

# BIOCHEMIE

- věda o životě na molekulární úrovni



Trendlink. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.trendlink.com/aktien/Biochemie>



Biofizikální ústav AV ČR. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.ibp.cz/cs/o-instituci/zakladni-informace/>

Biofizikální ústav, Akademie věd  
České republiky, v.v.i.  
Královopolská 135  
612 65 Brno

Mgr. Marie Brázdová, Ph.D.

[brazdovam@vfu.cz](mailto:brazdovam@vfu.cz), [brazdovam@yahoo.com](mailto:brazdovam@yahoo.com), [maruska@ibp.cz](mailto:maruska@ibp.cz)

# Sylabus z biochemie:

## 1. Biochemie: úvod

Základy biochemie, živé systémy, prokaryotická/eukaryotická buňka, živočišná/rostlinná buňka, organely, chemické reakce, slabé interakce, voda médiem života, pH, pKa, pufovací systémy, osmotický tlak, anorganické látky v organismu

## 2. Struktura a funkce proteinů

Aminokyseliny, peptidy, struktura a funkce proteinů, hemoglobin a myoglobin

## 3. Enzymy

Vlastnosti enzymů, klasifikace enzymů, kofaktory, katalýza, kinetika enzymových reakcí, enzymy v terapii

## 4. Kofaktory

## 5. Biologické membrány a membránový transport

Membrány - složení, vlastnosti, druhy membránového transportu

## 6. Bioenergetika a metabolismus sacharidů

Obecná charakteristika, mono, di, polysacharidy, glykosaminoglykany, proteoglykany, lektiny, metabolismus, makroergní sloučeniny, transport glukózy, metabolismus glukózy – glykolýza, přeměny pyruvátu, glukoneogeneze, glykogen – syntéza a odbourávání, glykogenózy, pentosofosfátová dráha, metabolismus fruktosy, galaktosy, kyselina askorbová

## 7-8. Metabolismus aminokyselin

Degradace proteinů, zdroje bílkovin, katabolismus aminokyselin, syntéza neesenciálních aminokyselin, přeměny uhlíkatého skeletu aminokyselin

## **9. Lipidy a metabolismus lipidů**

Typy lipidů a metabolismus obecně, transport lipidů, mastných kyselin, metabolismus mastných kyselin ( $\beta$ -oxidace a syntéza), ketolátky, syntéza triacylglycerolů, fosfolipidů, sfingolipidy, peroxidace lipidů

## **10. Metabolismus cholesterolu a ikosanoidy**

Syntéza, transport a vylučování cholesterolu, dělení steroidů, ikosanoidy (charakteristika a syntéza)

## **Aerobní metabolismus**

**11. Citrátový cyklus:** acetyl – CoA, dekarboxylace pyruvátu, reakce citrátového cyklu, regulace citrát. cyklu, anaplerotické reakce

**12. Dýchací řetězec, reaktivní formy kyslíku:** transformace energie, aerobní fosforylace, NADH + H<sup>+</sup>, FADH<sub>2</sub>, přenašečové mechanismy (člunky), kofaktory dýchacího řetězce, enzymové komplexy dýchacího řetězce, syntéza ATP, reaktivní formy kyslíku, antioxidanty

## **13. Nukleové kyseliny**

Základní charakteristika, struktura, rozdíly – DNA/RNA, biosyntéza a odbourávání purinových a pyrimidinových nukleotidů, poruchy metabolismu purinů, replikace, transkripce, translace, genetický kód, mutace, glykosylace proteinů, regulace genové exprese

## **14. Biochemie extracelulární a intracelulární komunikace**

Regulace metabolismu, nervová buňka, meziorgánové vztahy, biotransformace

---

# Literatura:

1. Murray Robert K., Bender David A., Weil Anthony P. a kolektiv Harperova ilustrovaná biochemie, 2012, 978-80-7262-907-7
2. Ledvina M.: Biochemie pro studující medicíny I. a II. díl, UK Praha 2009
3. MURRAY,R.K.; GRANNER,D.K.;MAYES,P.A.;RODWELL,V.W. *Harperova biochemie*. Nakladatelství a vydavatelství H & H, 2002. ISBN-10: 80-7319-013-3
4. Novák J: Biochemie I- skriptum 2009 (.pdf)
5. Tomandl 2012 MU Biochemie I semináře,
6. Voet, Voetová: Biochemie,2002,Victoria publishing (.pdf)
7. McKee T., McKee J.R.: Biochemistry, 1996
8. Murray R.K.: Harpers illustrated biochemistry 2003 (.pdf)
9. Lehninger: Biochemie 4e, 2005 (.pdf)

# Požadavky ke zkoušce z biochemie

Účast na přednáškách 60% (náhrada-semestrální práce)

4x Test na přednáškách -povinný (AK, glykolýza, CC, RŘ)

Vypracované vybrané otázky ze **Seminářů z biochemie (dle skupin ve cvičení, každá skupina 2 okruhy)**

**Zkouška** se skládá z části písemné a části ústní

Test: min 60% (E), ....90-95% (A)

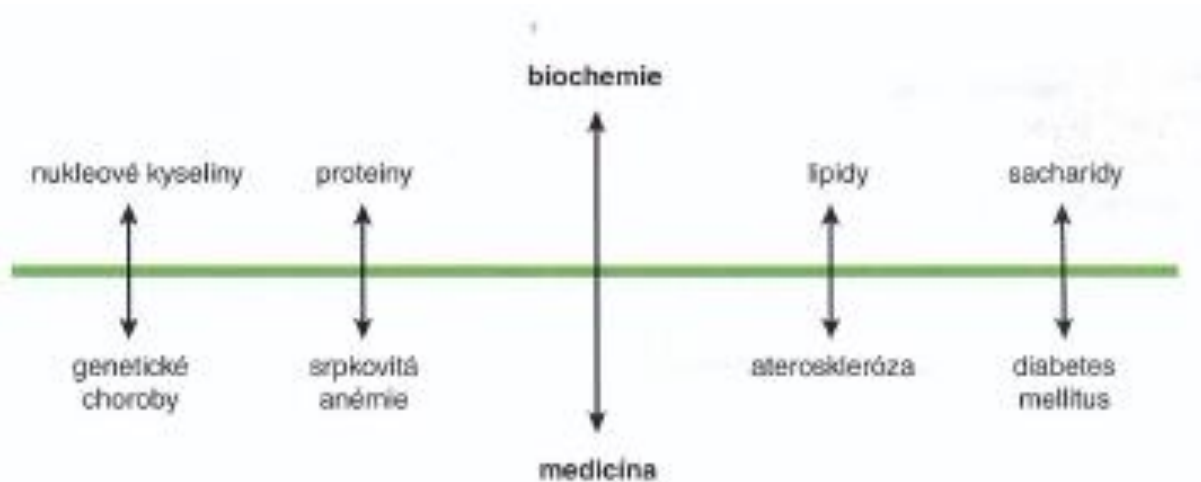
Ke zkoušce se mohou přihlásit pouze ti studenti, kterým byl udělen **zápočet** z praktického cvičení.

**Praktická cvičení:** účast 100%, test před úlohou, protokoly-tištěné, zápočtový test 80%

# Biochemie

- Biochemie – studium molekulárního základu života
- - věda mezi chemií a biologií
- - studium struktury, interakcí proteinů, NK a dalších biomolekul vzhledem k jejich funkci v biologických systémech
- - patří mezi nejdynamičtější vědní disciplíny - MB
- - snaha o zlepšení lékařských a diagnostických nástrojů, činidel a nových cest jak kontrolovat nemoci,
- - větší porozumění chemických faktorů, které kontrolují zdraví

# Biochemie a lékařství



**OBR. 1-1.** Příklady obousměrného spojení biochemie a medicíny. Znalost biochemických molekul, umístěných v horní části diagramu, přispěla k našemu porozumění chorobám uvedeným ve spodní polovině – a naopak analýza těchto chorob objasnila mnohé biochemické problémy. Uvědomte si, že srpkovitá anémie je genetická choroba a že genetika má svůj podíl také na vzniku aterosklerózy i diabetu.

Příklady obousměrného spojení biochemie a medicíny, znalost biochemických pochodů přispěla k porozumění chorob a a naopak, analýza chorob objasnila mnohé biochemické problémy.

Biochem Blog and Info: Biochemistry and Medicine. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://biochem4u.blogspot.cz/2012/04/biochemistry-medicine.html>

**TAB. 1-2. Hlavní příčiny onemocnění<sup>1</sup>**

|   |
|---|
| 1. <i>Fyzikální příčiny:</i> mechanické trauma, extrémní teplota, náhlá změna atmosférického tlaku, radiace, elektrický šok.  |
| 2. <i>Chemické látky, včetně drog:</i> určité toxické sloučeniny, léčiva atd.   |
| 3. <i>Biologické příčiny:</i> viry, bakterie, houby, vyšší formy parazitů.  |
| 4. <i>Nedostatek kyslíku:</i> ztráta krevního zásobení, vyčerpání kapacity krve pro přenos kyslíku, otrava oxidačních enzymů. |
| 5. <i>Genetické vady:</i> vrozené, molekulární.   |
| 6. <i>Imunologické reakce:</i> anafylaxe, autoimunitní onemocnění.  |
| 7. <i>Výživová nevyváženost:</i> nedostatek, nadbytek.  |
| 8. <i>Endokrinní nevyváženost:</i> hormonální nedostatek, nadbytek.   |

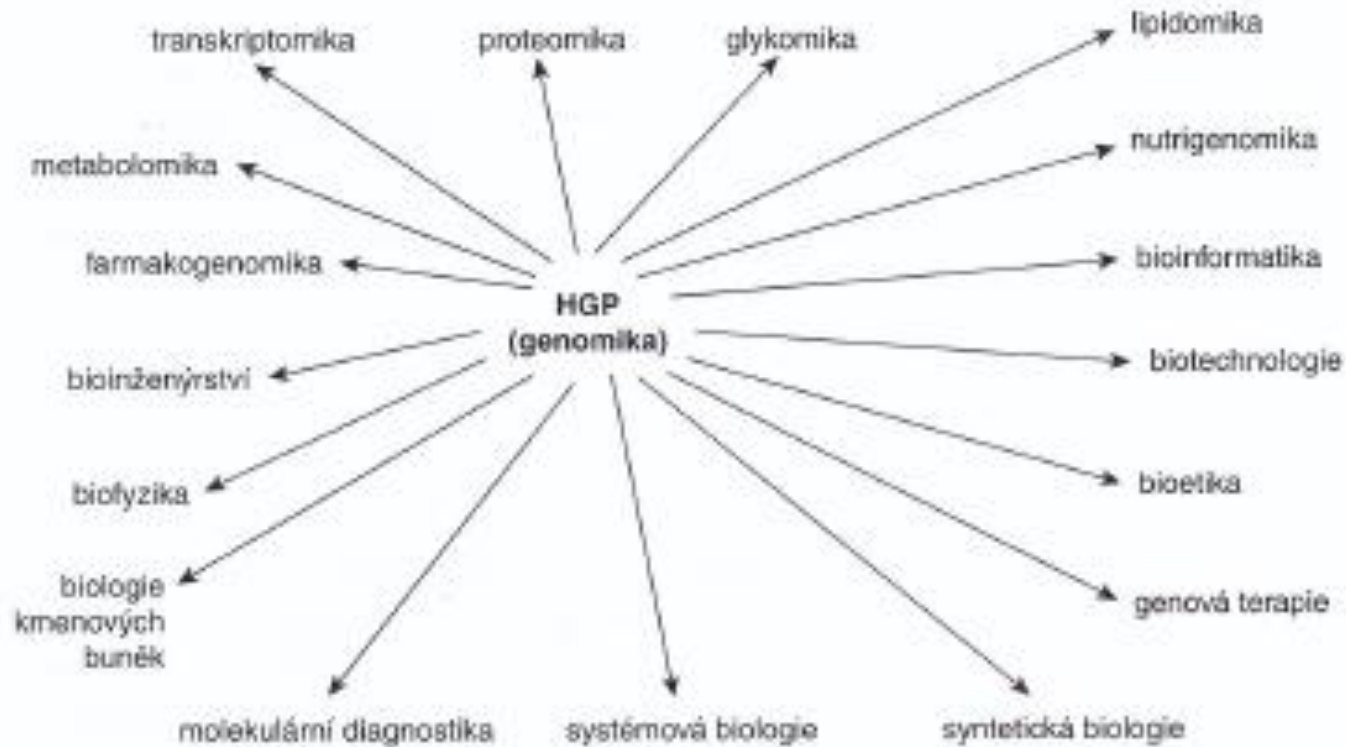
<sup>1</sup> **Poznámka:** Všechny z uvedených příčin ovlivňují různé biochemické mechanismy v buňce nebo těle. (Upraveno se svolením od Robbins SL, Cotram RS, Kumar V: *The Pathologic Basis of Disease*, 3<sup>rd</sup> ed. Saunders, 1984. Copyright © Elsevier Inc. se souhlasem Elsevieru.)

**TAB. 1-3. Příklady využití biochemického výzkumu a laboratorních testů ve vztahu k onemocnění**

| Využití  | Příklad  |
|--|--|
| 1. Objasnění základních příčin a mechanismu onemocnění.  | Důkaz genetického původu cystické fibrózy.   |
| 2. Předpoklad racionální léčby onemocnění založené na bodě 1.                                    | Dieta s nízkým obsahem fenylalaninu pro léčbu fenylketonurie.  |
| 3. Pomoc v diagnostice specifických chorob.  | Využití koncentrace troponinu I nebo T v plazmě pro diagnózu infarktu myokardu.  |
| 4. Funkce diagnostického testu pro včasnou diagnózu některých chorob.                            | Využití stanovení thyroxinu v krvi nebo thyreotropního hormonu (TSH) v neonatální diagnostice vrozeného hypothyroidismu. |
| 5. Pomoc při monitorování průběhu (tj. uzdravení, zhoršení, ústup nebo návrat) některých chorob. | Využití aktivity plazmatického enzymu alaninaminotransferasy (ALT) při monitorování průběhu infekční hepatitidy.         |
| 6. Pomoc při vyhodnocování odpovědi na léčbu.  | Využití stanovení karcinoembryonálního antigenu (CEA) v krvi pacientů léčených na karcinom tlustého střeva.              |



# Význam výzkumu lidského genetického kódu na biochemii, biologii a medicínu



**OBR. 1-2.** Výzkum lidského genomu (HGP) ovlivnil mnoho disciplín a výzkumných oborů

---

# BIOCHEMIE

věda zkoumající biologické děje chemickými prostředky  
(pojem zavedl F. Hoppe-Seyler 1903)

## Biochemie

- statická (látkové složení organismů, vlastnosti biomolekul, vztah struktury a funkce)
  - dynamická (metabolismus, bioenergetika)
  - funkční (fysiologické projevy na molekulové úrovni)
  - nadmolekulových struktur (= organizační)

---

## Specialisované obory biochemie:

**Molekulová genetika** (molekulová biologie, molekulová fyziologie – interpretace genetiky a studium 3D struktury nukleových kyselin)

**Bioorganická chemie** (výklad reakčních mechanismů biochemických reakcí)

**Biofyzikální chemie** (spojení 3 přírodních věd)

**Xenobiochemie** (farmakobiochemie – osud cizích látek v organismu)

**Biotechnologie** (využití mikroorganismů např. v průmyslu)

**Klinická biochemie** (stanovení analytu v krvi, moči)

**Tab. 1.1.** Přehled některých mezníků vývoje biochemie

|        |  |
|--------|--|
| 1770   | Objev kyslíku, jeho spotřebovávání živočichy a produkce rostlinami (Priestley)       |
| 1770   | Izolace glycerolu, kyseliny citronové, mléčné, močoviny 1770-1790 (Scheele, Rouelle) |
| 1783   | Důkaz, že trávení je chemický proces (Spalanzani)                                    |
| → 1806 | Izolace první aminokyseliny (asparagin) (Vauquelin)                                  |
| 1833   | Izolace prvního enzymu (amylasa) (Payen)   |
| 1864   | První krystalizace proteinu (hemoglobin) (Hoppe-Seyler)                              |
| 1869   | Objev DNA (Miescher)   |
| 1893   | Důkaz, že enzymy jsou katalyzátory (Ostwald)   |
| 1897   | Důkaz chemické povahy kvašení (Büchner)  |
| → 1902 | Důkaz polypeptidové povahy proteinů (Fischer)  |
| 1905   | Izolace prvního koenzymu (NAD) (Harden a Young)                                      |
| 1905   | Návrh metabolického schématu ( $\beta$ -oxidace) (Knoop)                             |
| 1925   | Poznání polynukleotidové povahy DNA (Levene)   |
| 1933   | Postulován močovinový cyklus (Krebs, Henseleit)                                      |
| 1937   | Krebsův cyklus   |
| → 1951 | Návrh struktury $\alpha$ -helixu (Pauling a Corey)                                   |
| 1953   | První sekvence proteinu (insulin) (Sanger)   |
| 1953   | Návrh struktury dvojšroubovice DNA (Watson a Crick)                                  |
| 1957   | První prostorová struktura proteinu (myoglobin) (Kendrew)                            |
| 1969   | První syntéza enzymu (RNAsa) (Merrifield, Denckenwater)                              |
| 1970   | Syntéza genu (Khorana)   |
| 1971   | Model struktury biol. membrán (Singer a Nicholson)                                   |
| 1975   | Příprava monoklonálních protilátek (Köhler)  |
| 1985   | Objev enzymové aktivity RNA (Cech)   |

# Biologické principy

1) Teorie evoluce (J.R. Darwin, 1859)

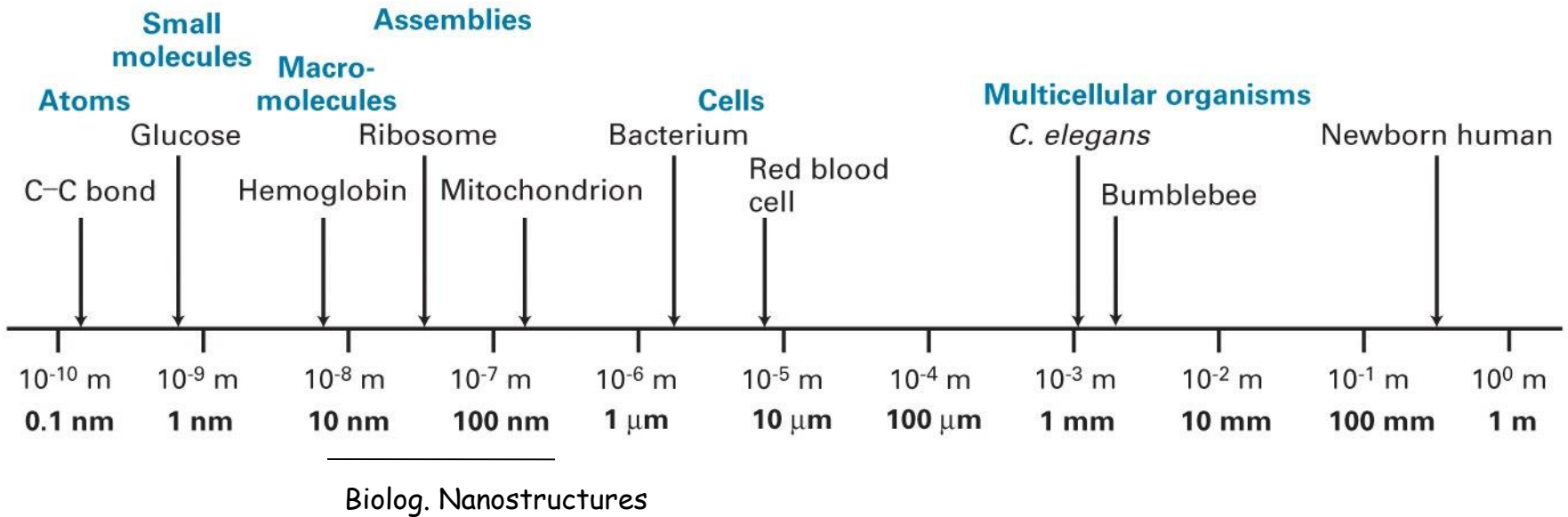
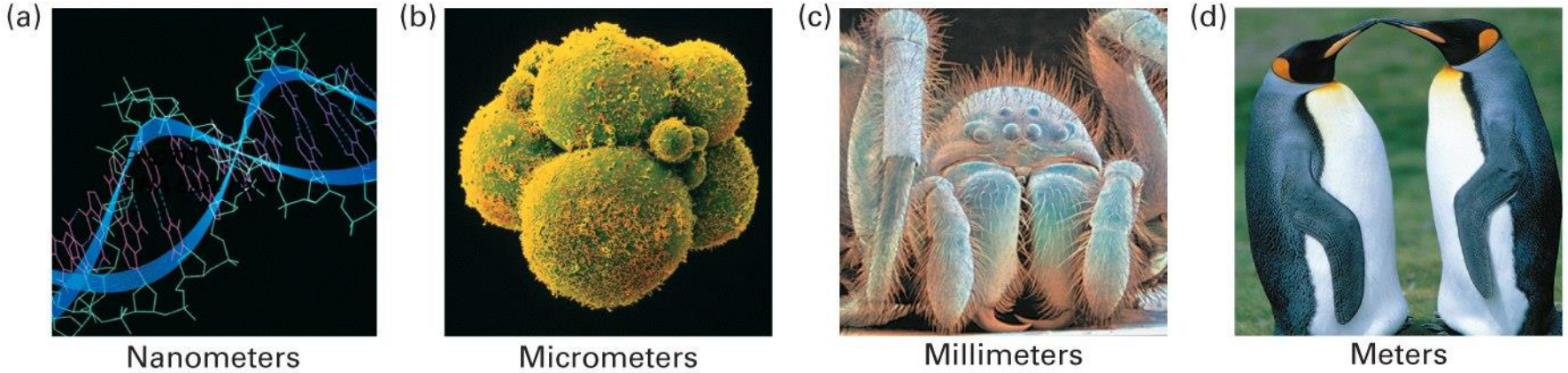
vývoj z prvotních organismů založený na přirozeném výběru

