

Chemické složení buňky

doc. RNDr. Jana Horáková, Ph.D.

27.2.2024

Osnova přednášky

- Anorganické, organické látky vyskytující se v živých organismech
- Monosacharidy → polysacharidy
- Mastné kyseliny → lipidy
- Aminokyseliny → bílkoviny
- Nukleotidy → nukleové kyseliny
- Expres genetiké informace

Chemické složení buňky

= chemie života

- Založena na sloučeninách uhlíku = organická chemie
- Chemické reakce probíhají ve vodném roztoku při 37°C v úzkém rozmezí pH
- Složité chemické reakce odehrávající se v jedné buňce (biochemie)
- Řízení pomocí makromolekul (bílkovin)

Metabolic Metro Map

Carbohydrate Metabolism

Photosynthesis

Cellular Respiration

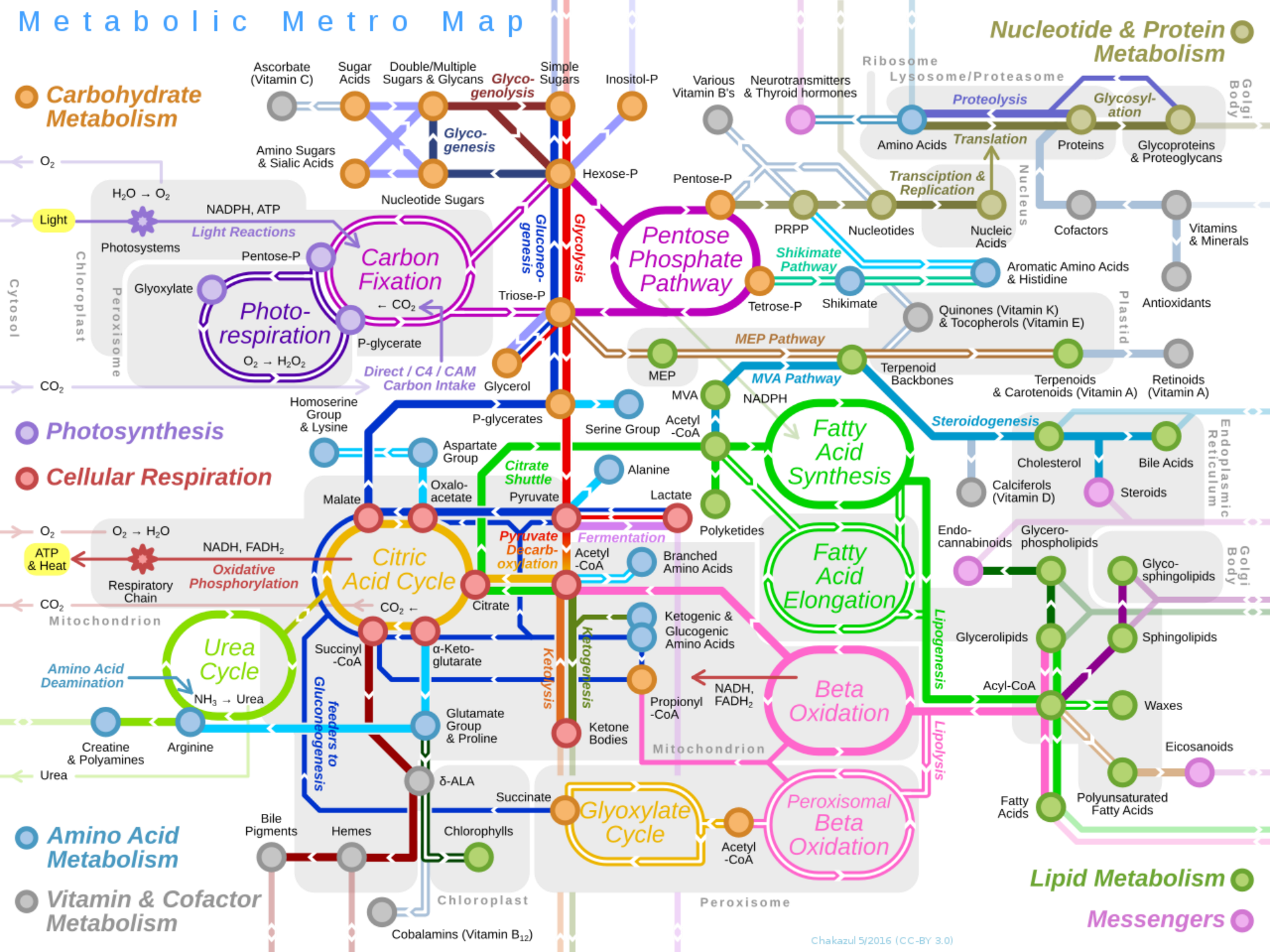
Amino Acid Metabolism

Vitamin & Cofactor Metabolism

Nucleotide & Protein Metabolism

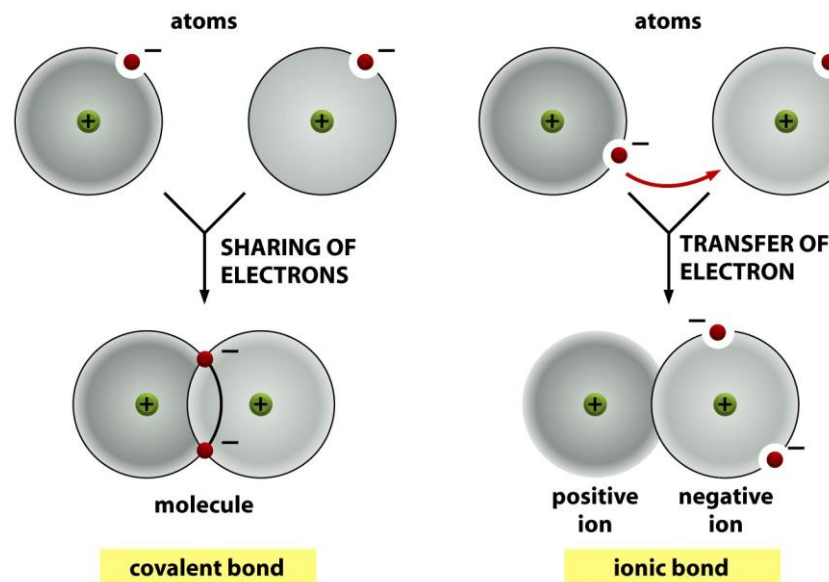
Lipid Metabolism

Messengers



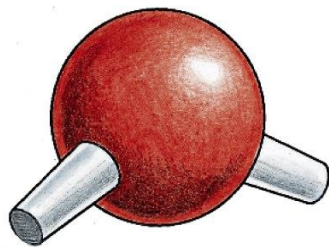
Opakování - chemie

- Vazby mezi atomy
- Organické látky – nasycené / nenasycené, alifatické / aromatické
- Funkční skupiny: -OH, -CHO, -COOH, -COOR, NH₂

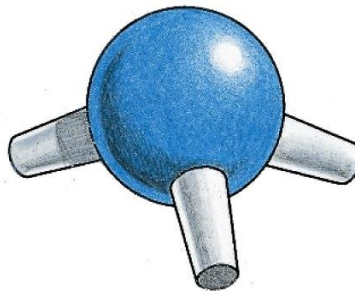


Prvkové složení živých organismů

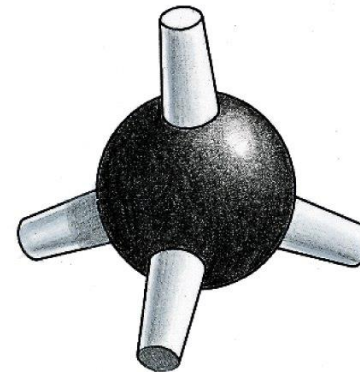
- Makrobiogenní prvky: **C, H, O, N, S, P, K, Na, Cl, Ca, Mg, Fe**
- Oligobiogenní prvky: těžké kovy (katalýza) **Cu, Co, Mo**



