až 1 mm)
- koloidní disperze (velikost částic 1  $\mu\text{m}$  až 1 nm)

Disp. prostředí	Disp. podíl	Hrubá disperze	Koloidní disperze
plyn	plyn		
	kapalina	mlha	aerosol
	pevná látka	dým	aerosol
<b>kapalina</b>	plyn	pěna	pěna
	<b>kapalina</b>	<b>emulze</b>	<b>lysol</b>
	<b>pevná látka</b>	<b>suspenze</b>	<b>lysol</b>
pevná látka	plyn	tuhá pěna	tuhá pěna (aerogel)
	kapalina	tuhá emulze	gel
	pevná látka	tuhá směs	tuhý sol

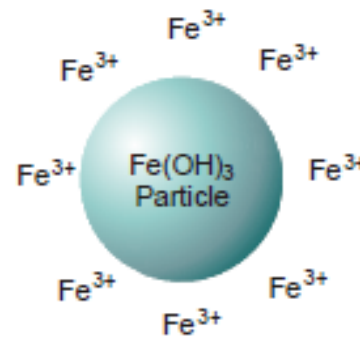
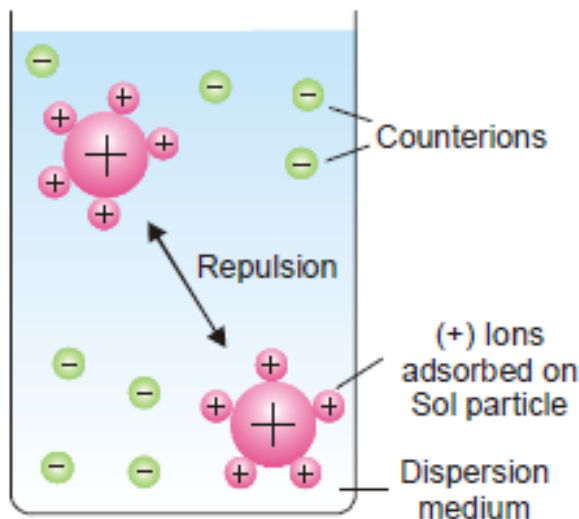
# Disperzní soustavy

Disp. podíl / disp. prostředí	disperze hrubé (1 μm až 1 mm)	disperze koloidní (1 nm až 1 μm)	disperze analytické (menší jak 1 nm)
pevná látka / kapalina	<b>Onkotický tlak:</b> osmotický tlak způsobený proteiny (albumin, globuliny, fibrinogen) – relativně malý ale významný.		
kapalina / kapalina	Difuze malých molekul a iontů z koloidního roztoku přes <b>dialyzační membránu</b> do vody. <b>Hemodialýza</b> – nahrazení nedostatečné funkce ledvin.		
<b>vlastnosti suspenzí</b>			
pozorovatelnost	<b>Rychlost sedimentace krve</b> (erytrocytů) je základní laboratorní vyšetření – první varovný signál upozorňující na nemoc (sedimentace krve se zrychluje zejména při zánětech nebo infekčních chorobách).		
osmotický účinek			
difuze			
sedimentace	Stanovení <b>velikosti částic</b> (laserová difrakce) a <b>koncentrace koloidních částic</b> (turbidimetrie, nefelometrie).		
optické vlastnosti	neprůhledné	opalescence – vířivě ohybu světla	čiré

# Elektrokinetické vlastnosti koloidních disperzí

Na fázových rozhraních koloidních roztoků může vznikat elektrický náboj. Některé mechanismy vzniku elektrického náboje:

1. ionizace povrchových vrstev
2. přednostní rozpouštění některého z iontů krystalové mřížky (u málo rozpustných solí)
3. adsorpce jednoho druhu iontů



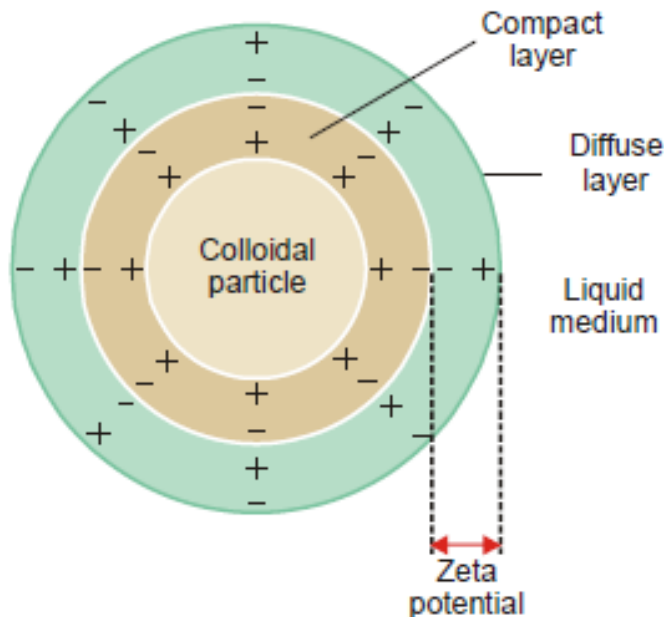
Vzájemné odpuzování mezi podobně nabitými částicemi zabraňuje vzniku agregátů – **důležité pro stabilitu koloidních systémů.**



# Elektrokinetické vlastnosti koloidních disperzí

Částice koloidních roztoků nesou na svém povrchu **elektrické náboje**, které ovlivňují vlastnosti koloidního roztoku.