2) Buněčná teorie (M.J. Schleiden, T. Swann, 1847)

organismy jsou z buněk, které vznikají dělením již existujících, činnost organismu je výsledkem interakcí mezi jeho buňkami

3) Chromosomová teorie dědičnosti (G. Mendel, T.H. Morgan, 1865-1911)

dědičnost organismů je podmíněna funkcí chromosomů



# Biochemické principy

1. **Buněčný princip:** buňky vysoce organizované strukturní jednotky všech živých organismů
2. **Chemický princip:** živé procesy- tisíce chemických reakcí, regulací a integrací, - zachování života, reakční dráhy (glykolýza)- jsou vlastní všem organismům
3. **Fyzikální princip:** všechny organizmy používají stejný typ molekul (sacharidy, lipidy, proteiny, NK)
4. **Genetický princip:** instrukce pro život, růst, vývoj, reprodukce – NK

# Živé systémy, jejich složení a organizace

- 1) aktivní vztah k okolnímu prostředí:  
výměna hmoty mezi prostředím a organismem, přeměna energie
- 2) schopnosti: komunikace s životním prostředím  
adaptace na vnější prostředí
- 3) stálost vnitřního prostředí (homeostasa)  
organismy si udržují své vlastnosti (pH, koncentrace složek, ...)  
ve velmi úzkém rozmezí bez ohledu na podmínky okolního prostředí
- 4) časově omezená existence  
vznik, život, zánik rozdělením nebo smrtí
- 5) množivost (schopnost samoreprodukce generace za generací)  
individuální vývoj = ontogenese  
vývoj druhu = fylogenese



# Živé systémy a jejich organizace

## BUNĚČNÁ TEORIE

(Robert Hook (1667), 1. mikroskop → "buňka")

Definice života:

1. Buňky tvoří veškerou živou hmotu (*x viry: jsou živé?*).
2. Veškeré buňky pocházejí z jiných buněk.
3. Informace se předávají z generace na generaci.
4. V buňkách látky podléhají chemickým přeměnám.
5. Buňky reagují na vnější podněty.

# Živé systémy, jejich složení a organizace

Neživé objekty: Živé objekty: vše naopak; látkové složení

- relativně jednoduché
- malý počet druhů
- žádná nebo nízká organizace (většinou náhodně směsí)

viry



prokaryota

*(pro=před, karyon=jádro)*



eukaryota

*(eu=pravý, karyon=jádro)*

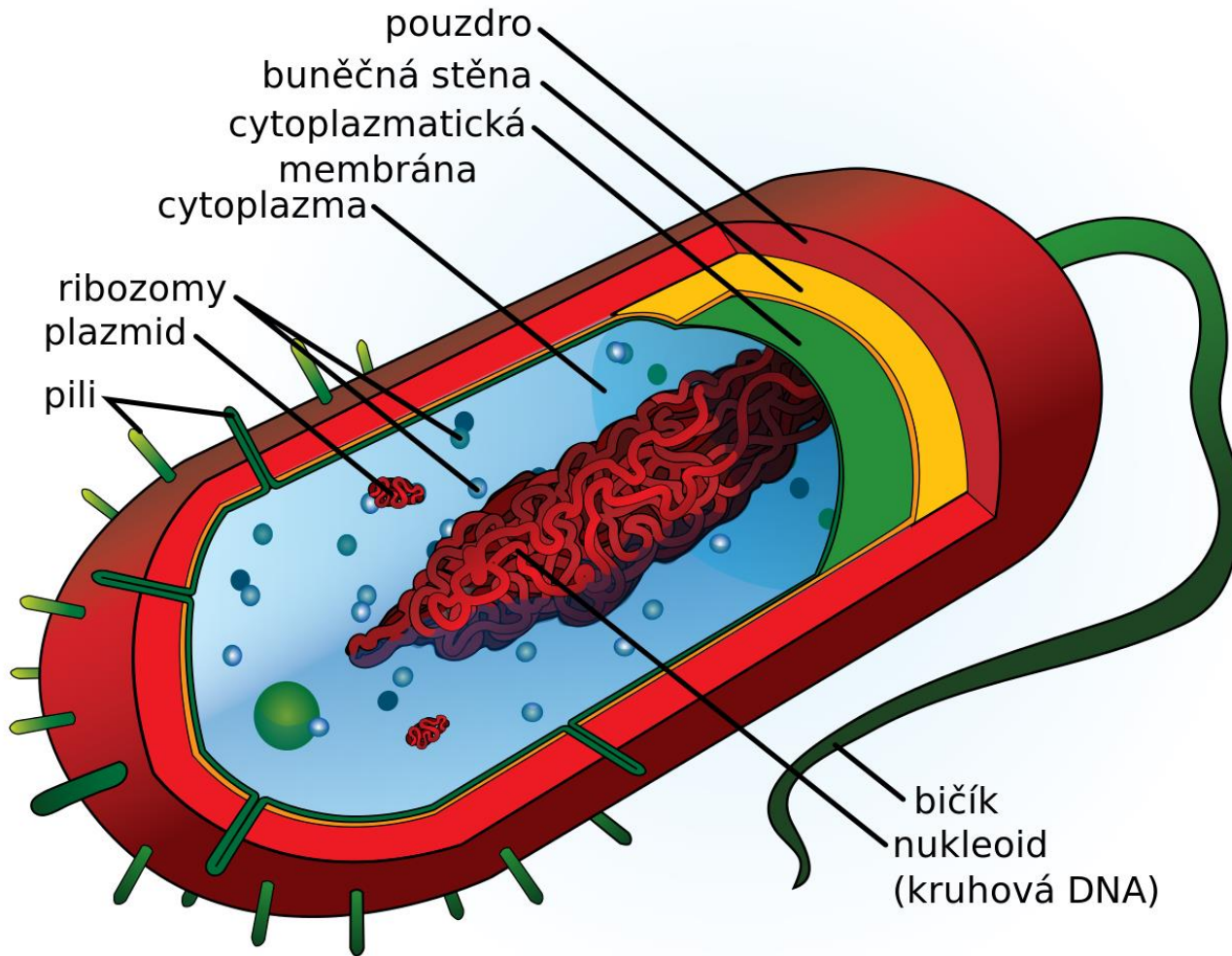
# Prokaryotní buňky

malé primitivní buňky jednobuněčných organismů říše *Monera*  
(bakterie, sinice)

velikost: 0,5-3  $\mu\text{m}$  (velikost mitochondrií buněk vyšších org.)

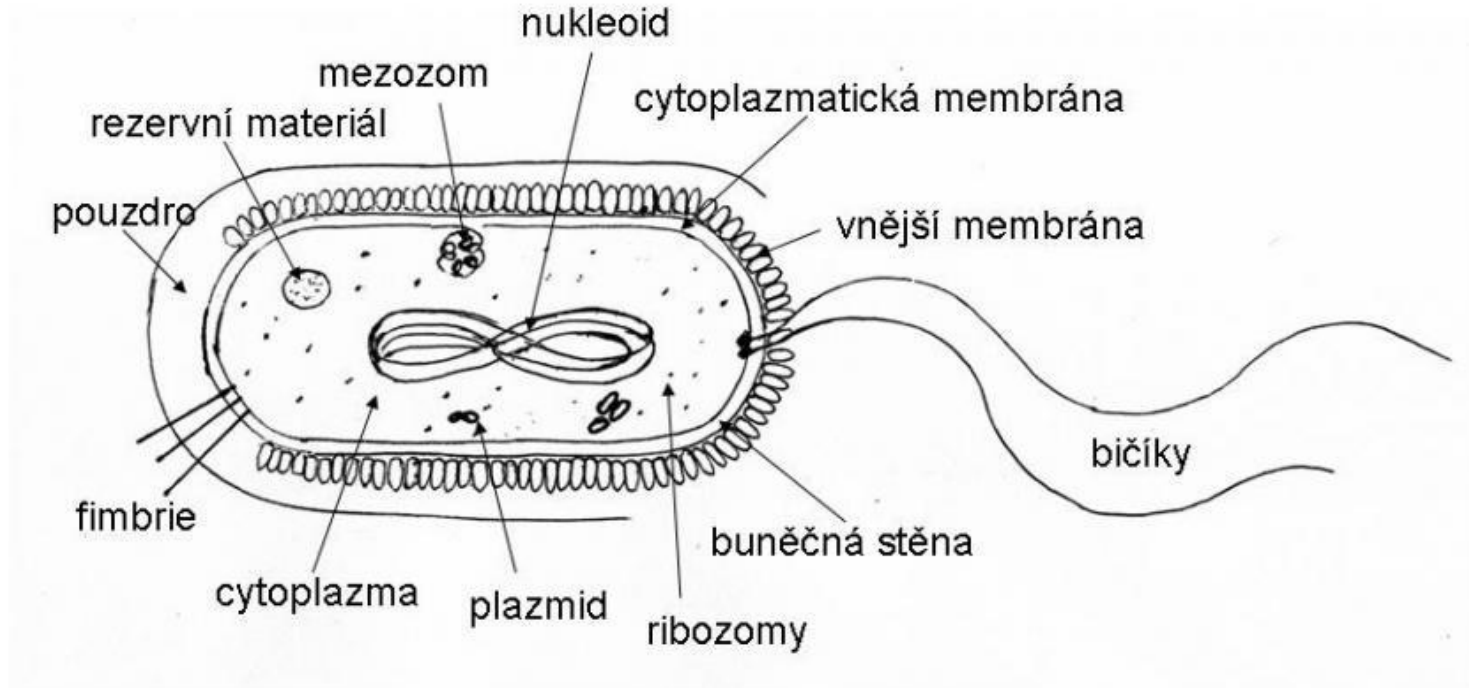
membrány: pouze **1**- buněčná, ani jaderná ani jiné části nejsou  
ohraňované nebo členěné membránami

první živé systémy, všudypřítomné, rychlý růst, genetická flexibilita,  
experimentální materiál, rozsáhlé průmyslové uplatnění



Wikipedie: Prokaryota. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z:  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Prokaryota>

# Prokaryotní buňka - bakterie



Fytopatologie cvičení - Bakterie (Prokaryota). [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=130](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=130)

# Buňky eukaryotní

jednobuněčné organismy a součást všech mnohobuněčných

velikost: 10 x větší než prokaryota

10-20 $\mu\text{m}$ , ale až 150 $\mu\text{m}$

mnoho membránových systémů členících buňku na  
oddělené prostory – kompartmenty

v jediném eukaryotním organismu mnoho různých typů buněk,  
které se liší svou stavbou (morfologií) –  
př. lidský organismus má 200 různých typů buněk

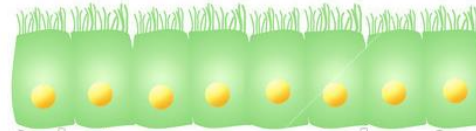
# Rozdíly mezi prokaryotní a eukaryotní buňkou

| Charakteristika         | Prokaryotní buňka           | Eukaryotní buňka                    |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Organismy               | bakterie, cyanobakterie     | houby, rostliny, živočichové        |
| Velikost buňky          | 1 – 10 $\mu\text{m}$        | 10 – 20 $\mu\text{m}$               |
| Oddělené jádro          | Ne                          | Ano                                 |
| Membránové organely     | Ne                          | Ano                                 |
| Chromosomy              | kružnicová DNA              | lineární DNA                        |
| Velikost ribozomů       | 70S                         | 80S                                 |
| Cytoskelet              | Ne                          | Ano                                 |
| Buněčné dělení          | příčné/podélné              | mitóza                              |
| DNA                     | obnažená                    | spojená s proteiny                  |
| Průběh syntézy proteinů | v cytoplazmě                | v cytoplazmě a ER                   |
| Respirační enzymy       | na cytoplazmatické membráně | na vnitřní mitochondriální membráně |

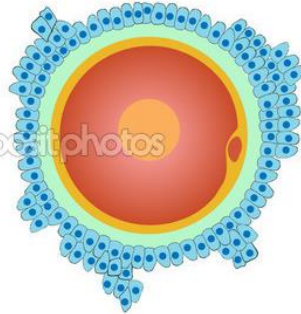
# Morfologie lidských buněk



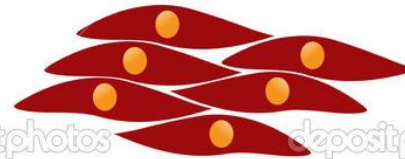
Red blood cell



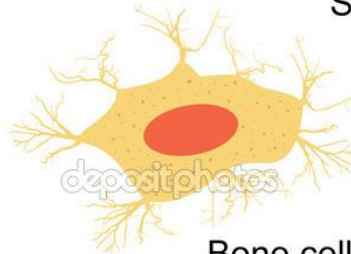
Columnar epithelial cells



Ovum cell



Smooth muscle cells



Bone cell



Nerve cell



Sperm cell



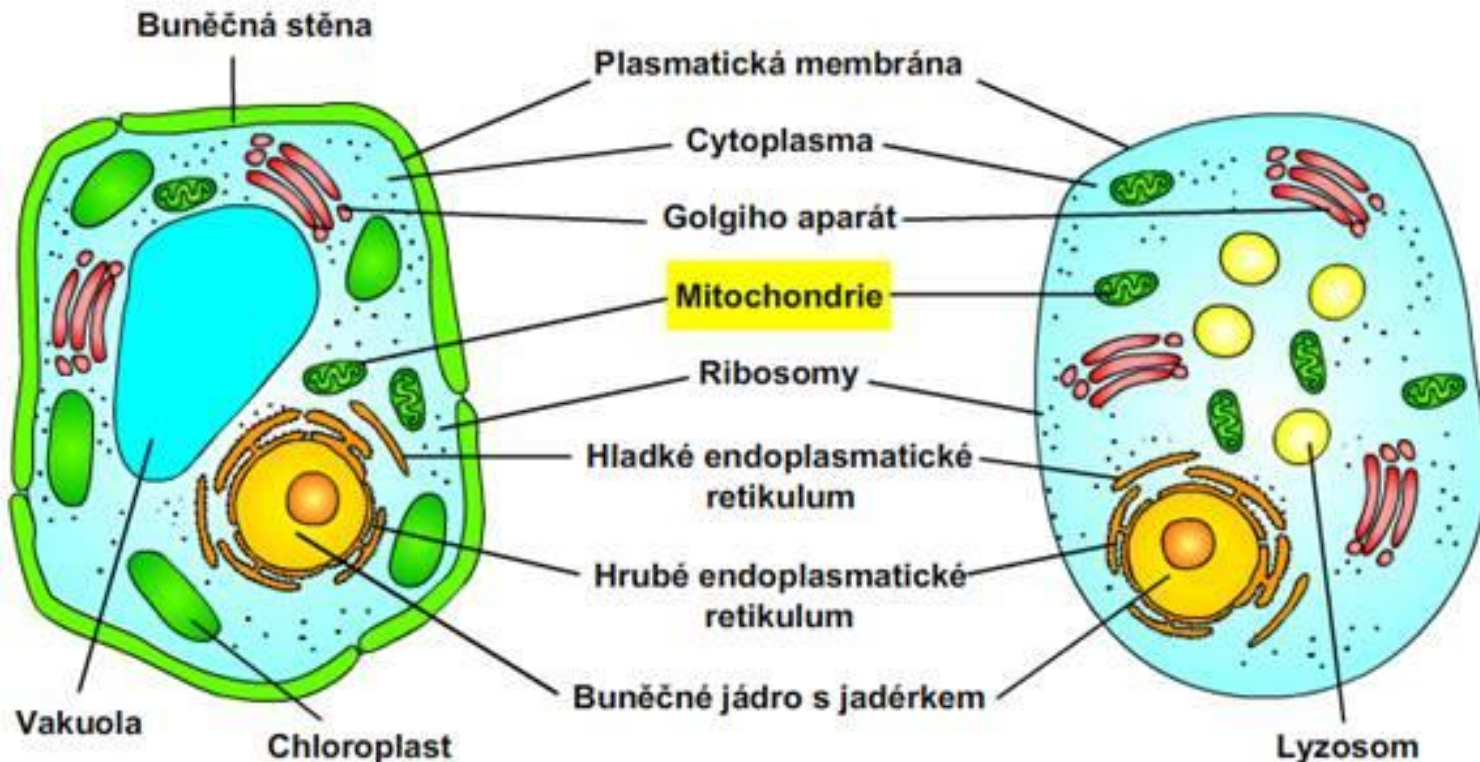
# Lokalizace metabolických procesů na úrovni organismu

| Proces                    | Kde probíhá                             |
|---------------------------|---|
| syntéza glykogenu         | hepatocyty, svalové buňky               |
| oxygenace hemoglobinu     | plicní buňky                            |
| syntéza adrenalinu        | buňky dřene nadledvin                   |
| syntéza močoviny          | hepatocyty                              |
| ukládání lipidů           | adipocyty                               |
| syntéza aktinu a myosinu  | svalové buňky                           |
| syntéza inzulínu          | $\beta$ -buňky Langerhansových ostrůvků |
| konjugace toxických látek | hepatocyty                              |

# Rozdíly mezi živočišnou a rostlinou buňkou

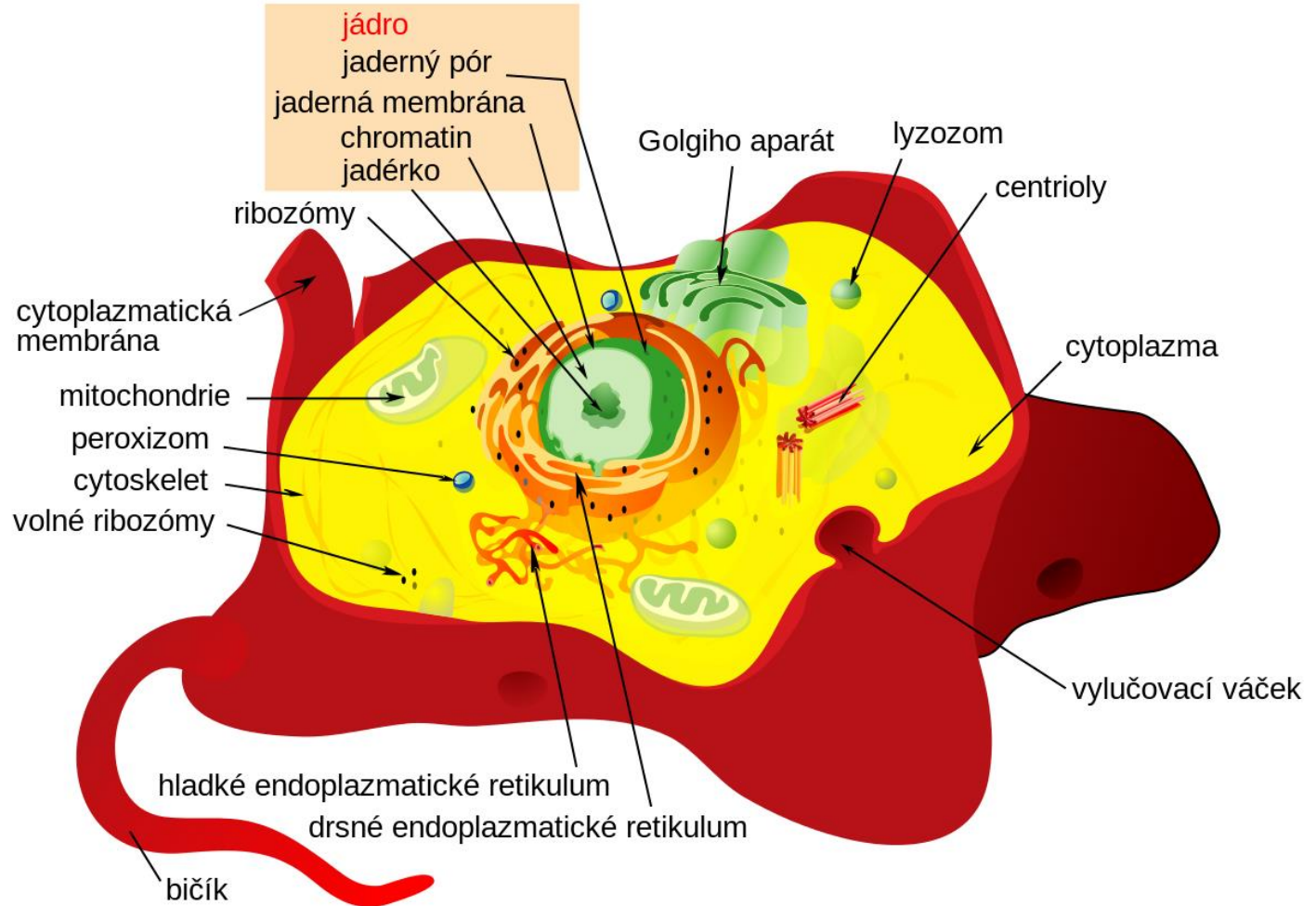
Rostlinná buňka

Živočišná buňka



Biochemie - vzdělávací portál, Dýchací řetězec. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/dr.html>