— O —
oxygen



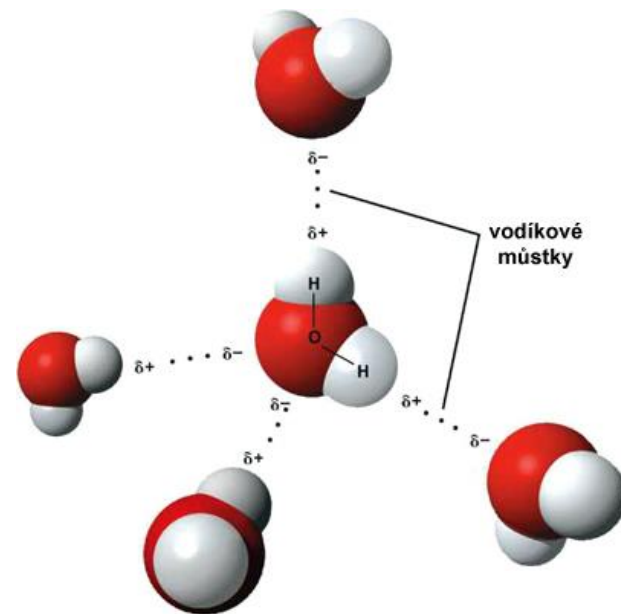
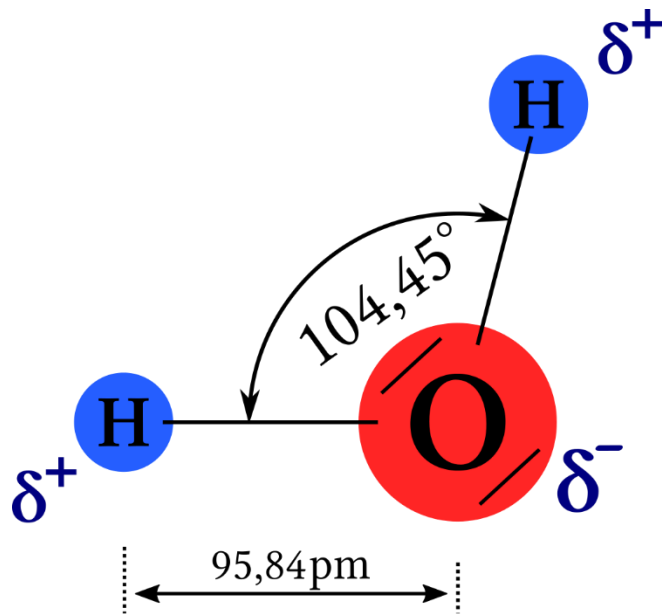
— N —
nitrogen



— C —
carbon

Voda

- Tvoří většinu hmoty živých soustav
- Elektrická asymetrie, schopnost tvořit vodíkové vazby



Anorganické látky

➤ Rozpustné soli (disociovány na ionty)

K⁺ - hlavní nitrobuněčný kationt

Na⁺ - hlavní mimobuněčný kationt (společně s Cl⁻)

Mg²⁺, Ca²⁺

- Udržování pH (pufrové systémy: fosforečnany, hydrogenuhličitany)

➤ Nerozpustné soli - kosti

Malé organické molekuly

- Sloučeniny uhlíku s molekulovou hmotností 100-1000 – volně v cytoplazmě
- **Funkce:** monomerní jednotky pro stavbu makromolekul, zdroj energie
- 4 hlavní třídy: *sacharidy, mastné kyseliny (MK), aminokyseliny (AK), nukleotidy*