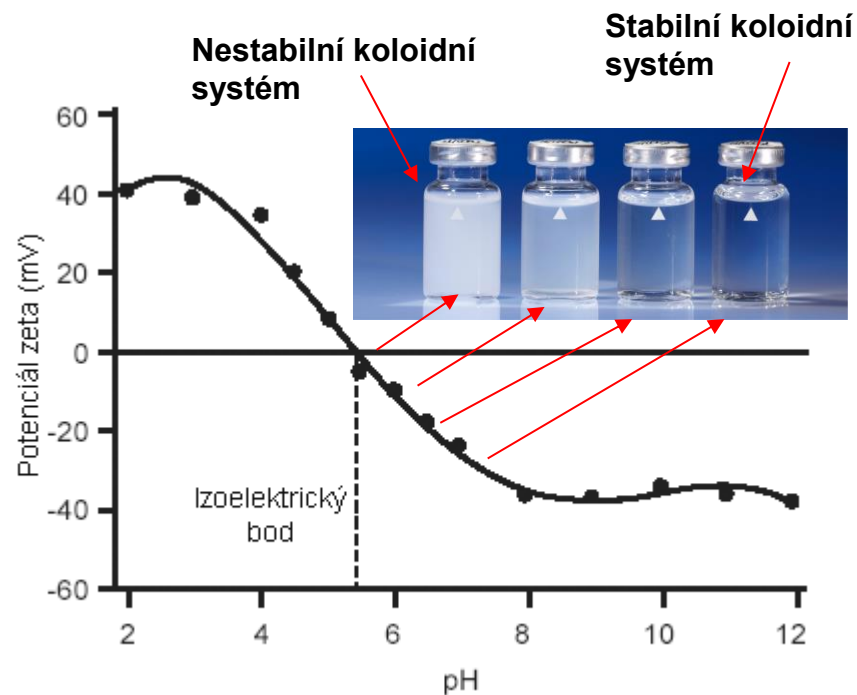
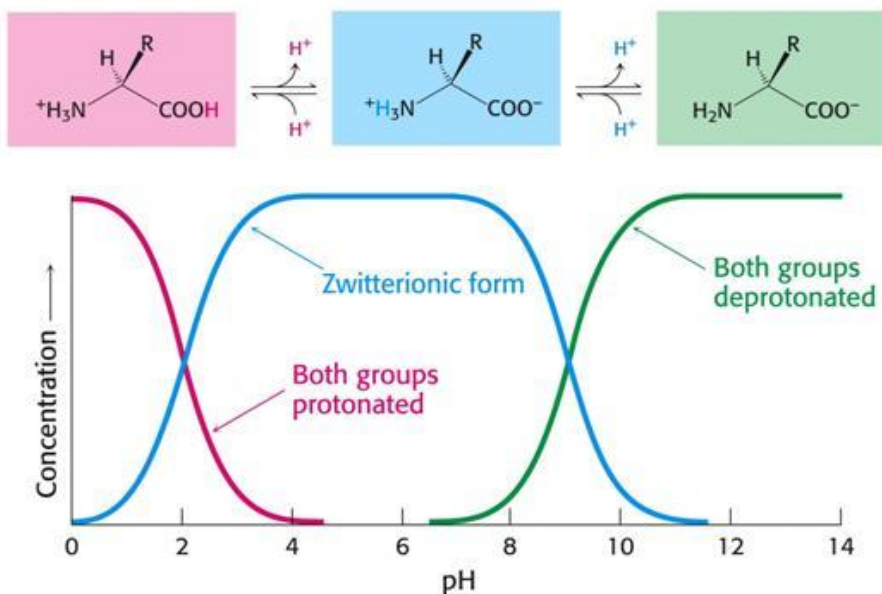
**Elektrická dvojvrstva:** kolem nabité koloidní částice se seskupují ionty opačného znaménka – neutralizace náboje. Část iontové atmosféry fixována k částici, část plynule přechází do roztoku (difuzní část). Mezi částicí a nitrem roztoku vzniká potenciálový rozdíl.



**Zeta potenciál** – potenciálový rozdíl mezi pevnou a difuzní částí iontové atmosféry. **Ovlivňuje stabilitu koloidních roztoků.**

# Elektrokinetické vlastnosti koloidních disperzí

**Izoelektrický bod** – pH roztoku, při kterém je disociován stejný počet zásaditých a kyselých skupin (kladné a záporné náboje se vyrovnají; elektrická dvojvrstva se zruší; zeta potenciál = 0; koloidní systém nejméně stabilní – dochází ke **koagulaci**).



Zeta potenciál je výrazně ovlivněn hodnotou pH.