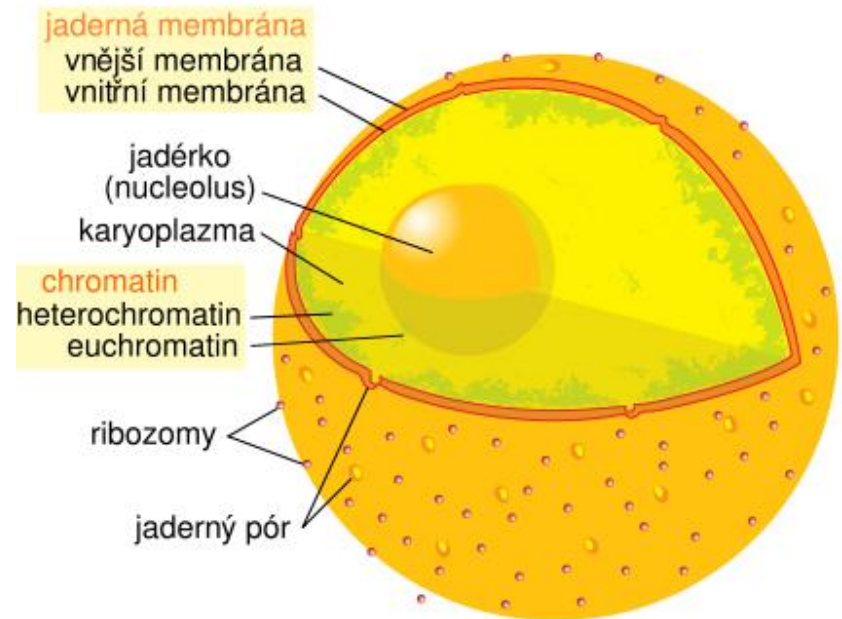
# Živočišná buňka



Wikipedie: Buňka. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bu%C5%88ka>

# Jádro

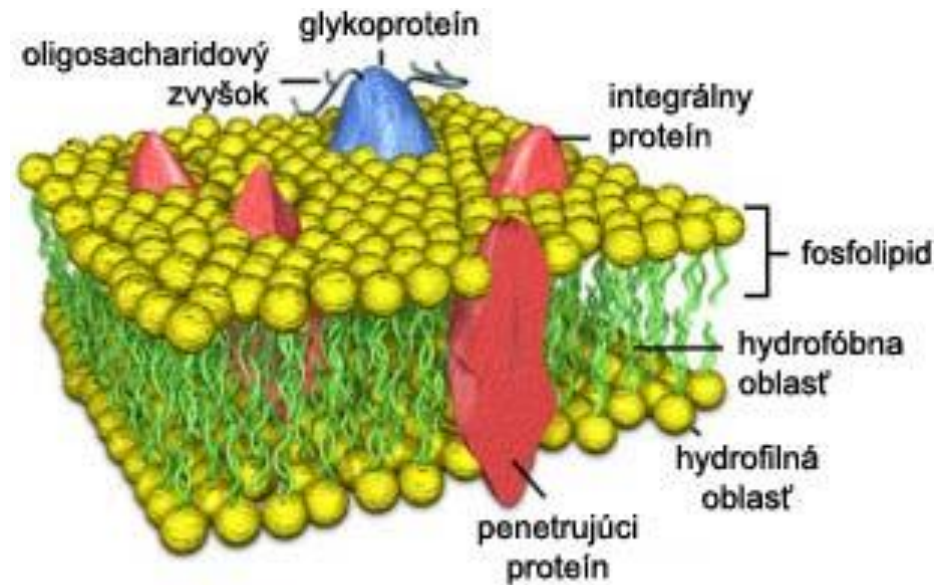
- V jádře je uchovávána genetická informace buňky. V případě eukaryotní buňky se jedná o vláknité molekuly DNA asociované s histony do podoby chromozomů.
- V jádře probíhá **replikace DNA**, **syntéza RNA** a její **následné úpravy**. Tyto úpravy v sobě zahrnují:
  - **sestřih (splicing)** RNA
  - vytvoření „čapky“, tzv. **capping**, na 5' konci
  - **polyadenylace** na 3' konci
- Vytvořená a upravená RNA je následně transportována ven z jádra skrze jaderné póry.
- Syntéza proteinů?



Wikipedie: Buněčné jádro. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Bun%C4%9B%C4%8Dn%C3%A9\\_j%C3%A1dro](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bun%C4%9B%C4%8Dn%C3%A9_j%C3%A1dro)

# Buněčné membrány

- strukturu tvořenou dvojvrstvou různých **fosfolipidů**, do které jsou zanořeny **proteiny a cholesterol**. Jednotlivé složky jsou mezi sebou spojeny pomocí hydrofobních a elektrostatických interakcí.
- Na povrchu buňky se může nacházet výraznější vrstvička **glykoproteinů – sacharidy**, které jsou na ně navázány slouží jako „**antény**“ pro signální molekuly (vrstvu sacharidů na povrchu buňky označujeme jako **glykokalyx**).



Obr. Štruktúra plazmatickej membrány

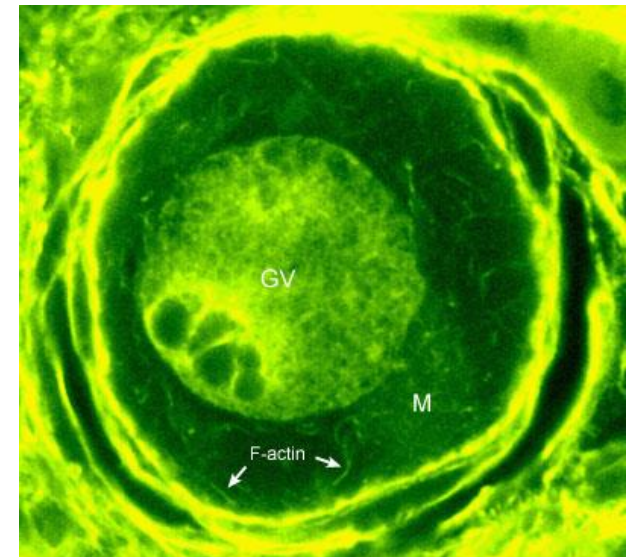
Ve škole. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://mi-ky.blog.cz/en>

Cytoplasmatická membrána: **transport iontů a malých molekul, receptory hormonů....**

# Cytoplasma

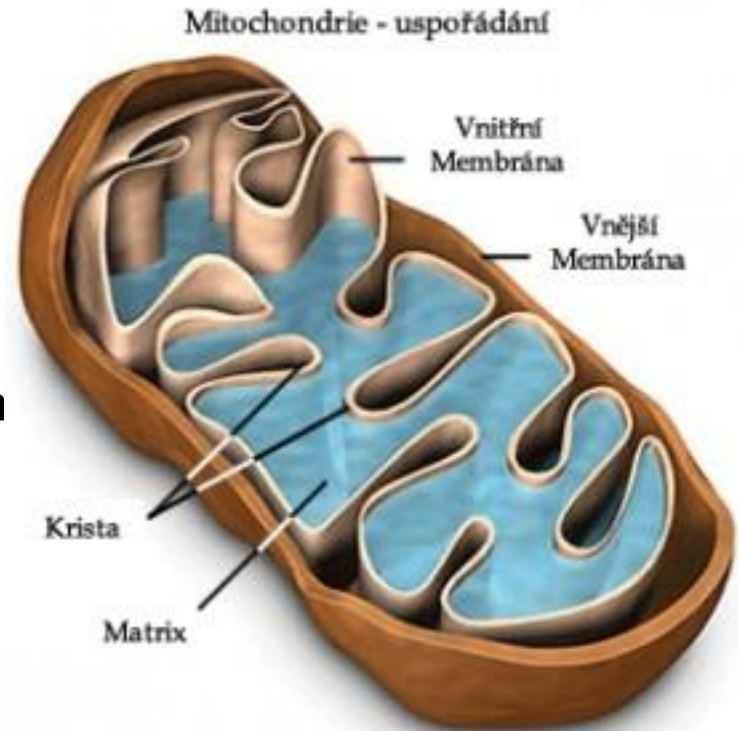
- Cytoplasma tvoří jednotné prostředí, ve kterém se nacházejí ostatní buněčné organely, nachází se mezi nimi a buněčnou stěnou.
- Jejím hlavním komponentem je voda, ve které se nachází řada dalších látek (od jednoduchých anorganických látek, až po složité enzymové komplexy).
- Důležitou roli pro metabolismus buňky má i **rozmístění iontů**. V cytoplazmě jsou hlavními **kationty  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  a  $Na^+$** , anionty pak **fosfáty, sulfáty, anionty bílkovin (proteináty) a hydrogenkarbonáty**.
- **syntéza proteinů, metabolismus glukosy (glykolýza), transaminace, syntéza MK, syntéza močoviny (část), syntéza pyrimidinů (část), syntéza purinů, metabolismus glykogenu,**
- **Tvorba ATP,**

Print cytoplasm flashcards. [online]. [cit. 2014-08-18].  
Dostupné z: [http://www.easynotecards.com/print\\_list/853](http://www.easynotecards.com/print_list/853)



# Mitochondrie

- Mitochondrie jsou **semiautonomní organely**, které obsahují vlastní DNA, vlastní proteosyntetický aparát a jsou obaleny dvojitou membránou.
- **Vnější membrána** je relativně hodně propustná,
- vnitřní membrána je téměř nepropustná a obsahuje proto řadu bílkovinných transportérů, které přenos potřebných látek umožňují. Kromě transportérů jsou na **vnitřní mitochondriální membráně** umístěny i **enzymy dýchacího řetězce** a enzym **ATP-synthasa**, na které probíhá tvorba ATP aerobní fosforylací.
- Hmota, vyplňující obsah mitochondrie se nazývá mitochondriální **matrix**. Probíhá v ní řada důležitých dějů, jako je **Krebsův cyklus**, **syntéza močoviny-část**, **syntéza hemu**, **syntéza ketolátek**, **β-oxidace mastných kyselin**, **respirační řetězec**, **část glukoneogeneze**, **část syntézy pyrimidinů...**



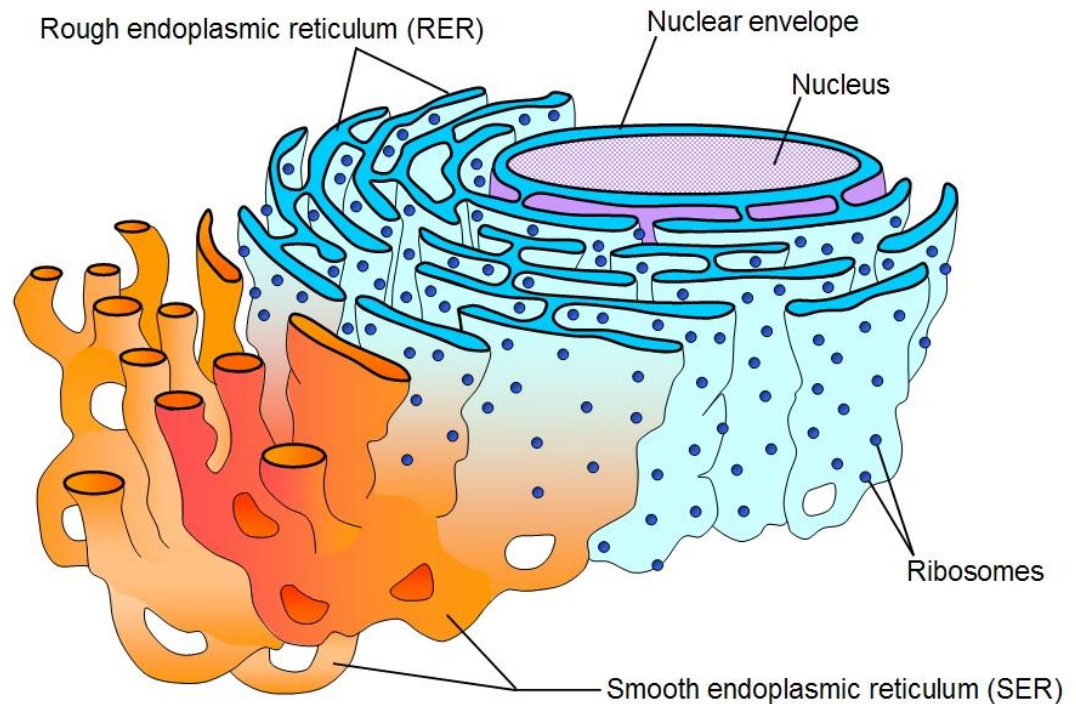
Vítejte...!: Mitochondrie. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.fanyalotynett.estranky.cz/clanky/referaty-pro-kazdou-prilezitost/mitochondrie.html>

- syntéza RNA, DNA, proteinů

# Endoplasmatické retikulum

- Endoplazmatické retikulum je tvořeno soustavou cisteren a váčků. Rozlišujeme ER **hladké** (tvořené především váčky, na povrchu nemá vázány ribozomy) a **drsne/HRUBÉ** (tvořeno především cisternami, na povrchu se nacházejí ribozomy, **SYNTÉZA PROTEINŮ**). Ve svalových buňkách se ER nazývá **sarkoplazmatické retikulum** a obsahuje ve svých váčcích velké množství **vápenatých iontů**

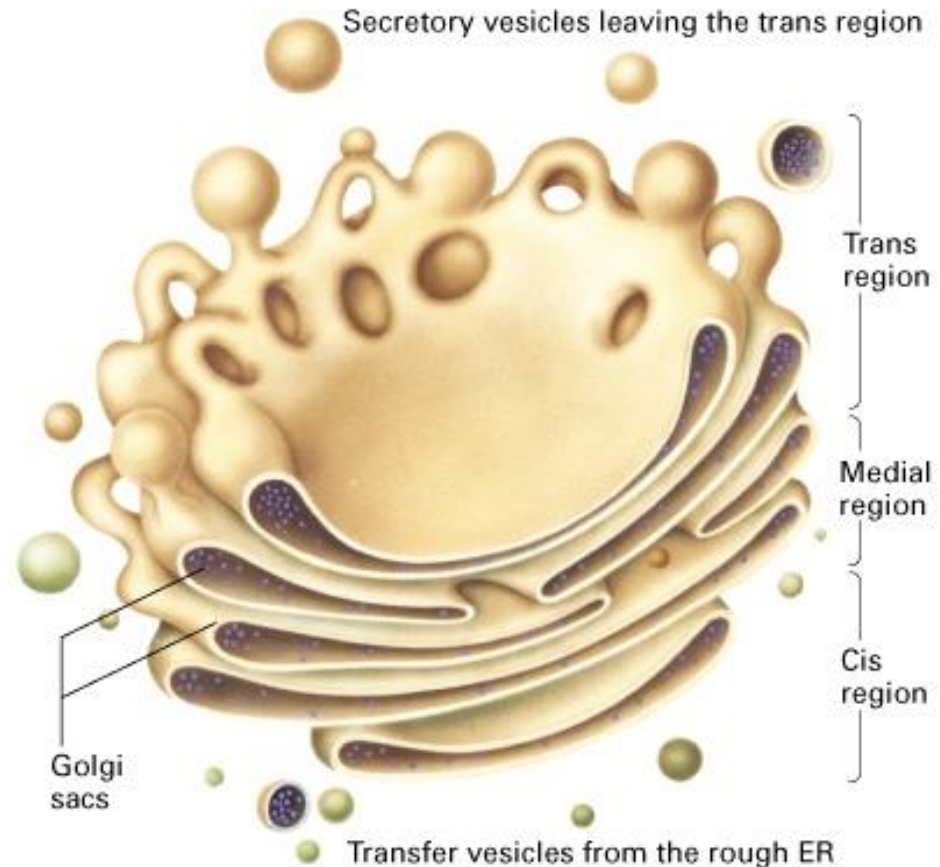
Na **ER-hladkém** probíhá **desaturace mastných kyselin**, či **hydroxylace** různých jiných látek (např. **xenobiotik**). Obou typů reakcí se účastní cytochrom **P-450 (CYP)**, **syntéza steroidů**, **cholesterolu**





# Golgiho aparát

- Golgiho aparát je tvořen cisternami a transportními váčky. Jedná se o polarizovanou organelu – můžeme rozlišit její *trans*-stranu (na které jsou přijímány látky – především proteiny – pro úpravu a rozřídění) a *cis*-stranu, na které jsou tyto látky vydávány dále.
- **Export proteinů, modifikace a třídění proteinů**

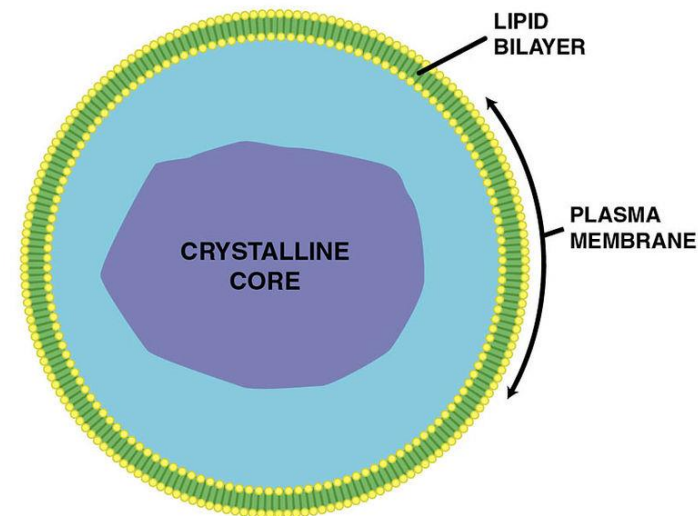


Botanika. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.botanika-puchnerova.estranky.cz/fotoalbum/rostlinna-bunka/golgiho-aparat.jpg.-.html>

# Peroxisomy

- Peroxisomy jsou váčky obalené membránou, které jsou určeny **především k likvidaci peroxidu vodíku**.
- Peroxidace polynenasycených MK in vivo pro tvorbu peroxylového radikálu  $R\text{-OOH} \rightarrow R\text{-OO}\cdot$ .
- **Enzymy kataláza a peroxidáza-rozkládají** nežádoucí peroxidy a vol. radikály
- Obsahují enzym **katalasu**, který je zodpovědný za dva druhy reakcí:
  - a) **odbourání peroxidu vodíku**  
 $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
  - b) **využití peroxidu vodíku k oxidaci substrátu**  
 $\text{RH}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{R} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Reakce typu b) je například využívána k **odbourávání ethanolu** v případě, že se jej v organismu nachází moc a enzym **alkoholdehydrogenasa** už nestíhá pracovat:
  - $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{ethanol} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{acetaldehyd}$

Deficience peroxizómů:  
Adrenoleukodystrofie  
Zellwegerův syndromu  
Primární hyperoxalúrie



WikiSkripta: Peroxizom. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Peroxisome.jpg>