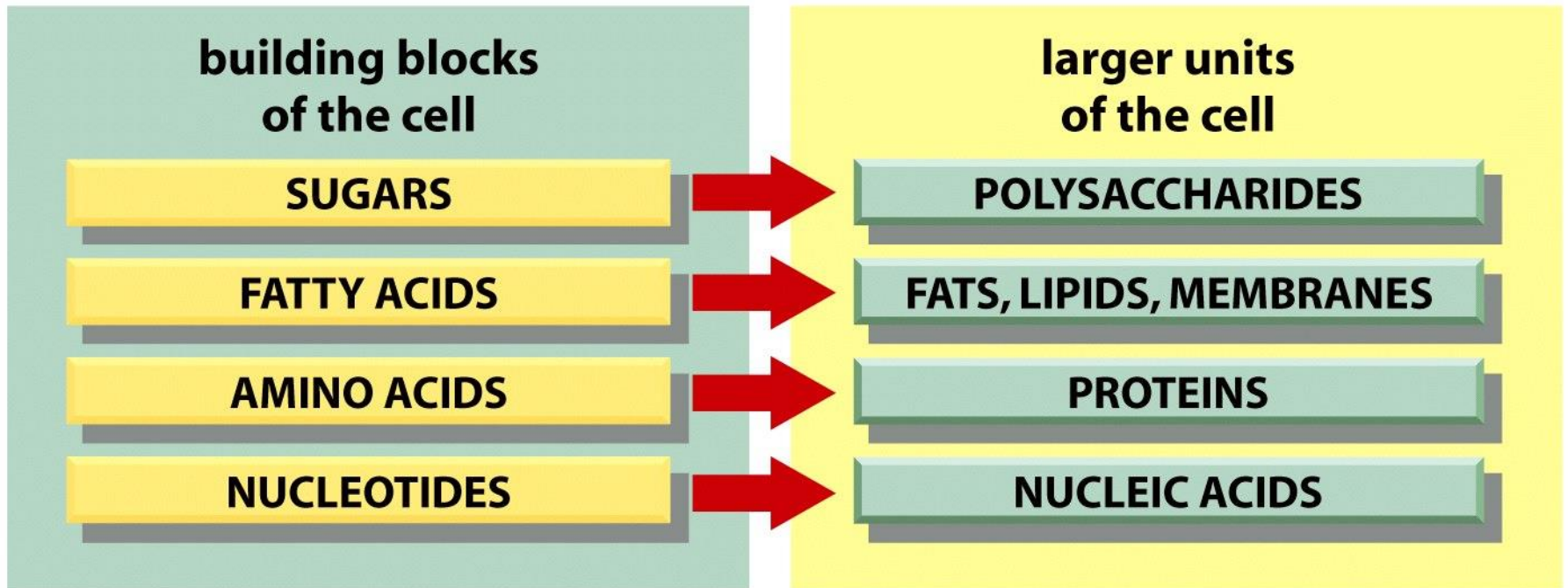


Figure 2-17 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

SUBUNIT



sugar

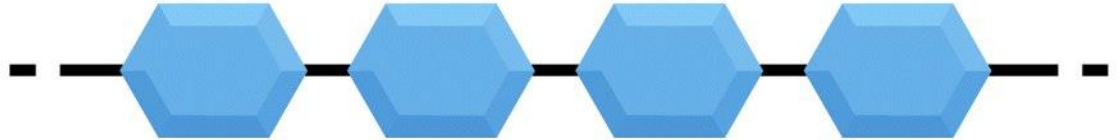


**amino
acid**



nucleotide

MACROMOLECULE



polysaccharide



protein



nucleic acid

Makromolekuly

- Sekvence jednotek v polymerním řetězci – omezený počet stavebních jednotek x nekonečně mnoho možností složení polymerních řetězců makromolekul (protein o 200 AK – 21^{200} kombinací)
- Důležitý i tvar molekuly – konformace (nekovalentní vazby - iontové, vodíkové, van der Waalsovy, hydrofobní interakce)