# Lysozomy

- Lysozomy jsou organely **buněčného trávení**. Ve své membráně obsahují **vodíkovou pumpu**, která se podílí na udržování kyselého pH v jejich nitru.
- Rozlišujeme **primární a sekundární lysozomy**. Primární jsou takové, které se ještě neúčastnily procesu trávení, neobsahují tedy žádné zbytky organel, proteinů apod. a jejich enzymy ještě nebyly použity. Sekundární lysozomy jsou ty, které se již trávení účastnily.
- Většina enzymů, které se v lysozomech nachází, patří do skupiny **hydroláz** a jejich úkolem je štěpit různé vazby na různých molekulách.
- Tabulka 4 - Některé lysozomální enzymy a vazby, které štěpí

| Enzym                  | Typ vazby   |
|------------------------|---|
| $\alpha$ -glukosidasa  | štěpí $\alpha$ -glykosidovou vazbu mezi glukosami         |
| $\beta$ -galaktosidasa | štěpí $\beta$ -glykosidovou vazbu mezi galaktosami        |
| hyaluronidasa          | štěpí vazbu mezi molekulami hyaluronové kyseliny          |
| arylsulfatasa          | štěpí sulfoesterovou vazbu                                |
| lysozym                | štěpí glykosidovou vazbu                                  |
| kathepsin              | štěpí peptidovou vazbu (jedná se o proteázu)              |
| kolagenasa             | štěpí trojitou šroubovici řetězců kolagenu                |
| elastasa               | štěpí peptidovou vazbu (jedná se o proteázu)              |
| ribonukleasa           | štěpí diesterovou vazbu mezi ribonukleotidy               |
| lipasa                 | štěpí esterovou vazbu mezi glycerolem a mastnou kyselinou |
| fosfatasa              | štěpí esterovou vazbu (odštěpuje fosfát)                  |
| ceramidasa             | štěpí esterovou vazbu mezi ceramidem a mastnou kyselinou  |

**Klinický význam:**  
-při **dně** krystalky urátové mech.poškozují lysozomy, uvolněné enzymy-zápal  
-lysozomní proteázy-katepsíny-**nád.metastázy**-degradují baz.matrix  
-**silikóza**-uvolnění lyz.membrány  
-I-bun-choroba-lysozomy nedostatek enzymů

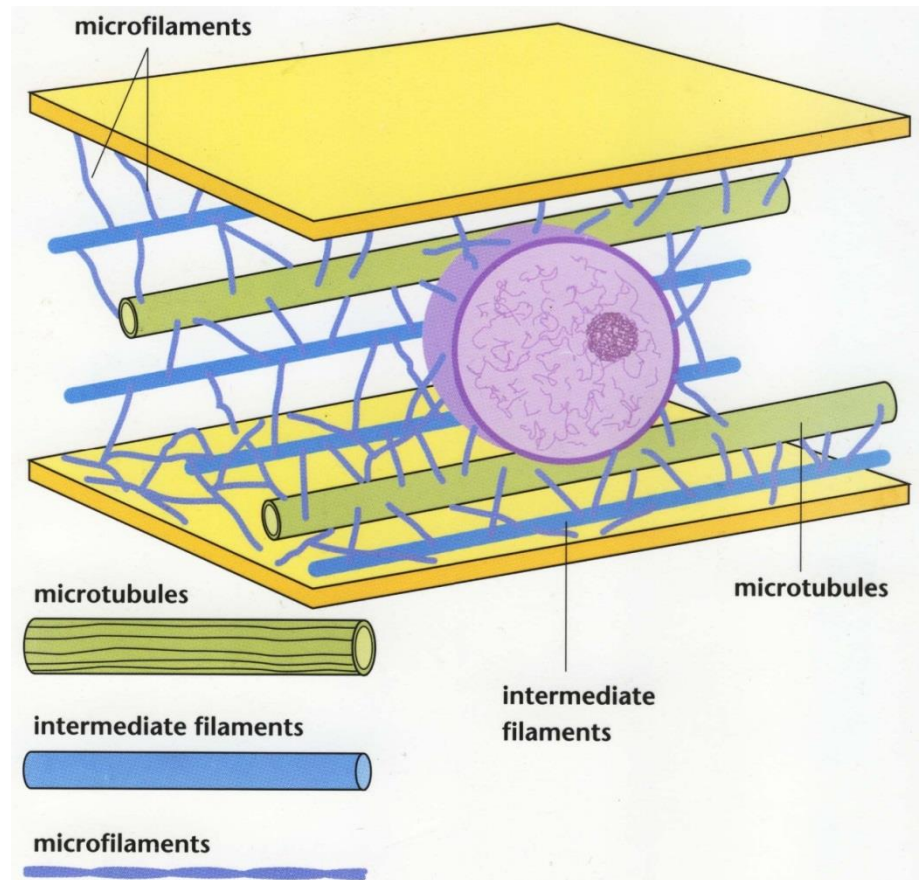
NOVÁK, Jan. *Biochemie I.* Brno: Muni, 2009, s. 8.

# Cytoskelet

- Cytoskelet je struktura, která se podílí na udržování tvaru buňky, na buněčném dělení a na pohybu uvnitř buňky. Je tvořen třemi hlavními typy vláken:

- a) mikrofibrily (AKTIN)
- b) mikrofilamenta
- c) intermediální filamenta (DESMIN, VIMENTIN, KERATIN)

- **Mikrofibrily** jsou využívány proteiny **kinesinem a dyneinem**, které slouží jako **buněčné motory** a mohou se po vláknech posunovat (umožňují tak intracelulární pohyb), AKTIN
- **MIKROTUBULY** - tubulin



Biológia: cytoskelet. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://edu-mikulas6.webnode.sk/biologia-3-rocnik/cytologia/eukaryoticka-bunka/cytoskelet/>

# Lokalizace metabolických procesů na úrovni buňky

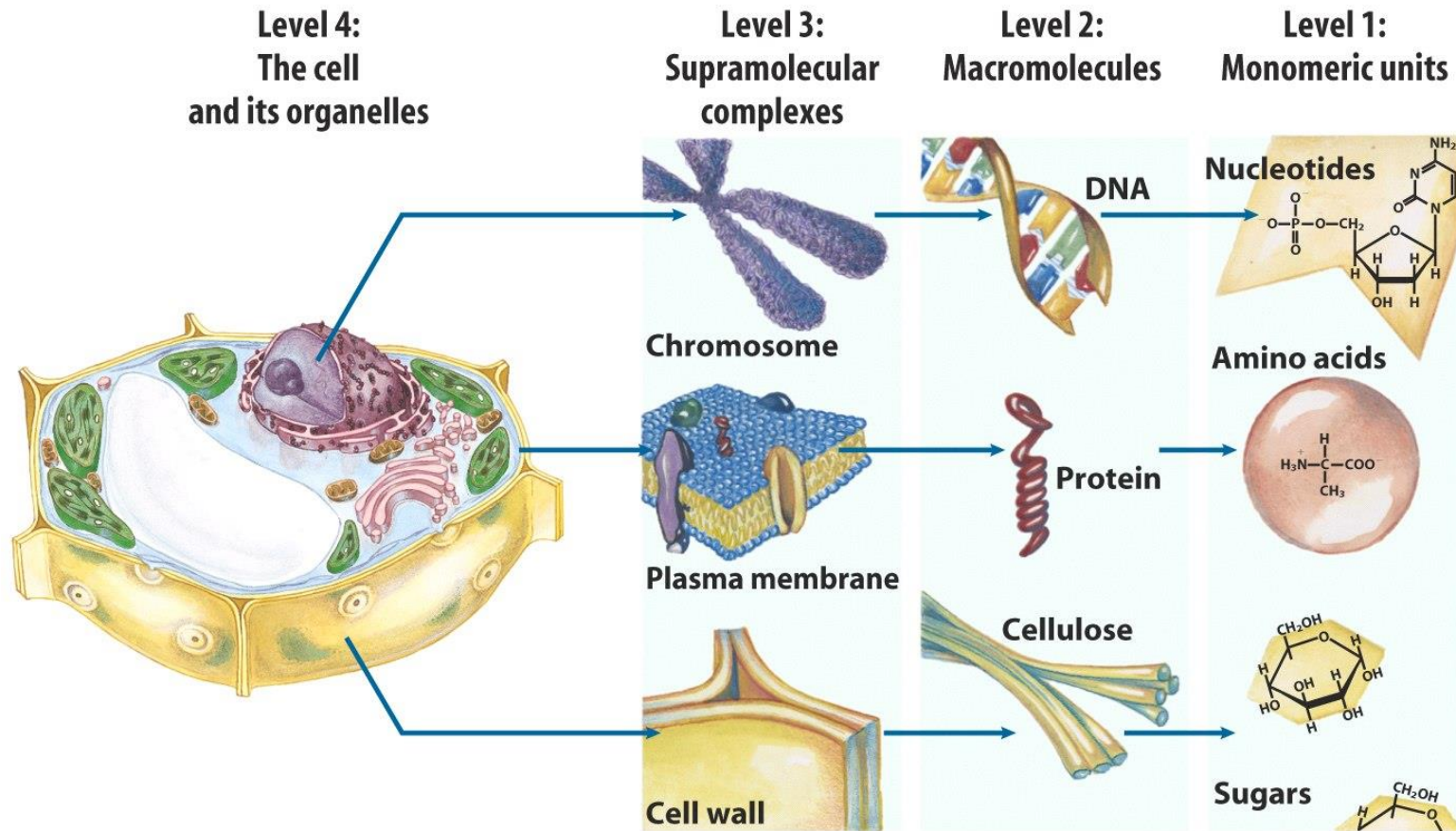
Tabulka 3 - Lokalizace metabolických procesů na úrovni buňky

| Kompartment              | Metabolický proces  |
|--------------------------|---|
| Cytoplazmatická membrána | transport iontů a malých molekul; recepce hormonů                                       |
| Cytoplasma               | metabolismus glukosy; syntéza proteinů; tvorba ATP                                      |
| Mitochondrie             | syntéza RNA; buněčné dýchání; syntéza proteinů; tvorba ATP; oxidace lipidů; syntéza DNA |
| Jádro                    | syntéza RNA; syntéza proteinů; syntéza DNA; úprava RNA                                  |
| Hrubé ER                 | syntéza proteinů  |
| Hladké ER                | syntéza steroidů; detoxikační reakce  |
| Golgiho aparát           | export proteinů; modifikace a třídění proteinů  |
| Lysozom                  | buněčné trávení   |
| Proteasom                | degradace proteinů  |
| Peroxisom                | odbourávání peroxidu vodíku   |

## HLAVNÍ FUNKCE A PROCESY PROBÍHAJÍCÍ V BUNĚČNÝCH ORGANELÁCH A OSTATNÍCH KOMPARTMENTECH

| Kompartment                  | Procesy a funkce  |
|------------------------------|---|
| Buněčná membrána             | Oddělení vnějšího a vnitřního prostoru, transport iontů a molekul, příjem a přenos signálu, pohyb |
| Jádro                        | Synthesa DNA, RNA   |
| Endoplasmatické retikulum    | Synthesa proteinů intra- a extracelulárních, synthesa lipidů, detoxifikační reakce                |
| Golgiho aparát               | Modifikace a export proteinů  |
| Mitochondrie                 | Buněčné dýchání, uskladnění energie<br>Oxidace sacharidů a lipidů, synthesa močoviny a hemu       |
| Chloroplasty                 | Fotosynthesa  |
| Lysosomy                     | Buněčné trávení – lytické enzymy  |
| Peroxisomy                   | Oxidativní reakce s $O_2$ , metabolismus $H_2O_2$ a ostatních peroxidů                            |
| Mikrotubuly a mikrofilamenta | Cytoskeleton, buněčná morfolgie a pohyb (i vnitrobuněčný)   |
| Cytosol                      | Metabolismus sacharidů, lipidů, aminokyselin a nukleotidů   |

# Molekulární Organizace buňky

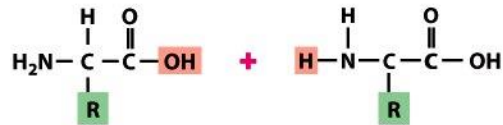


## Mnoho důležitých biomolekul jsou polymery

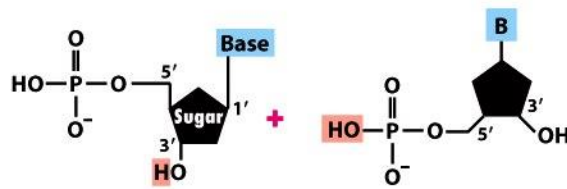
- **Biopolymery** - makromolekuly vytvořené spojením mnoha malých organických molekul (monomerů)
- **Kondenzační reakce** připojit monomery? ( $H_2O$  se odstraní z reakce)
- **Zbytek** - každý monomer v řetězci



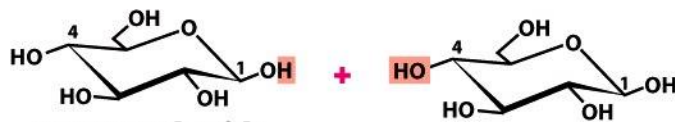
## MONOMERS



**Amino acid**

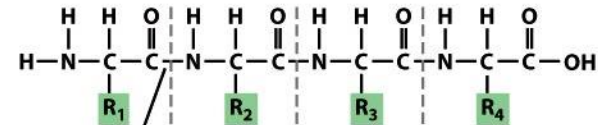


**Nucleotide**

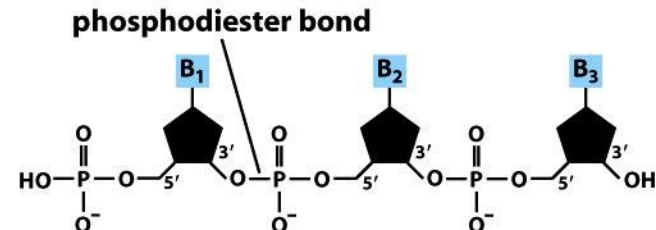


**Monosaccharide**

## POLYMERS

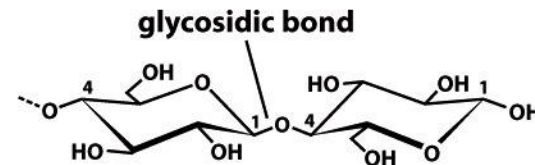


peptide bond  
**Polypeptide**



phosphodiester bond

**Nucleic acid**



glycosidic bond

**Polysaccharide**

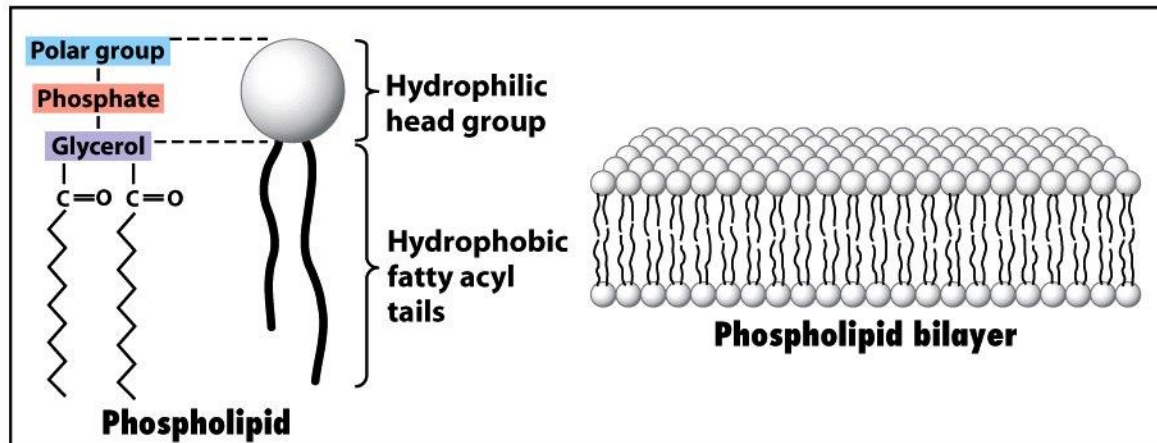


Figure 2-13  
*Molecular Cell Biology, Sixth Edition*  
© 2008 W. H. Freeman and Company

## 2. Chemický princip

- Biochemie pomáhá vysvětlit

biologické formy a funkce v chemických termínech.

- Kompozice živé hmoty – **C, O, N, P** (99%)

-makrobiogenní prvky (C, O, H, N, Ca, P, K)

-mikrobiogenní prvky (S, Na, Cl, Mg)

-stopové prvky (Fe, Mn, Zn, I)

| Essential and Beneficial Elements in Higher Plants |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| H  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | He |
| Li   | Be |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |
| Na   | Mg |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |
| K  | Ca | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb   | Sr | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe |
| Cs   | Ba | Lu | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| Fr   | Ra | Lr | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  |    | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb |    |    |
|  |    | Ac | Th | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No |    |    |

- 30 prvků je základních

- **Stopové prvky** – Fe hemoglobin (0.3%)

List of Essential Elements. [online]. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://soils.wisc.edu/facstaff/barak/soilscience326/listofel.htm>

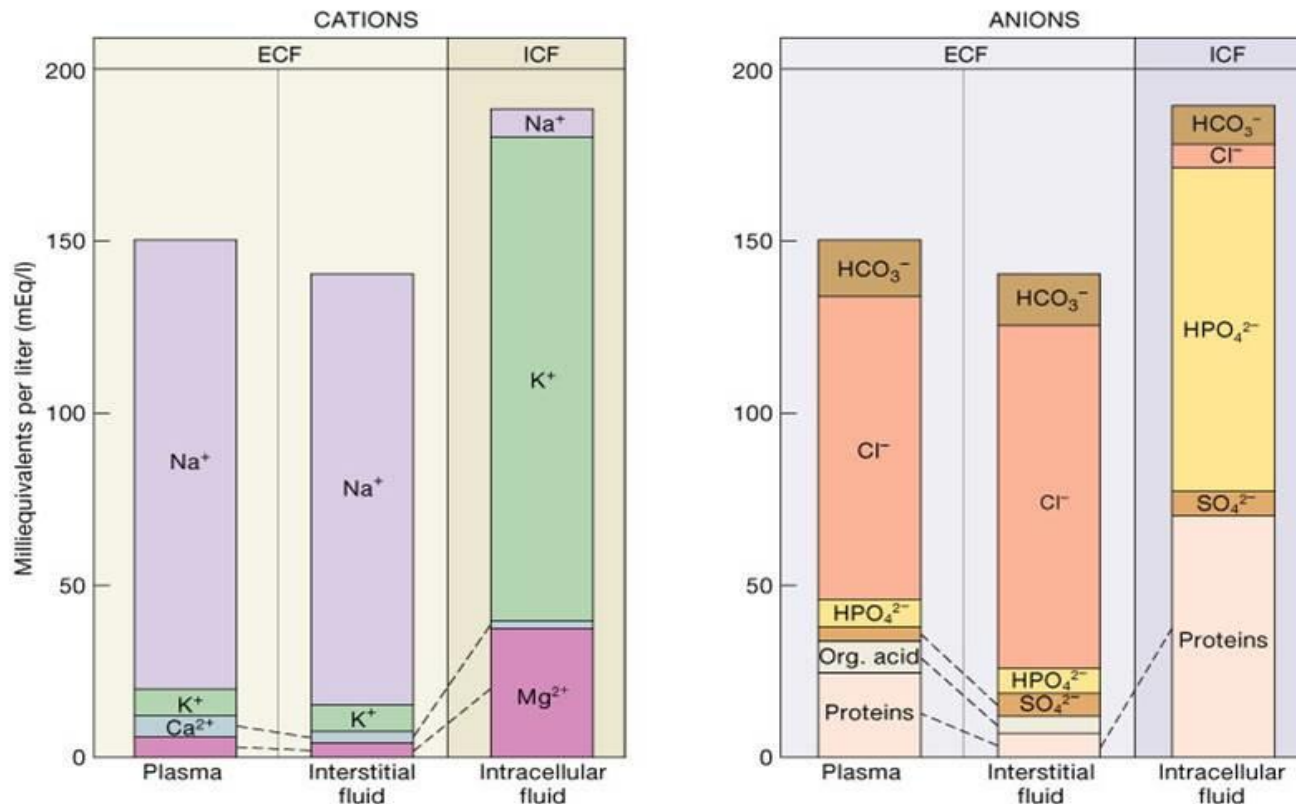
# Anorganické látky

v těle dospělého člověka (70 kg) je 5 kg nerostných látek

- ♣ výstavba u údržba tělesných tkání
- ♣ udržují osmotický tlak a elektroneutralitu
- ♣ umožňují dráždivost a odpověď na podráždění
- ♣ součást bílkovin a tuků, různých hormonů, enzymů  
aktivně se účastní látkové přeměny

# Úloha minerálních látek v metabolismu

- nerovnováha mezi buňkou a extracelulárním prostředím
- v tkáních nemožné
- krevní plazma
- celková koncentrace aniontů a kationtů 150mM



*Interstitial fluid (ISF) or tissue fluid* is a solution that bathes and surrounds the tissue cells of multicellular animals

Electrolyte Fluid Balance. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.austinc.edu/apreview/EmphasisItems/Electrolytefluidbalance.html>

# Anorganické látky

$\text{Na}^+$  - hlavní mimobuněčný kationt, udržuje membránový potenciál, dráždivost tkání, váže na sebe vodu

$\text{K}^+$  - hlavní kationt nitrobuněčných tekutin, udržuje membránový potenciál

$\text{Mg}^{2+}$  - 50-70 % v kostech, součást enzymů, nezbytný pro nervový systém

$\text{Ca}^{2+}$  - 99 % v kostech a zubech, extracelulární kationt, srážení krve, přenos podráždění z nervu na sval

| Prvek               | Doporuč. denní dávka | Funkce   |
|---------------------|----------------------|--|
| Na                  | 400 mg               | nejdůležitější extracelulární kation   |
| Cl                  | 600 mg               | s $\text{HCO}_3^-$ nejdůležitější extracelulární anion   |
| K                   | 4 g                  | nejdůležitější intracelulární kation   |
| Ca                  | 800 mg               | součást kostní tkáně, aktivátor extracelulárních enzymů, druhý posel   |
| P                   | 800 mg               | součást nukleotidů a fosfoproteinů, součást anorganické kostní hmoty, volný $\text{P}_i$                     |
| Mg                  | 350 mg               | komplex s ATP (kinasy, ligasy, ATPasy)   |
| Fe                  | 10 mg                | hem, Fe-S proteiny (ferredoxiny),<br>skladování: ferritin, transport: transferrin                            |
| Zn                  | 15 mg                | součást mnoha metaloenzymů (karboxypeptidasa, karbonáthydrolyasa...)   |
| Cu                  | 2 mg                 | součást řady oxidoreduktas ( $1^+$ a $2^+$ ); (superoxid-dismutasa, cytochrom-c-oxidasa, ceruloplasmin...)   |
| Mn                  | 3 mg                 | aktivace mnoha enzymů (spec. i nespecif.)  |
| Mo                  | 0,3 mg               | xantinoxidasa, aldehydoxidasa, sulfitoxidasa   |
| Cr                  | 0,1 mg               | umožňuje působení insulínu   |
| Co                  |                      | viz vitamin $\text{B}_{12}$  |
| Se                  | 0,1 mg               | selenocystein v glutathionperoxidase (erytrocyty) a v thyroxindeiodinase, seleno methionin: zásobní forma Se |
| F                   | 1 mg/ 1 vody         | složka kostní a zubní tkáně  |
| I                   | 0,06 mg              | součást thyreoidních hormonů   |
| Ni, V, Si, As,<br>B | nepatrné stopy       | prokazatelně esenciální pro zvířata, pravděpodobně též pro člověka   |

# Biomolekuly

- Stejně jako buňky jsou stavebními kameny tkání stejně tak molekuly jsou stavebními kameny buněk.

Živočišné a rostlinné buňky obsahují přibližně 10 000 druhů molekul (biomolekuly)

Tvoří **voda** 50 - 95% buněk obsahu hmotnosti.

Ionty, jako je Na +, K + a Ca + může představovat další 1%

Téměř všechny ostatní druhy biologických molekul jsou organické (C, H, N, O, P, S)

Nekonečná rozmanitost molekul obsahují C.

Většina bio-molekuly považovány být odvozeny z uhlovodíků.

Chemické vlastnosti organických biomolekuly jsou určeny jejich funkčními skupinami. Většina bio-molekul- mají více než jednu.

---

# Biomolekuly

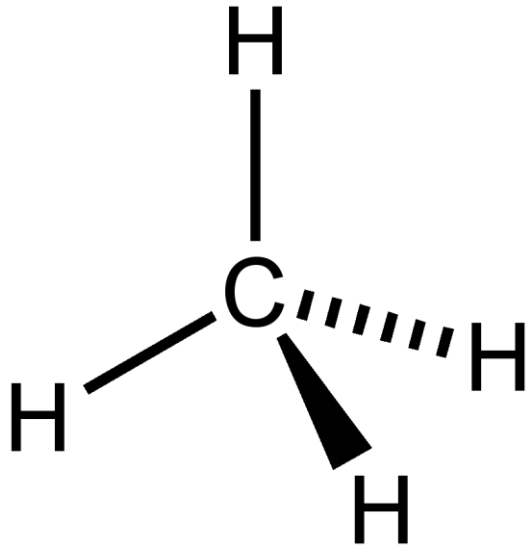
- sloučeniny C s různými funkčními skupinami

## Organická chemie

- Organická chemie se zabývá studiem sloučenin uhlíku.
- Organické sloučeniny jsou sloučeniny složené primárně z uhlíkatého skeletu.
- Vše živé je složeno z organických sloučenin.

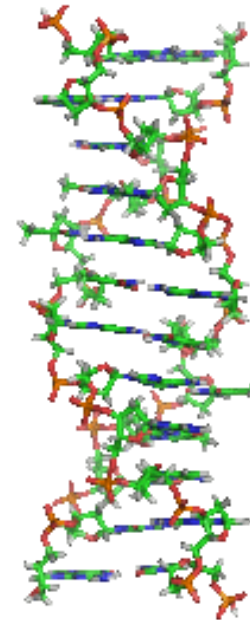


# Uhlík může tvořit rozdílné sloučeniny – od jednoduchých ke složitým



File:Methane-2D-small.png. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Methane-2D-small.png>

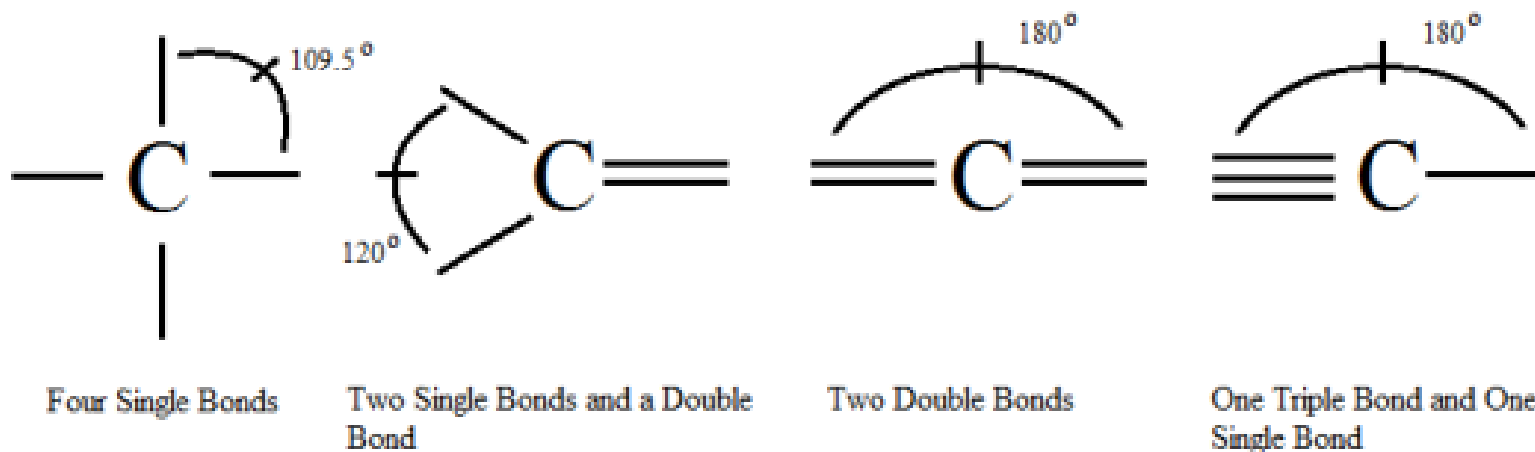
Methan s 1 uhlík. atomem



Wikipedie: Z-DNA. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Z-DNA>

DNA s desítky biliónů uhlík. atomů

# Geometrie uhlíkových vazeb



Organic chemistry. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://carbonmolecule.wordpress.com/>

# Uhlovodíky v biochemii

- Většina biomolekul jsou deriváty uhlovodíků
- Nepolární (vazebné elektrony jsou sdíleny stejnoměrně mezi atomy), ve vodě nerozpustné, hydrofobní

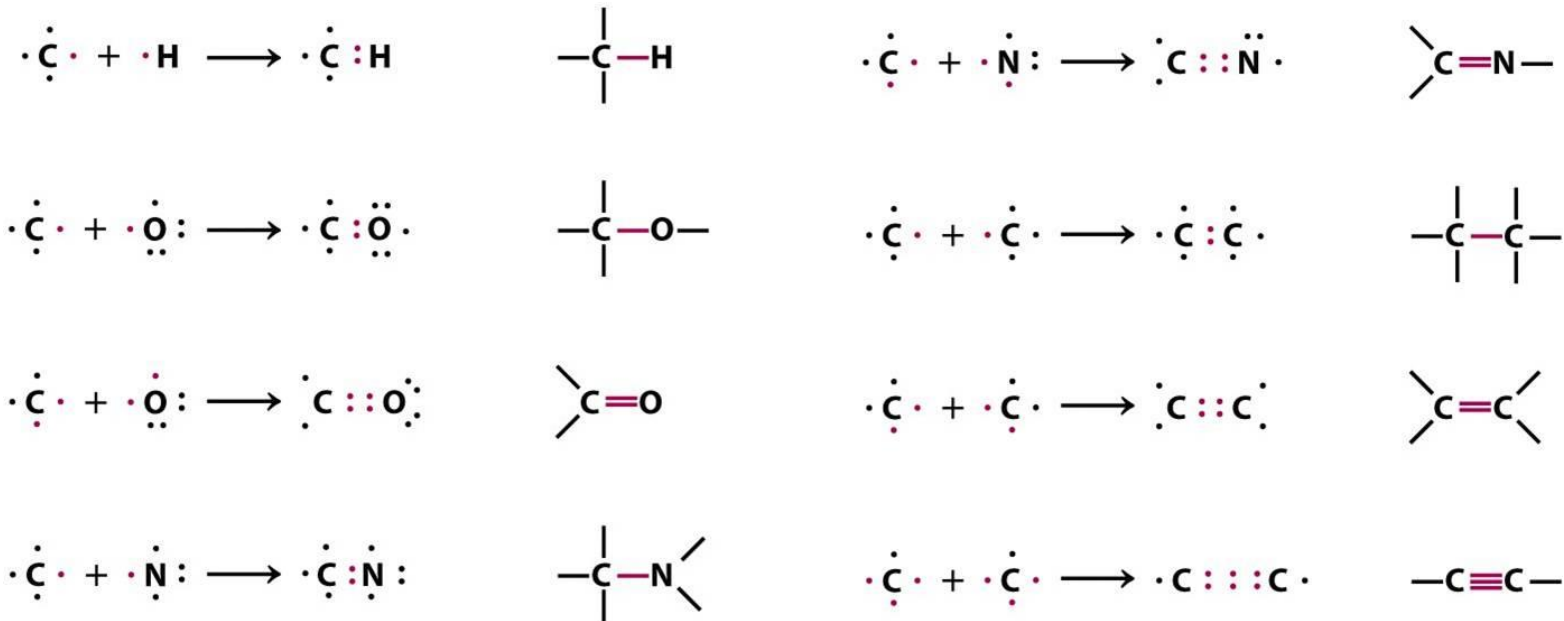


Figure 1-13

*Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition*

© 2008 W. H. Freeman and Company

Versatility of carbon bonding. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://biology-forums.com/index.php?action=gallery;sa=view;id=10760>

# Funkční skupiny bioorganických molekul

## Uhlovodíky

| Skupina | Obecný vzorec                   | Předpona | Přípona | Výskyt           |
|---------|---------------------------------|----------|---------|------------------|
| Alkyl   | R-                              | alkyl-   | -an     | Alkany           |
| Alkenyl | R-CH=CH-                        | alkenyl- | -en     | Alkeny           |
| Alkynyl | RC≡C-                           | alkynyl- | -yn     | Alkyny           |
| Fenyl   | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> - | fenyl-   | -benzen | deriváty benzenu |

## Skupiny obsahující halogen

| Skupina           | Obecný vzorec | Předpona  | Přípona          | Výskyt                           |
|-------------------|---------------|-----------|------------------|----------------------------------|
| Halogeno          | -X            | halogeno- | {alkyl}halogenid | Halogenderiváty                  |
| Fluoro            | -F            | fluoro-   | {alkyl}fluorid   | fluoderiváty                     |
| Chloro            | -Cl           | chloro-   | {alkyl}chlorid   | chloroderiváty                   |
| Bromo             | -Br           | bromo-    | {alkyl}bromid    | bromoderiváty                    |
| Jodo              | -I            | jodo-     | {alkyl}jodid     | jododeriváty                     |
| Acylohalogenidová | -C(=O)-X      |           | {acyl}halogenid  | halogenidy karboxylových kyselin |

## Skupiny obsahující kyslík

| Skupina         | Obecný vzorec | Předpona      | Přípona                  | Výskyt                        |
|-----------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|
| Hydroxylová     | -OH           | hydroxy-      | -ol                      | Alkoholy,<br>hydroxykyseliny  |
| Aldehydická     | -CH=O         | formyl-       | -al                      | Aldehydy,<br>aldehydokyseliny |
| Ketoskupina     | >C=O          | oxo- (keto-)  | -on                      | Ketony,<br>ketokyseliny       |
| Karboxylová     | -C(=O)-OH     | karboxy-      | -karboxylová<br>kyselina | karboxylové<br>kyseliny       |
| Etherová        | -O-           | {alk(an)}oxy- | {alkyl}{alkyl}ether      | Ethery                        |
| Hydroperoxidová | -O-OH         | hydroperoxy-  | {alkyl}hydroperoxid      | Organické peroxidy            |
| Peroxidová      | -O-O-         | peroxy-       | {alkyl}peroxid           | Organické peroxidy            |

## Skupiny obsahující dusík

| Skupina        | Obecný vzorec                    | Předpona         | Přípona             | Výskyt                      |
|----------------|----------------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|
| Aminoskupina   | -N<                              | amino-           | -amin               | Aminy, aminokyseliny        |
| Amidová        | -C(=O)-<br>N<                    | karboxamido-     | -amid               | Amidy karboxylových kyselin |
| Azoskupina     | -N=N-                            | azo-             | -diazen             | Azosloučeniny               |
| Imidová        | -C(=O)-<br>NH-<br>C(=O)-         | imido-           | -imid               | Imidy karboxylových kyselin |
| Iminová        | -C(=N-)-                         | imino-           | -imin               | Iminy                       |
| Nitrilová      | -C≡N                             | kyano-           | -nitril,<br>-kyanid | Nitrily                     |
| Nitroskupina   | -NO <sub>2</sub>                 | nitro-           |                     | Nitrosloučeniny             |
| Nitrososkupina | -NO                              | nitroso-         |                     | Nitrososloučeniny           |
| Pyridylová     | -C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> N | pyridin-2/3/4-yl | -pyridin            | Deriváty pyridinu           |

## Skupiny obsahující síru

| Skupina      | Obecný vzorec           | Předpona                 | Přípona             | Výskyt             |
|--------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| Sulfonylová  | $-\text{SO}_2-$         | sulfonyl-                | -sulfon             | Sulfony            |
| Sulfonová    | $-\text{SO}_3\text{H}$  | sulfo-                   | -sulfonová kyselina | Sulfonové kyseliny |
| Thioetherová | -S-                     |                          | -sulfid             | Thioethery         |
| Sulfinylová  | $-\text{S}(=\text{O})-$ | sulfinyl-                | -sulfoxid           | Sulfoxidy          |
| Sulfanylová  | -SH                     | sulfanyl-<br>(merkapto-) | -thiol              | Thioly             |



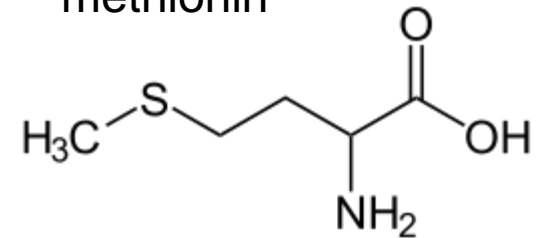
# Hlavní skupiny malých biomolekul

- AA
- Cukry
- Mastné kyseliny
- Nukleotidy

monomery

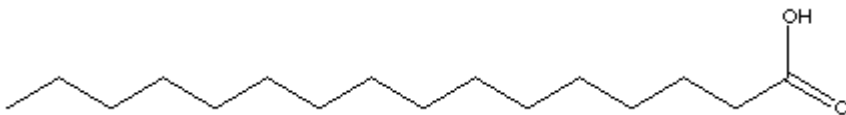
polymery

methionin



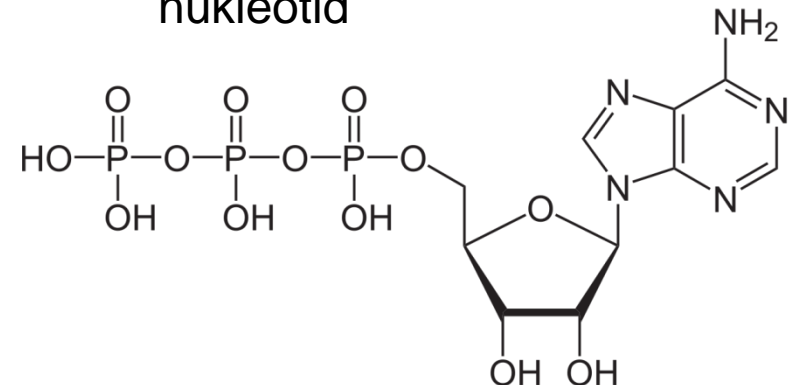
Wikipedie: Methionin. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Methionin>

kyselina palmitová



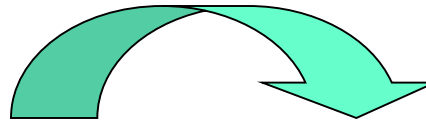
Wikipedie: Kyselina palmitová. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina\\_palmitov%C3%A1](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_palmitov%C3%A1)

nukleotid



Wikipedie: Nukleotid. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://stq.wikipedia.org/wiki/Nukleotid>

# Biomolekuly - Struktura



*Anabolické*

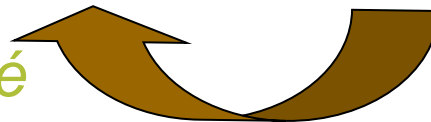
## ■ Stavební bloky

- Jednoduché cukry
- Amino kyseliny
- Nukleotidy
- Mastné kyseliny

## ■ Makromolekuly

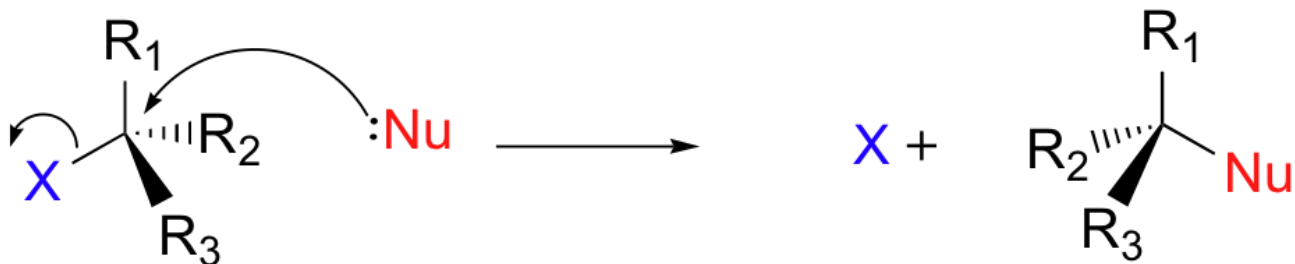
- Polysacharidy
- Proteiny (peptidy)
- RNA nebo DNA
- Lipidy

*Katabolické*



# Typy chemických reakcí v biochemických procesech

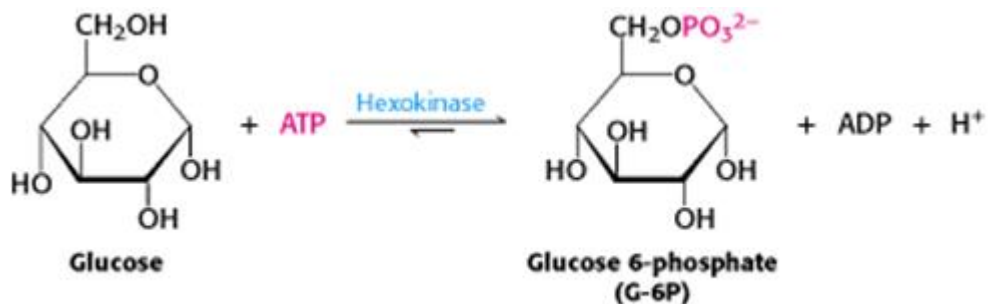
## 1) Nukleofilní substituce



Chemwiki. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z:

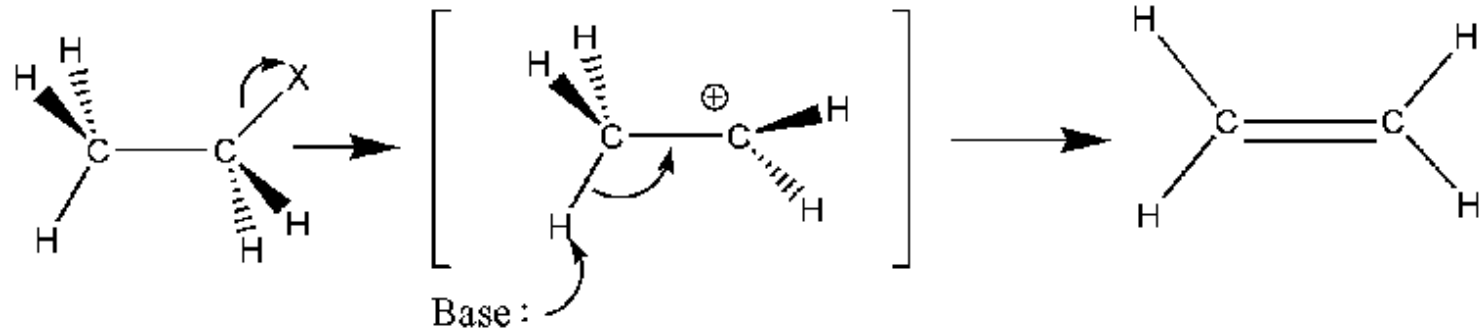
[http://chemwiki.ucdavis.edu/Organic\\_Chemistry/Organic\\_Chemistry\\_With\\_a\\_Biological\\_Emphasis/Chapter\\_8%3A\\_Nucleophilic\\_substitution\\_reactions\\_I/Section\\_8.2%3A\\_Two\\_mechanistic\\_models\\_for\\_a\\_nucleophilic\\_substitution\\_reaction](http://chemwiki.ucdavis.edu/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_With_a_Biological_Emphasis/Chapter_8%3A_Nucleophilic_substitution_reactions_I/Section_8.2%3A_Two_mechanistic_models_for_a_nucleophilic_substitution_reaction)

## Glykolýza

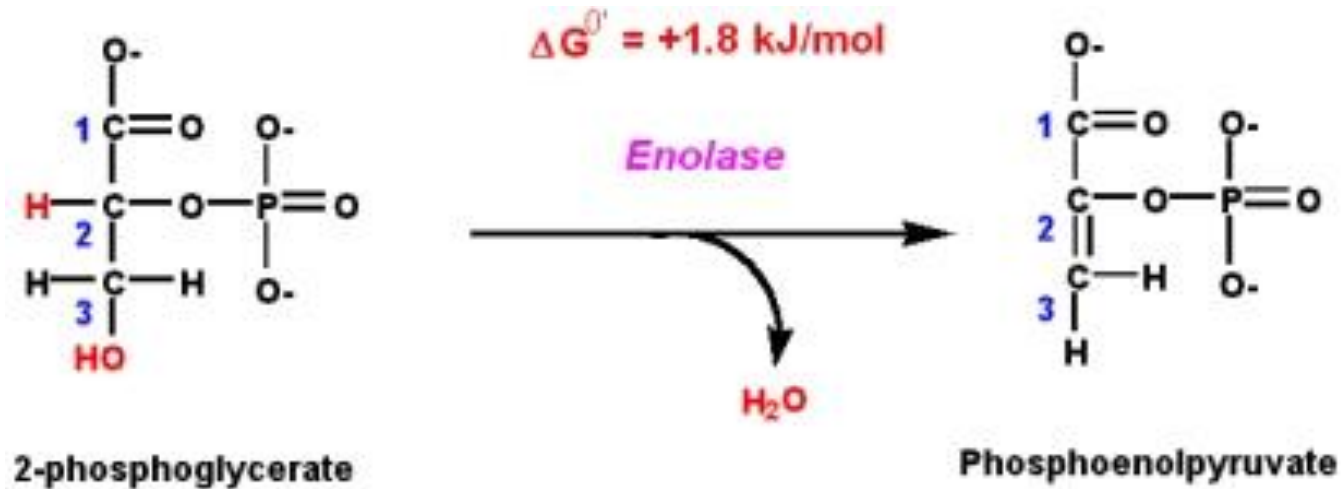


Glycolysis: Subjective Questions. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://www.namrata.co/glycolysis-subjective-questions-solved/>

# Eliminace

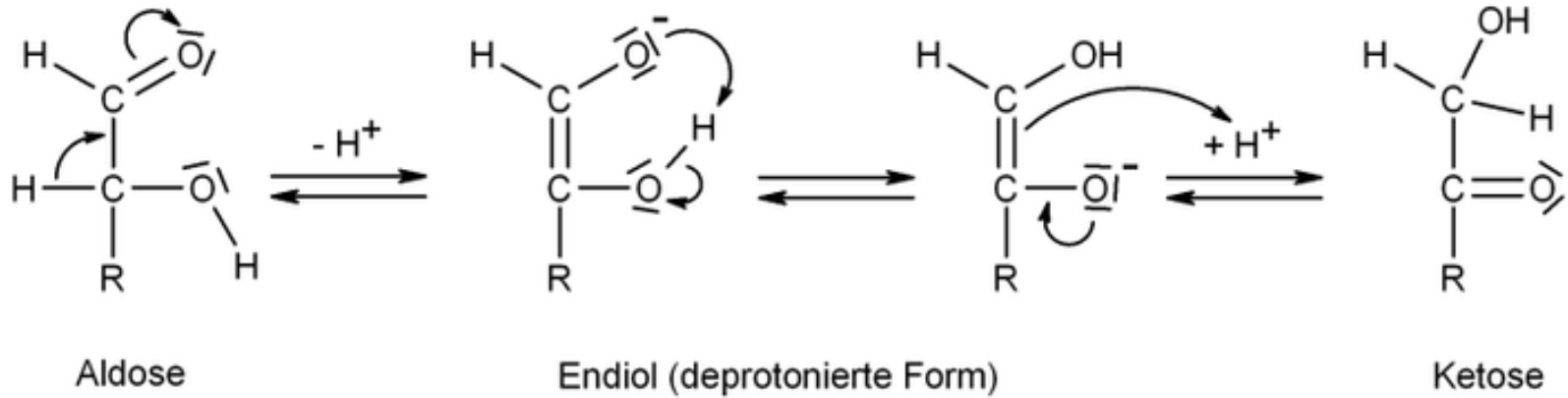


Organic Chemistry/Alkenes. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: [http://en.wikibooks.org/wiki/Organic\\_Chemistry/Alkenes](http://en.wikibooks.org/wiki/Organic_Chemistry/Alkenes)



BCH 4053 Fall 2001 template. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: <http://www.mikeblaber.org/oldwine/BCH4053/Lecture35/Lecture35.htm>

# Izomerizace

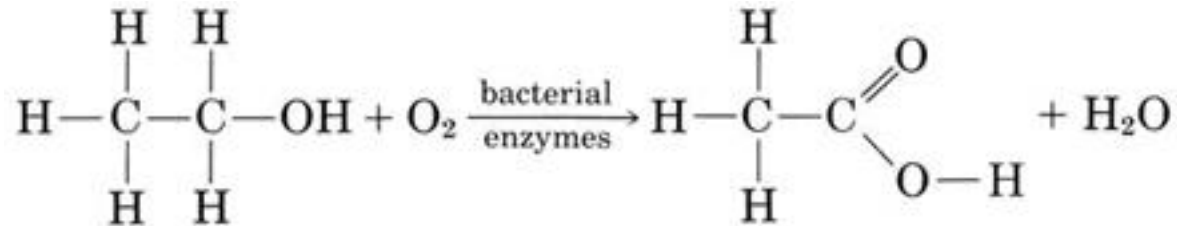


Lobry de Bruyn-van Ekenstein transformation. [online]. [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Lobry\\_de\\_Bruyn%E2%80%93van\\_Ekenstein\\_transformation](http://en.wikipedia.org/wiki/Lobry_de_Bruyn%E2%80%93van_Ekenstein_transformation)

# Oxidoredukční reakce

Oxidoredukční reakce (též nazývané redoxní) nastávají, když dochází k přenosu elektronů z donoru (redukční činidlo) na elektronový akceptor (oxidační činidlo). Redukční činidlo se poté oxiduje, oxidační činidlo se redukuje. Tyto dva procesy probíhají současně.

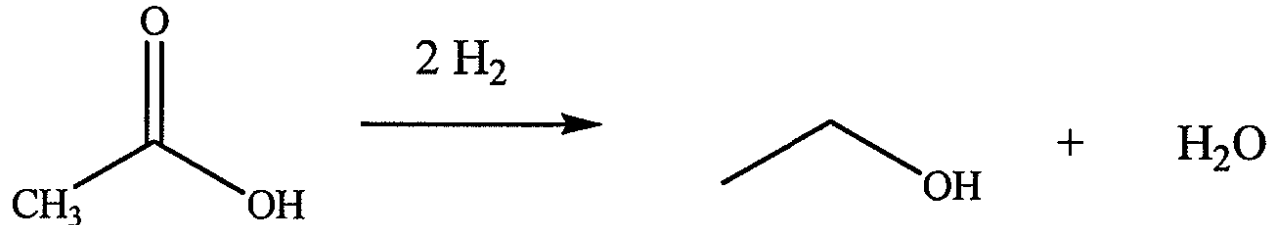
## 1. Oxidace nastává, když molekula získá kyslík nebo ztratí vodík



Varboxylic Acids: Chem Paths. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z:

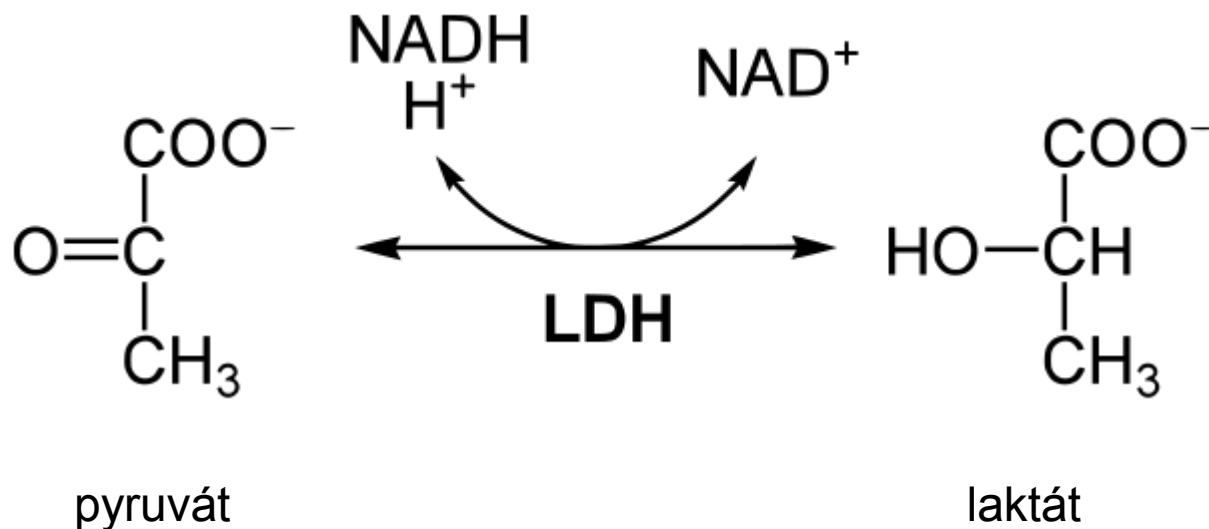
<http://chempaths.chemeddl.org/services/chempaths/?q=book/General%20Chemistry%20Textbook/Properties%20of%20Organic%20Compounds%20and%20Other%20Covalent%20Substances/1368/c>

## 2. Redukce nastává, když molekula ztratí kyslík nebo získá vodík



Patent WO 2011097193 A2. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/WO2011097193A2?cl=en>

### 3. V biologických reakcích jsou přenášeny elektrony, ale stejně tak i NAD<sup>+</sup> (nikotinamidadenin dinukleotid)



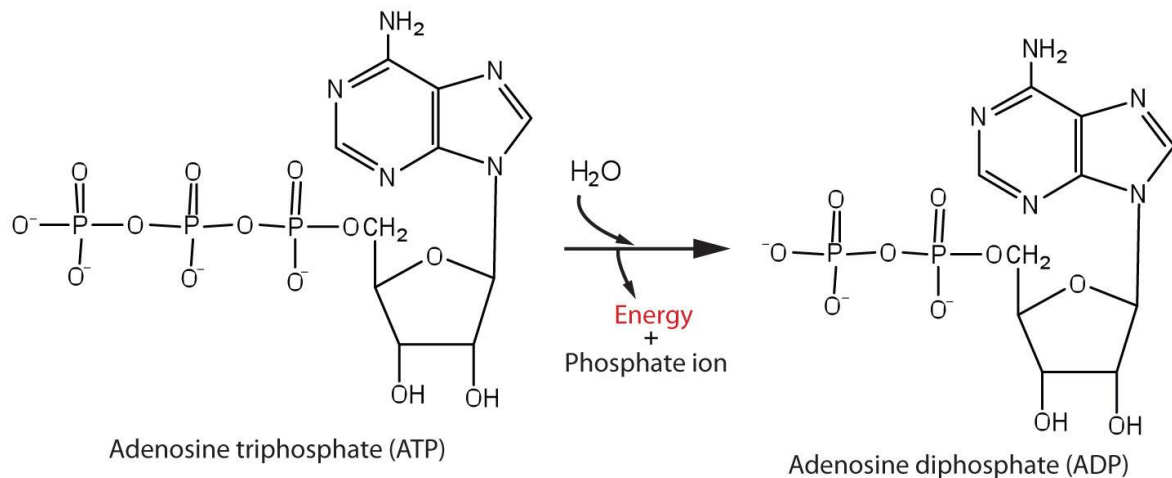
WikiSkripta: Glykolýza. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Glykol%C3%BDza>

# Hydrolytické reakce

**Hydrolyza je štěpení kovalentní vazby vodou.** Hydrolytické reakce mohou být katalyzovány **kyselinou nebo zásadou**. Např. proteiny jsou štěpeny v žaludku kyselé katalyzovanou reakcí nebo štěpení fosfátové vazby ATP - energie získaná touto reakcí je využita k řízení mnoha buněčných procesů.



Organická Chemie: Karboxylové kyseliny a jejich deriváty. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.mojechemie.cz/Organick%C3%A1%20Chemie:Karboxylov%C3%A9%20kyseliny%20a%20jejich%20deriv%C3%A1ty>



ATP—the Universal Energy Currency. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://2012books.lardbucket.org/books/introduction-to-chemistry-general-organic-and-biological/s23-01-atp-the-universal-energy-curre.html>



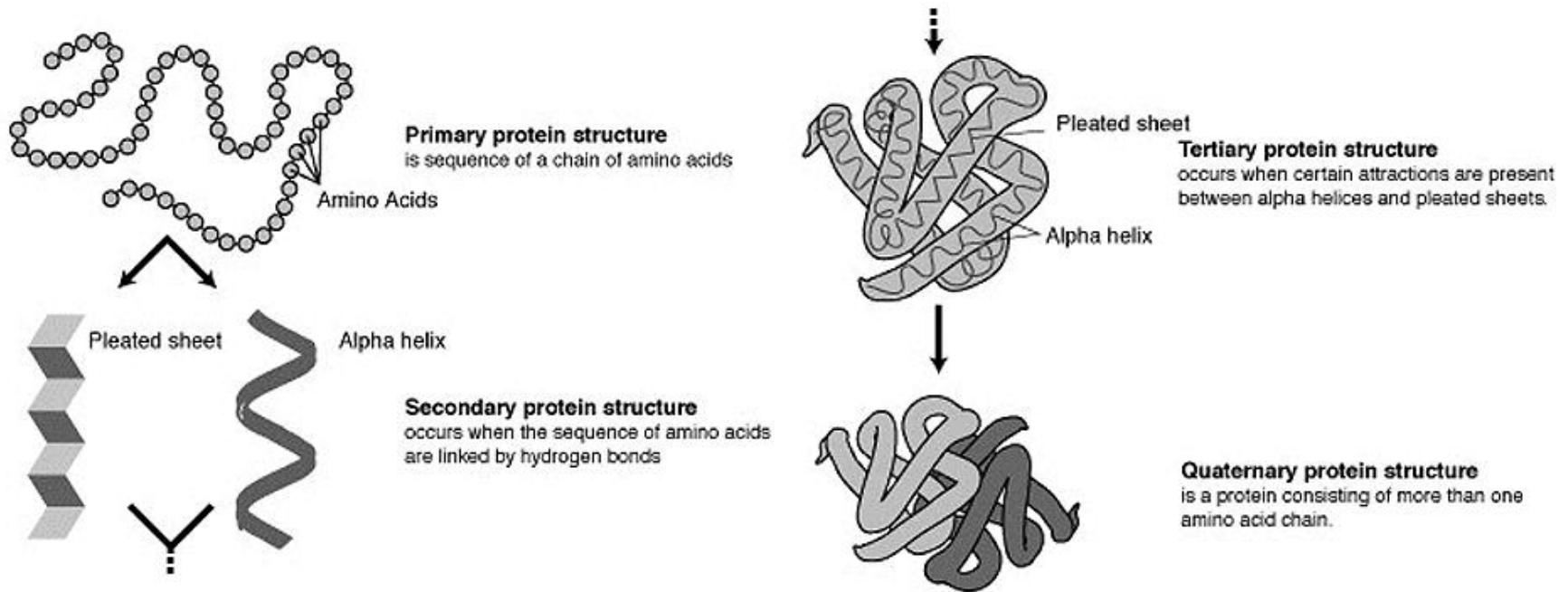
# Nevazebné interakce

- Soudržnost buňky a jejich kompartmentů, interakce mezi jednotlivými molekulami navzájem (např. interakce mezi molekulami a receptory, molekulami a enzymy apod.) a podobné interakce jsou založeny na **existenci nevazebných interakcí**.
- Nejdůležitějšími nevazebnými interakcemi jsou:
  - **vodíkové můstky**
  - **elektrostatické interakce**
  - **hydrofobní interakce**
- Jejich hlavní uplatnění v různých situacích vystihuje následující tabulka:

**Tabulka 5 - Nevazebné interakce v buňce**

| Struktura/system               | Převažující typ nevazebné interakce             |
|--------------------------------|---|
| Proteiny: sekundární struktura | vodíkové můstky                                 |
| Proteiny: terciární struktura  | hydrofobní interakce, elektrostatické interakce |
| Proteiny: kvartérní struktura  | elektrostatické interakce                       |
| DNA                            | vodíkové můstky                                 |
| Fosfolipidová dvojvrstva       | hydrofobní interakce                            |
| Vazba enzym-substrát           | elektrostatické interakce                       |
| vazba protilátka-antigen       | elektrostatické interakce                       |

# Struktura proteinu



## Popis

Aminokyselínová sekvence

Šroubovice nebo listy

Disulfidické můstky

Spojení více polypeptidů

# LÁTKOVÉ SLOŽENÍ ŽIVÝCH ORGANISMŮ

| Složka  | Obsah                             | Funkce   |
|---|-----------------------------------|--|
| voda  | 60 - 90%                          | hydrolysa, hydratace                                   |
| bílkoviny   | 50 - 80% sušiny                   | stavební, transportní, katalytická, regulační, obranná |
| nukleové kyseliny   | 1 - 15%                           | uchování a přenos genet. informace                     |
| sacharidy   | 1% (živ.)<br>85 - 90% (rostl.)    | zásobní, stavební                                      |
| lipidy  | 0,5 - 16%                         | zásobní, stavební (biomembrány)                        |
| produkty a meziprodukty   | konc. $10^{-3}$ - $10^{-5}$ mol/l |  |
| anorg. sloučeniny<br>(hlavní ionty: $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ ) | > 5%                              | regulátory fyzikálně chemických poměrů, pH, iont. síla |

# Látkové složení živých organismů

| Látka                 | Rel.mol.<br>hmotnost    | Zastoupení (g/100 g organismu) |          |          | Počet druhů<br>molekul v bakterii |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|
|                       |                         | člověk                         | rostlina | bakterie |                                   |
| voda                  | 18                      | 60                             | 75       | 70       | 1                                 |
| bílkoviny             | $10^4$ - $10^6$         | 18                             | 4        | 15       | 3 000                             |
| DNA                   | $>10^6$                 | <1                             | <1       | 1        | 1                                 |
| RNA                   | $4 \cdot 10^4$ - $10^6$ | 1,5                            | 1        | 6        | 1 000                             |
| sacharidy             | $10^2$ - $10^6$         | 0,5                            | 16       | 2        | 250                               |
| lipidy                | 750-1 500               | 16                             | 1        | 2        | 50                                |
| ostatní org.<br>látky | 100-500                 | 1                              | 1        | 2        | 500                               |
| anorg. látky          | asi 60                  | 3                              | 2        | 1        | 15-20 <sup>68</sup>               |

# Voda

- 60 až 90 procent organismu je voda

**Voda se používá  
v mnoha reakcích  
v těle**

**Voda se nazývá  
univerzální  
rozpuštědlo**



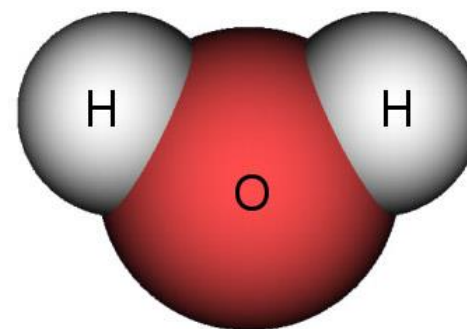
# H<sub>2</sub>O – prostředí pro život

- unikátní chemické a fyzikální vlastnosti

Většina biologických interakcí se odehrává ve H<sub>2</sub>O

Důležité vlastnosti H<sub>2</sub>O:

1. H<sub>2</sub>O je vysoce polární molekula (rozdíl elektronegativity O a H, Současně až 4 vodíkové můstky 2 donor, 2 akceptor)
2. H<sub>2</sub>O je vysoce kohezivní



Kyslík je více elektronegativní než vodík  
- DIPÓL (v elektrickém poli)

## ÚLOHA VODY V ŽIVÝCH ORGANISMECH

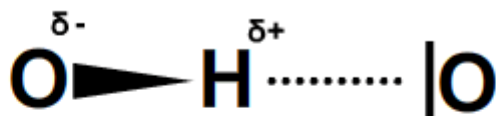
- 60 – 70% váhy živých organismů
- prostředí v němž probíhají všechny procesy
- reaktant nebo produkt řady reakcí
- fotolytické štěpení vody
- hlavní složka vnitřního prostředí buněk

### Homeostáza

# Vodíková vazba (můstek)- slabé interakce

1. Velmi rozdílné elektronegativity H a O dělají vodu velmi polární molekulou, **schopnou vytvářet vodíkové vazby se sebou a s rozpuštěnými látkami.**

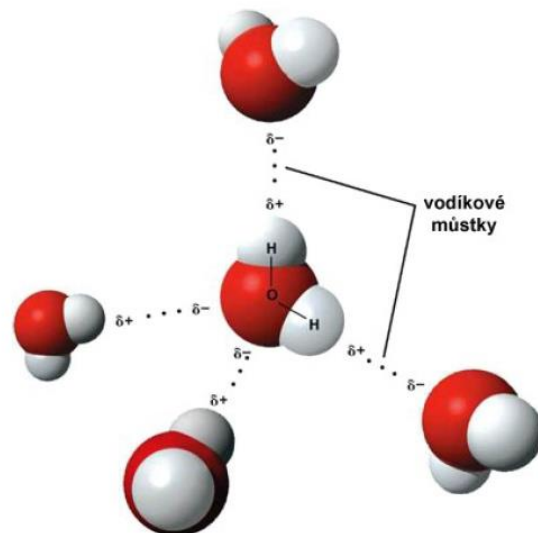
Vodíková vazba



Vazebný elektronový pár je do té míry posunut k atomu kyslíku, že atom vodíku může vytvořit vazbu s volným elektronovým párem dalšího atomu.