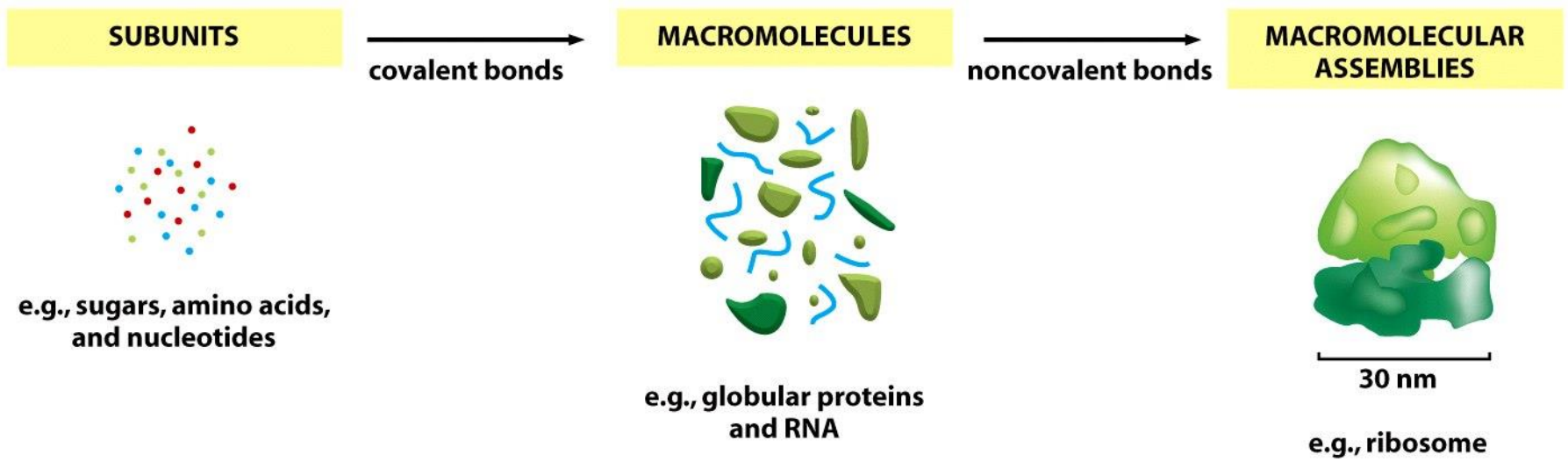
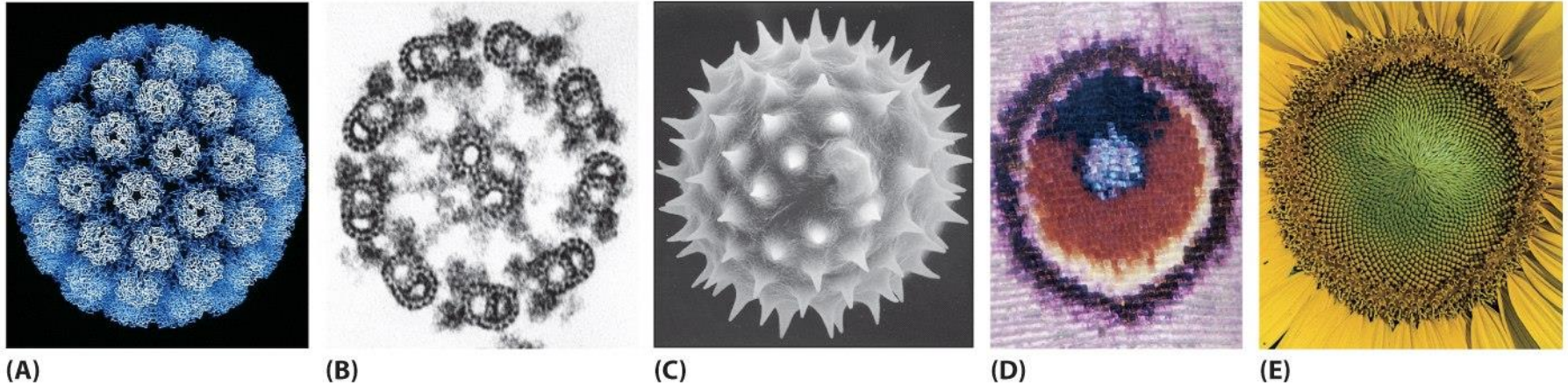