Podobně tento jev pozorujeme u vazby vodíku s dusíkem a fluorem.



Vodíkové vazby jsou delší a slabší než kovalentní O, OH vazby.

Slabé vazebné interakce. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://chemvazba.moxo.cz/Lekce/lekce9.html>

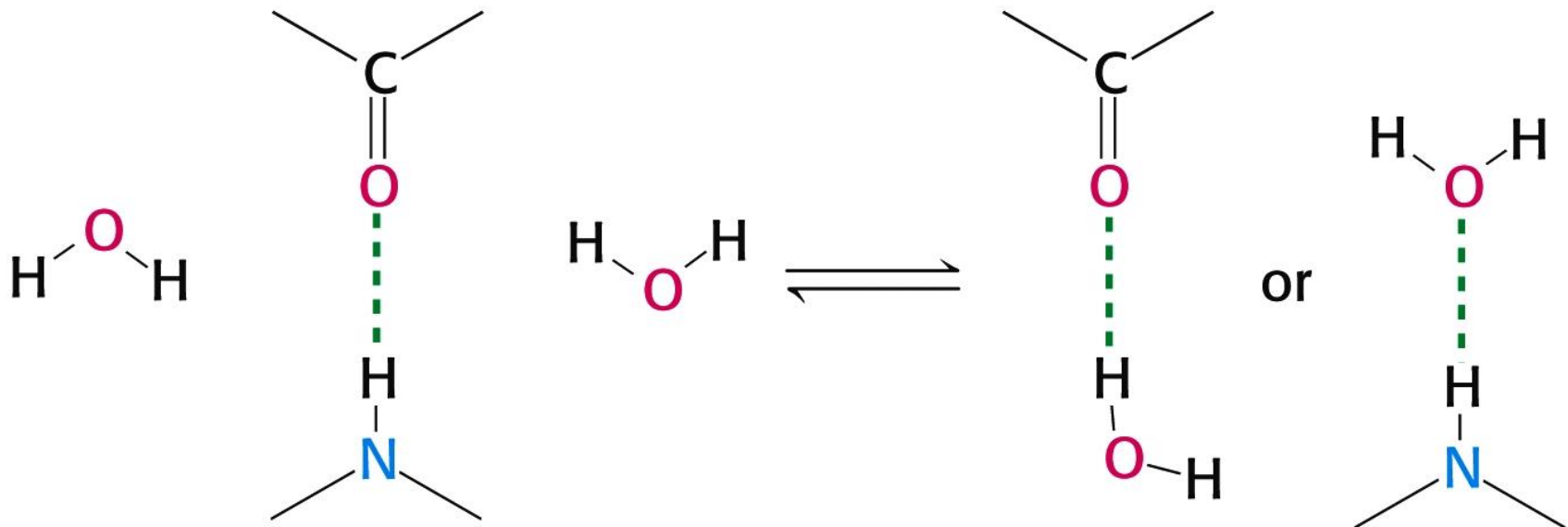
Termodynamika. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: [http://fikus.omsk.cz/~bojkovsm/termodynamika/vodikova\\_vazba.html](http://fikus.omsk.cz/~bojkovsm/termodynamika/vodikova_vazba.html)



# Voda ovlivňuje slabé interakce – ovlivňuje interakce biomolekul

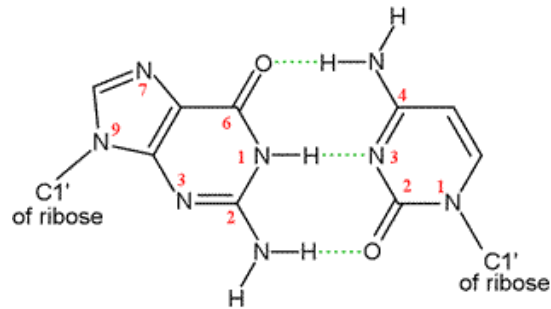
Voda se účastní elektrostatických interakcí

Voda je výborné rozpouštědlo pro polární látky

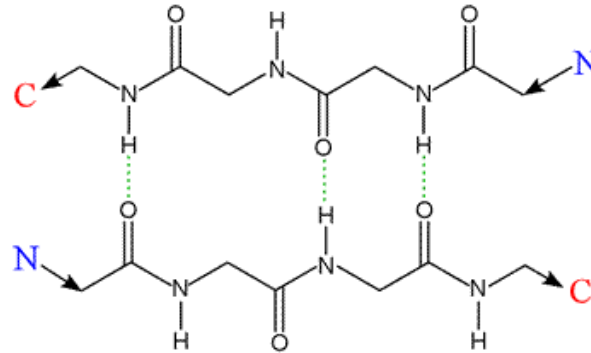


- Vodíkové vazby jsou krátkodobé, především elektrostatické, slabší než vazby kovalentní.

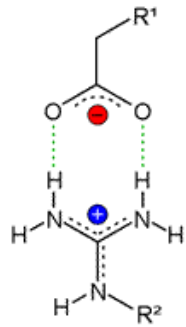
(a) G-C base pair



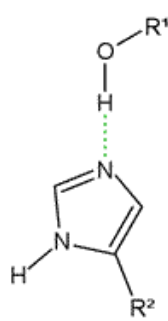
(b) antiparallel polypeptide chains



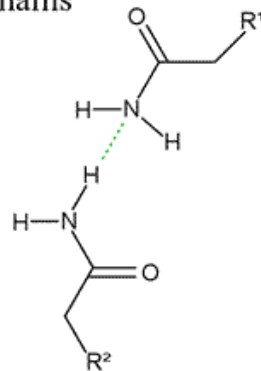
(c) amino acid side chains



(i)

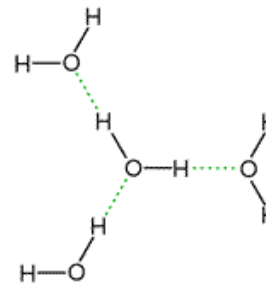


(ii)



(iii)

(d) water molecule networks

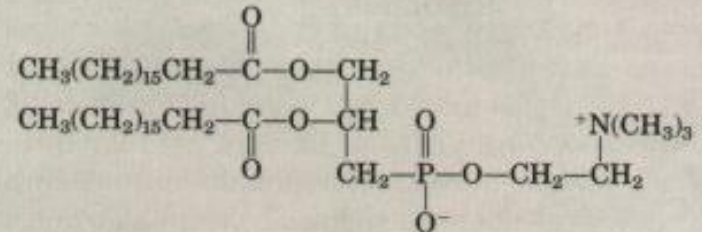
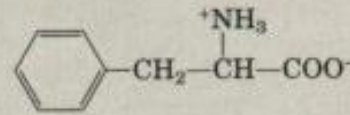
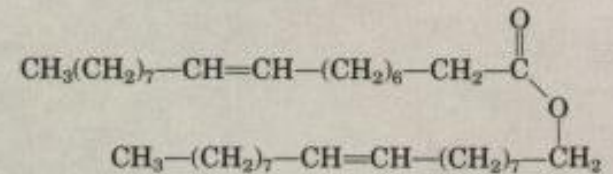
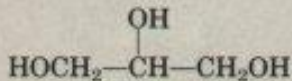
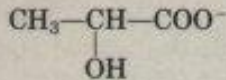
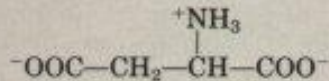
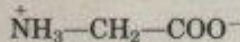
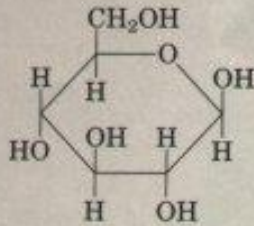


Biochemistry Dictionary. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z:

[http://guweb2.gonzaga.edu/faculty/cronk/biochem/H-index.cfm?definition=hydrogen\\_bond](http://guweb2.gonzaga.edu/faculty/cronk/biochem/H-index.cfm?definition=hydrogen_bond)

**Table 4–2** Some examples of polar, nonpolar, and amphipathic biomolecules

| Biomolecule         | Ionic form at pH 7  |
|---------------------|---|
| <i>Polar</i>        |   |
| Glucose             |    |
| Glycine             | $\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3\text{—CH}_2\text{—COO}^-$  |
| Aspartic acid       | $\text{—OOC—CH}_2\text{—}\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3\text{—CH—COO}^-$   |
| Lactic acid         | $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—COO}^-$   |
| Glycerol            | $\text{HOCH}_2\text{—CH(OH)—CH}_2\text{OH}$   |
| <i>Nonpolar</i>     |   |
| Typical wax         | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{—CH=CH—}(\text{CH}_2)_6\text{—CH}_2\text{—C(=O)—O—CH}_2\text{—}(\text{CH}_2)_7\text{—CH}_3$  |
| <i>Amphipathic</i>  |   |
| Phenylalanine       | $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_2\text{—}\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3\text{—CH—COO}^-$   |
| Phosphatidylcholine | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_2\text{—C(=O)—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C(=O)—O—CH—CH}_2\text{—P(=O)(O}^-\text{)—O—CH}_2\text{—}\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$ |



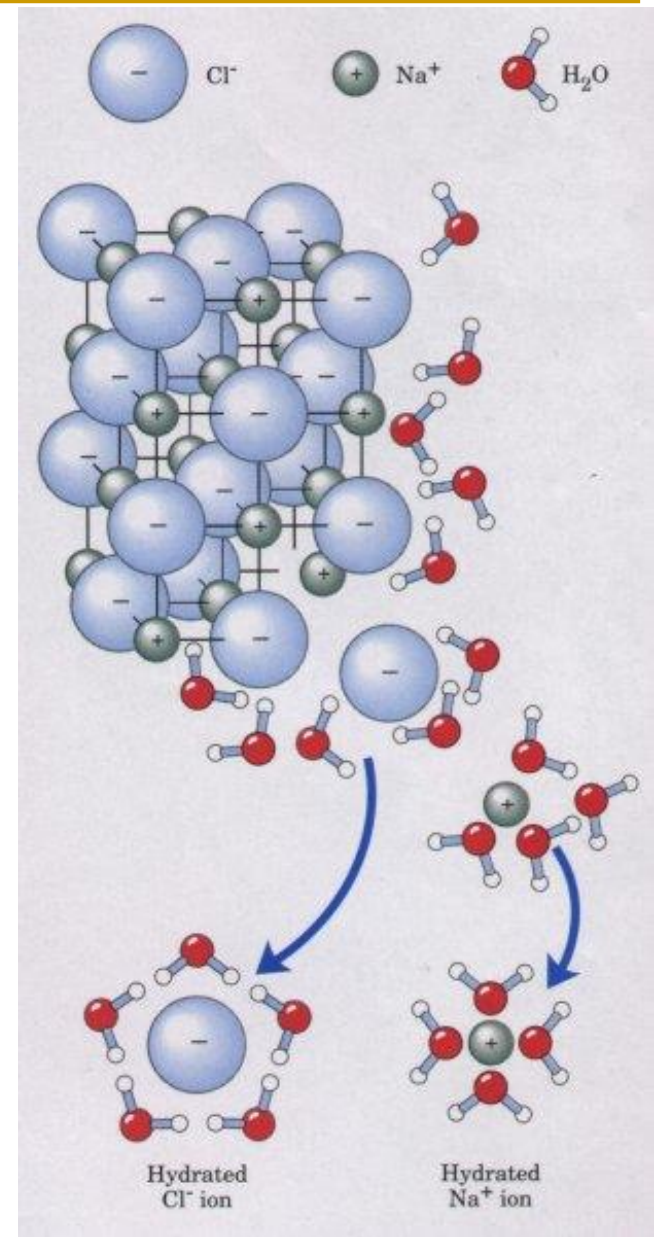
Polární

Nepolární - molekuly

Amfipatické

# Voda jako rozpouštědlo

- Voda je dobré rozpouštědlo (hydrofilních) rozpuštěných látek, se kterými vytváří vodíkové vazby, a pro nabité rozpuštěné látky, se kterými reaguje elektrostaticky.



Chapter 4: Water: Its Effect on Dissolved Biomolecules. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.bioinfo.org.cn/book/biochemistry/chapt04/sim1.htm>

# Amfipatické sloučeniny ve vodných roztocích

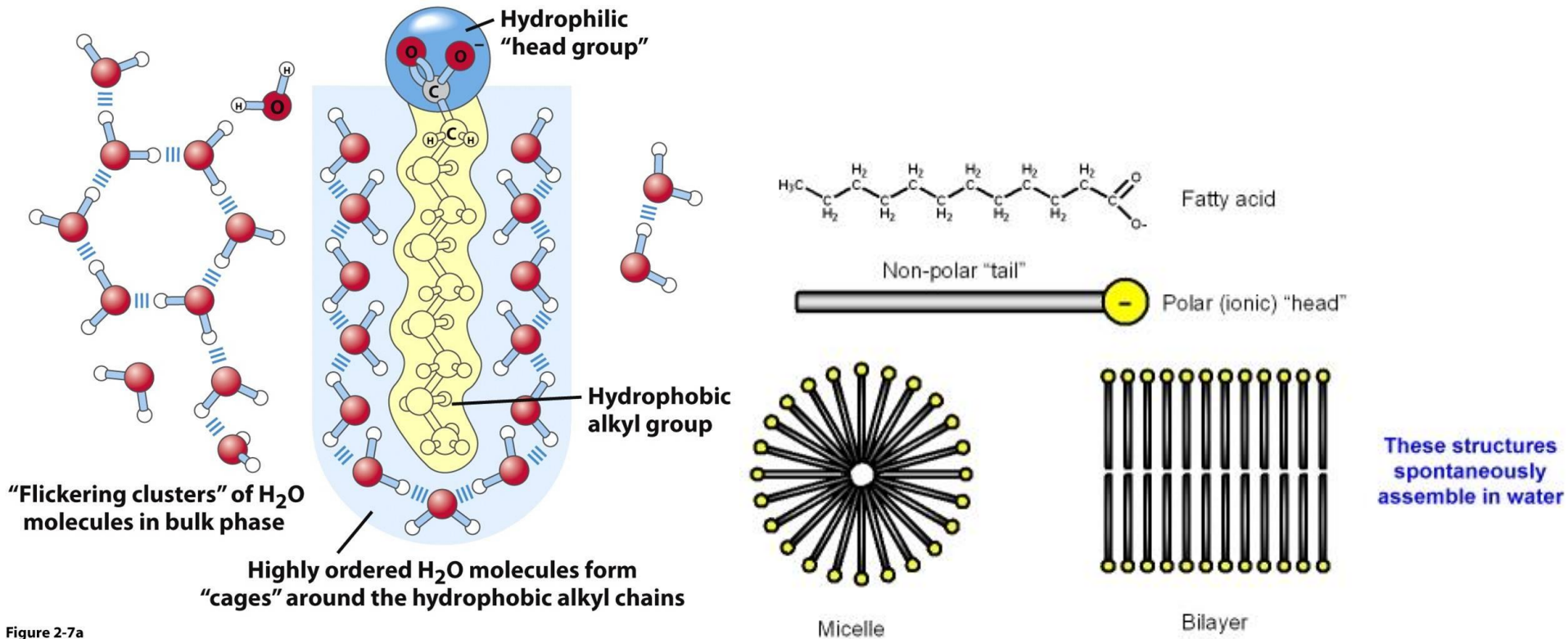
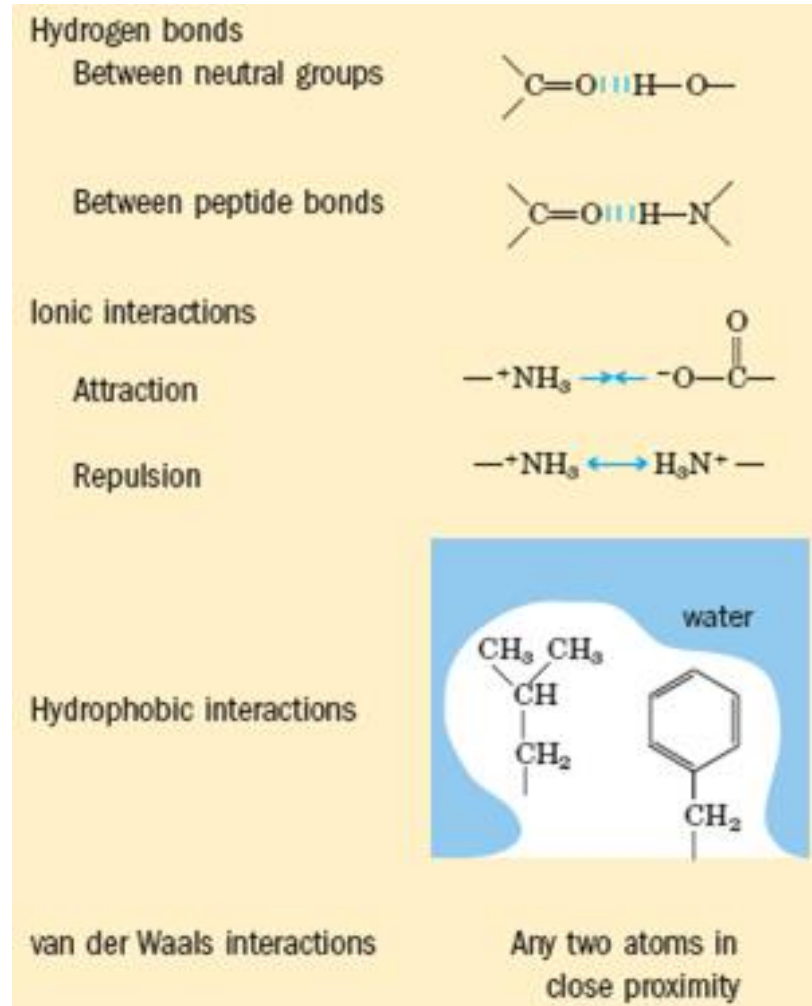


Figure 2-7a  
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition  
© 2008 W. H. Freeman and Company

Amphipathic compounds in aqueous solution. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://biology-forums.com/index.php?action=gallery;sa=view;id=10801>

BCH 4053 Biochemistry I. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.mikeblaber.org/oldwine/BCH4053/Lecture03/Lecture03.htm>

# Slabé interakce jsou klíčové pro strukturu a funkci makromolekul



Noncovalent interactions. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: [http://www.biologyexams4u.com/2013/07/noncovalent-interactions.html#.U\\_mQmGMQP9o](http://www.biologyexams4u.com/2013/07/noncovalent-interactions.html#.U_mQmGMQP9o)

# Ionizace vody

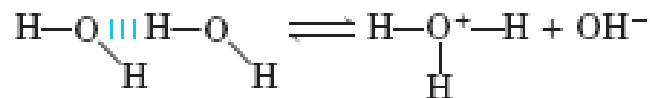
- Molekuly vody mají limitovanou kapacitu ionizovat- tvořit ionty  $H^+$  a  $OH^-$
- Voda a  $H^+$  vytváří v  $H_3O^+$

## Pure Water Is Slightly Ionized

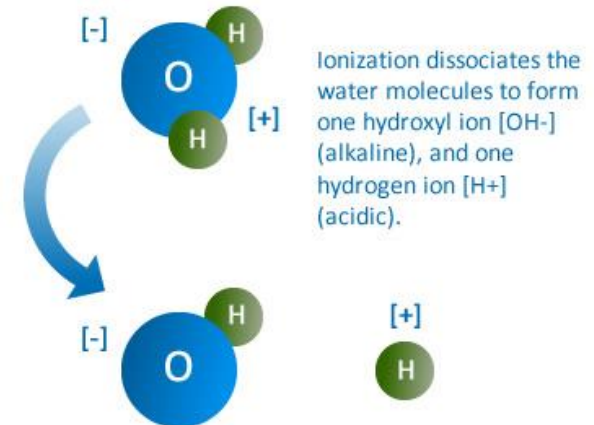
Water molecules have a slight tendency to undergo reversible ionization to yield a hydrogen ion (a proton) and a hydroxide ion, giving the equilibrium



Although we commonly show the dissociation product of water as  $H^+$ , free protons do not exist in solution; hydrogen ions formed in water are immediately hydrated to **hydronium ions** ( $H_3O^+$ ). Hydrogen bonding between water molecules makes the hydration of dissociating protons virtually instantaneous:



## How Ionized Water is Made

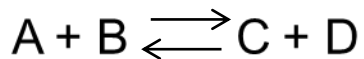


Ionic product of water. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://www.askiitians.com/iit-jee-chemistry/physical-chemistry/ionic-product-of-water.aspx>

# Ionizace vody je vyjádřena rovnovážnou konstantou

Rovnováha chemických reakcí je dána rovnovážnou konstantou K.

Všeobecná reakce:



A, B – koncentrace reaktantů

C, D – koncentrace produktů

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

Stupeň ionizace při rovnováze je malý, při 25 °C jenom 2 z 10<sup>9</sup> molekul jsou ionizovány. Rovnovážná konstanta ionizace vody:

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$



Vzhledem k nízkému počtu disociovaných molekul lze napsat:

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

po dosazení

$$K_V = 1,0 \cdot 10^{-7} \cdot 1,0 \cdot 10^{-7} = 1,0 \cdot 10^{-14}$$

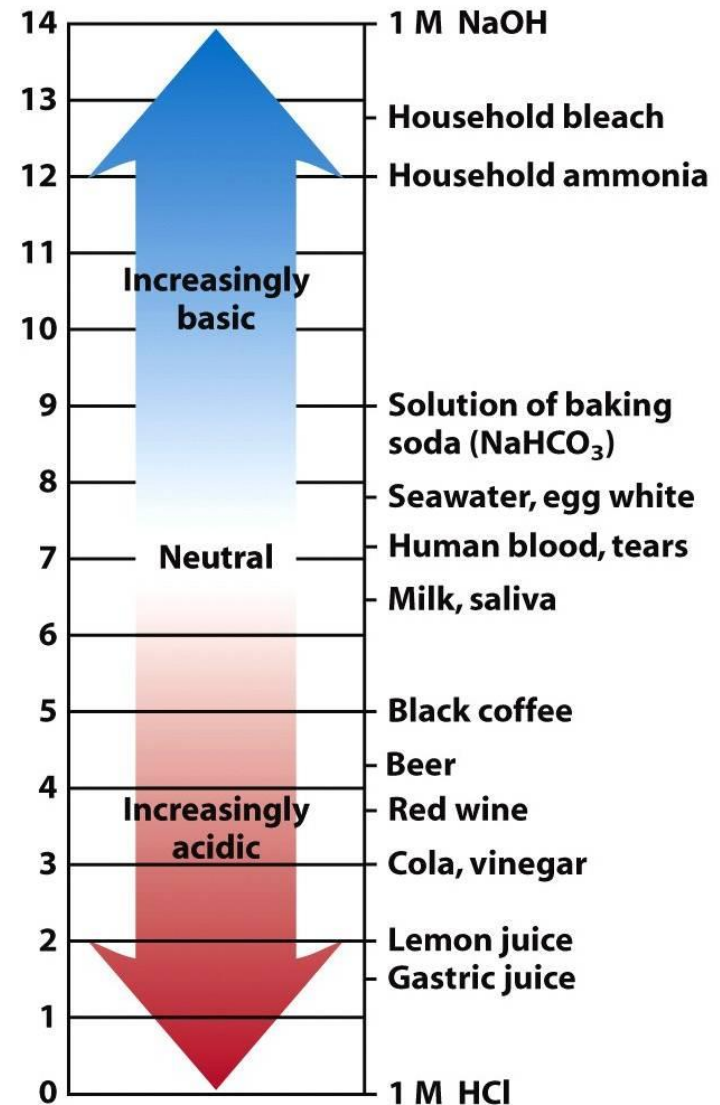
Neutrální pH 7

Hodnota iontového součinu vody je za standardních podmínek konstantní  $K_V = 1,0 \times 10^{-14}$ . Pokud jsou stejné koncentrace  $H^+$  a  $OH^-$ , jako v čisté vodě, roztok má neutrální pH.

pH

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

# pH některých kapalin



**Figure 2-14**  
*Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition*  
© 2008 W. H. Freeman and Company

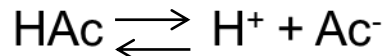
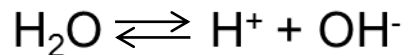
The pH of some aqueous fluid. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://biology-forums.com/index.php?action=gallery;sa=view;id=10809>

# Slabé kyseliny a zásady mají charakteristické disociační konstanty

Hodnota  $pK_a$  je analogická k pH a je definována rovnicí:

$$pK_a = \log \frac{1}{K_a} = -\log K_a$$

Kyseliny mají nižší hodnotu  $pK_a$  než baze.



Rovnováha musí současně odpovídat rovnovážným konstantám.

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

$$K_a \frac{[H_3O^+][Ac^-]}{[HAc]} = 1,74 \cdot 10^5$$

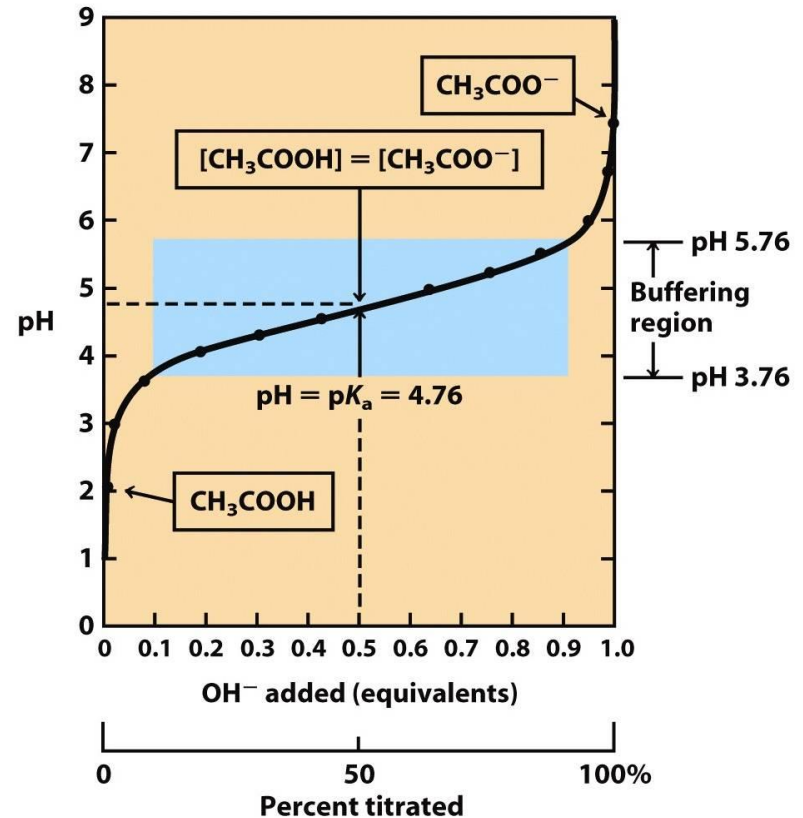


Figure 2-16  
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition  
© 2008 W. H. Freeman and Company

The titration curve of acetic acid. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://biology-forums.com/index.php?action=gallery;sa=view;id=10811>

# Pufrovací systémy

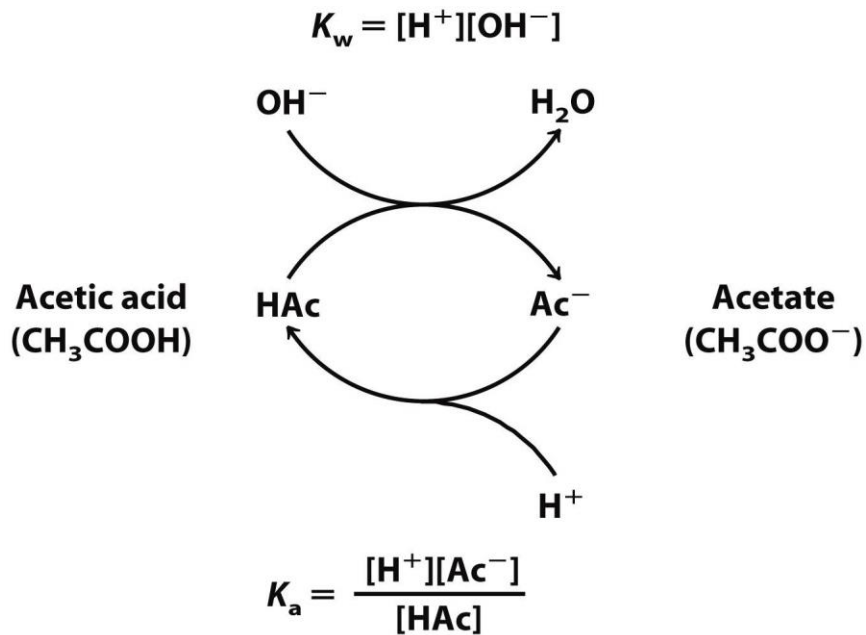
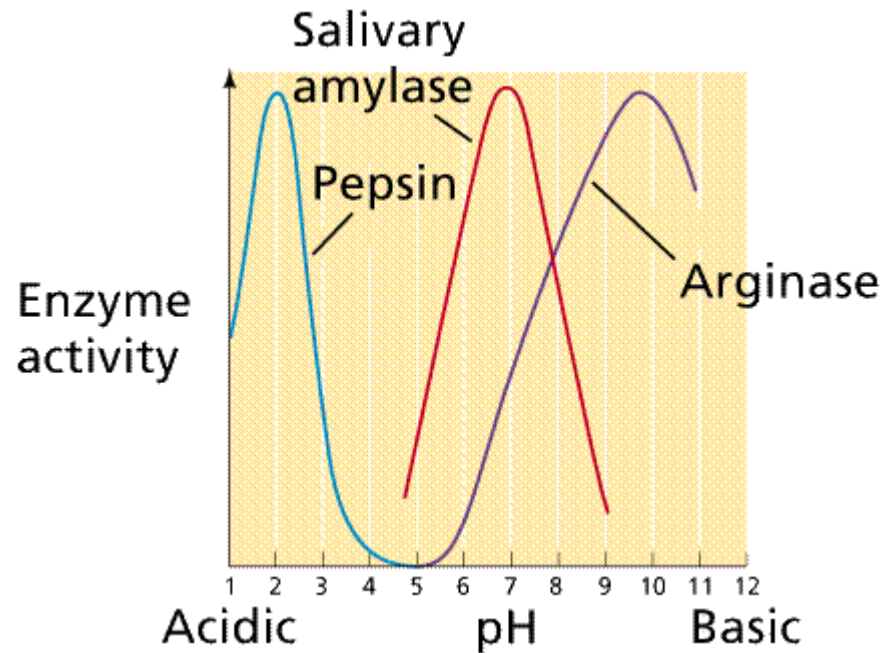


Figure 2-18  
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition  
© 2008 W. H. Freeman and Company



The acetic acid-acetate pair as a buffer system. [online]. [cit. 2014-08-24]. Dostupné z: <http://biology-forums.com/index.php?action=gallery;sa=view;id=10813>

3.1 Enzymes. [online]. [cit. 2014-08-29]. Dostupné z: <http://acceleratedstudynotes.wordpress.com/2011/12/30/3-1-enzymes/>

V krevní plazmě je rovnováha zajišťována bikarbonátovým systémem, sestávajícím z kyseliny uhličitě (protonový donor) a uhličitanu (protonový akceptor).



$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

Pufrovací systém je komplexnější než jiné konjugované páry kyselina-baze, protože kyselina uhličitá může být tvořena vratnou reakcí rozpuštěného oxidu uhličitého (d) a vody:



$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2(\text{d})][\text{H}_2\text{O}]}$$

Koncentrace oxidu uhličitého (d) je dána rovnováhou s plynnou formou (g):



$$K_3 = \frac{[\text{CO}_2(\text{d})]}{[\text{CO}_2(\text{g})]}$$

# Shrnutí klíčových pojmů

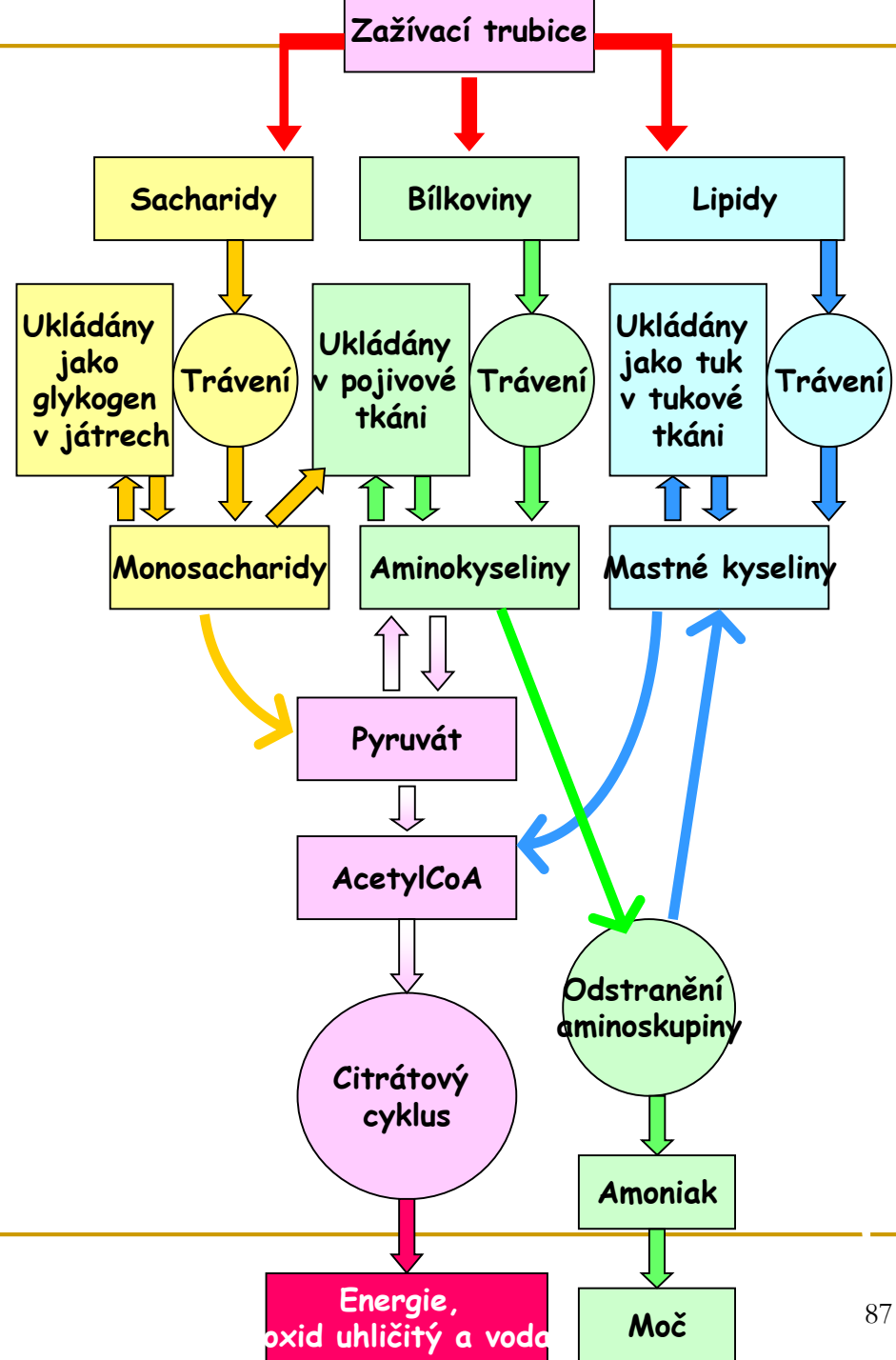
- **Metabolismus:** celková suma chemické reakce se děje v živém organismu (vysoce koordinovaný a cílevědomá činnost)  
Anabolism- energie vyžadující biosyntetických drah  
Katabolism- degradace molekul paliva a produkce energie pro buněčné funkce

**Všechny reakce jsou katalyzované enzymy**

**Primární funkce metabolismu jsou:**

- a. získávání a využívání energie
- b. Syntéza molekul potřebných pro buněčné struktury a fungující (tj proteiny, nukleové kyseliny, lipidy, a CHO
- c. Odstranění odpadu

# Schéma metabolismu



# NEZkreslená věda

- Popularizačně-vzdělávací cyklus Akademie věd České republiky. Krátká animovaná videa tematicky zaměřená na vědu a poznání edukační a zábavnou formou přibližují zajímavé jevy z vědní oblasti (nejen) studentům a pedagogům středních škol. První 10dílná série NEZkreslené vědy vznikla v roce 2014. Četné pozitivní ohlasy od pedagogů a studentů středních škol a gymnázií byly motivací pro vznik neméně úspěšné série z roku 2015 NEZkreslená věda II a série z roku 2016 NEZkreslená věda III. Ve 30 tematicky zaměřených dílech se diváci dozví Co je to lék, Kde je hranice nanosvětla, Jak vznikl vesmír, O viru HIV a nemoci AIDS, O vývoji člověka, O tajemství mikrosvětla, Jak funguje naše imunita, Jak funguje jaderná elektrárna, O tlaku a síle kolem nás, Když onemocní buňky, Co je to fotosyntéza?, Plasty kolem nás, Radioaktivita, Vodí – nevodí polovodič?, Periodické společenství prvků, Co je atom?, Jak vzniká zemětřesení, Proteosyntéza – od DNA k proteinu, Jak funguje počítač?, Finanční gramotnost, Dějiny peněz, Co je to světlo?, O bateriích, Genetika, Metabolismus – o přeměně látek, Kdo řídí lidské tělo?, O teorii relativity, Co je to ropa?, Jak funguje elektromotor a Co je to diamant? Všemi díly provází nezaměnitelný komentář Pavla Lišky. Naším cílem je, aby videa z cyklu NEZkreslená věda měla smysl, a DVD se nestalo jedním z mnoha uložených ve (školní) knihovně.
- [https://www.youtube.com/watch?v=TMnX76S IKDY&list=PLqmy0o96fQtBXBy\\_MXNdQ7a9gcyLmHqT&index=6](https://www.youtube.com/watch?v=TMnX76S IKDY&list=PLqmy0o96fQtBXBy_MXNdQ7a9gcyLmHqT&index=6)



- 
- Živé buňky jsou ze své podstaty nestabilní.

Konstantní tok energie jim brání stát se neorganizovanými.

Buňky získává energii především oxidací biomolekul (e-převádí z 1 molekuly na druhou, a přitom ztrácejí energii)

Tato energie je lapena v buňce a slouží k udržení vysoce organizovanou buněčnou strukturu a funkce.

---

- 
- I přesto, že tisíce metabolických cest znít velmi složitě pro malou buňku:
    - typy metabolických cest je málo
    - mechanismy biochemických procesů jsou jednoduché
    - reakcí se zásadním významem (pro výrobu energie a syntézy a degradace hlavních složek buňky) je relativně málo
-