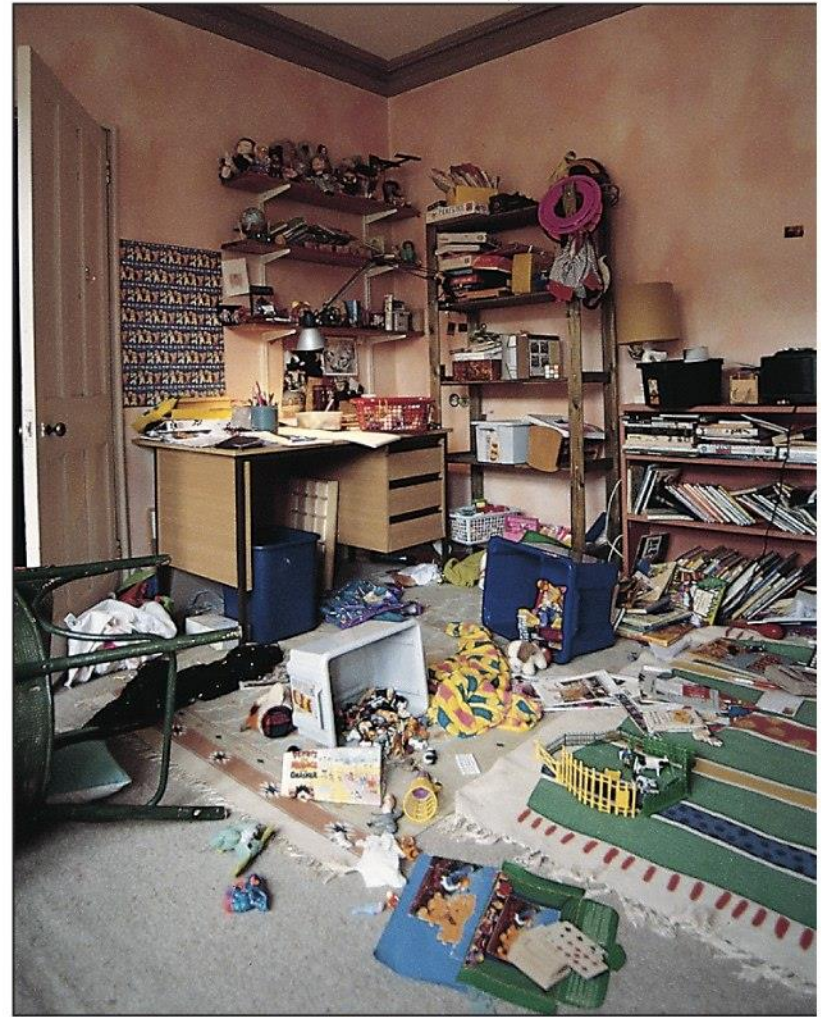
Figure 2-32 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)



Uspořádanost živých soustav na všech úrovních: molekuly proteinu v plášti viru (A), pravidelné uspořádání mikrotubulů v příčném řezu ocásku spermie (B), povrchové kontury pylového zrna (C), křídlo motýla fotografované z bezprostřední blízkosti. Vzorek je tvořen šupinkami, přičemž každá šupinka je produktem jedné buňky (D). Spirálovité pole semen utvořené miliony buněk v květu slunečnice (E).

"SPONTANEOUS" REACTION

as time elapses



ORGANIZED EFFORT REQUIRING ENERGY INPUT

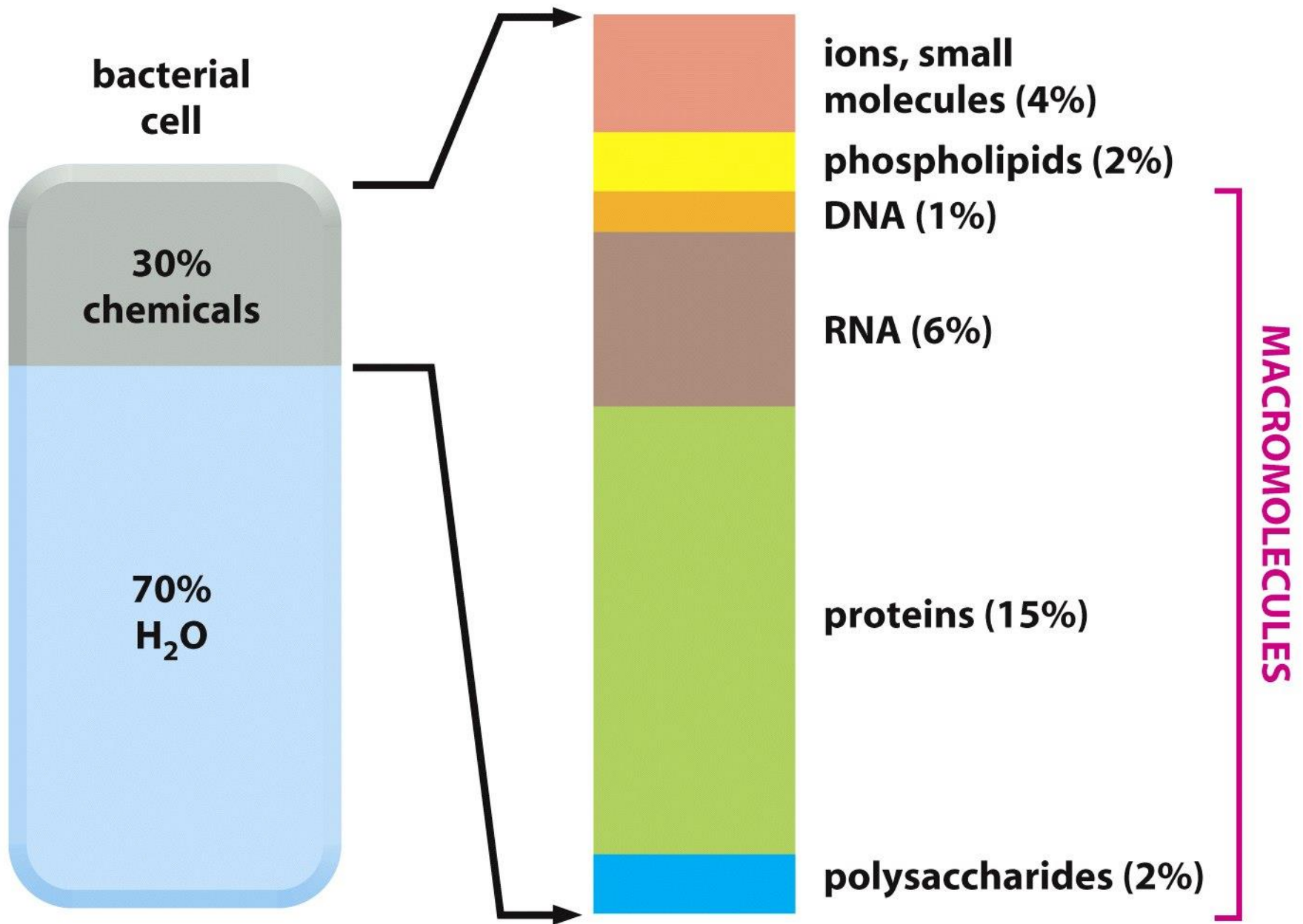


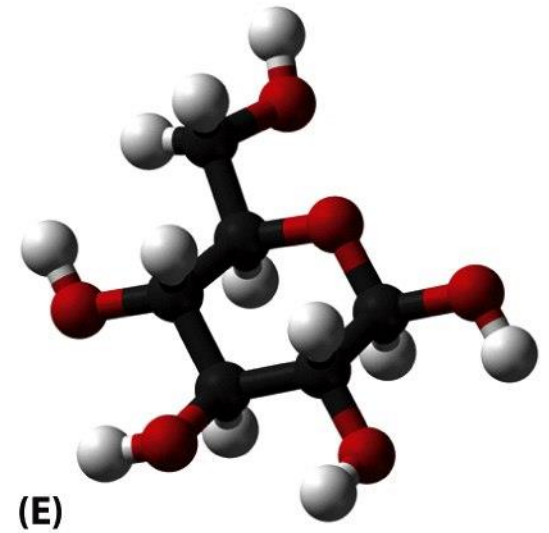
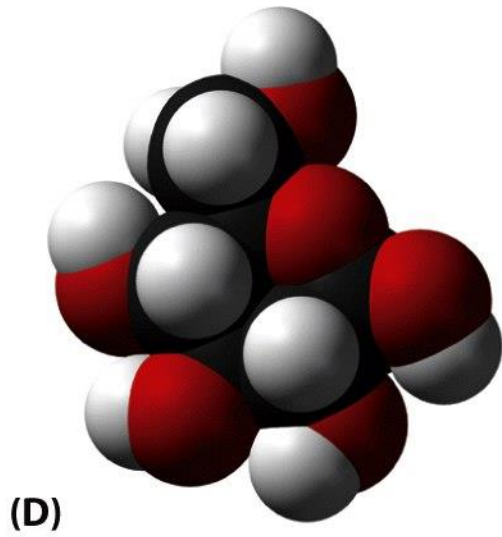
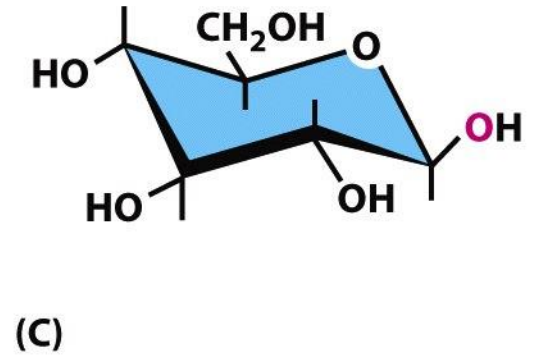
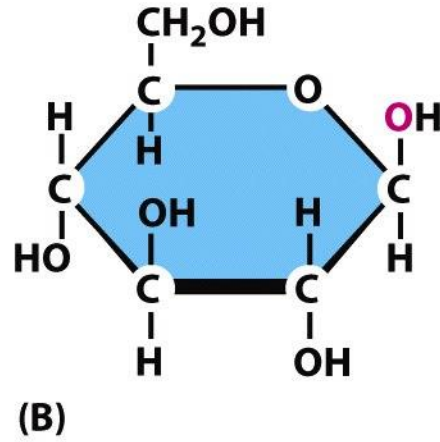
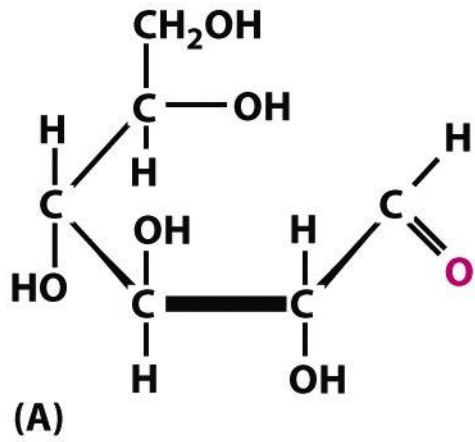
Figure 2-29 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

Table 2–2 The Approximate Chemical Composition of a Bacterial Cell

	PERCENT OF TOTAL CELL WEIGHT	NUMBER OF TYPES OF EACH MOLECULE
Water	70	1
Inorganic ions	1	20
Sugars and precursors	1	250
Amino acids and precursors	0.4	100
Nucleotides and precursors	0.4	100
Fatty acids and precursors	1	50
Other small molecules	0.2	~300
Macromolecules (proteins, nucleic acids, and polysaccharides)	26	~3000

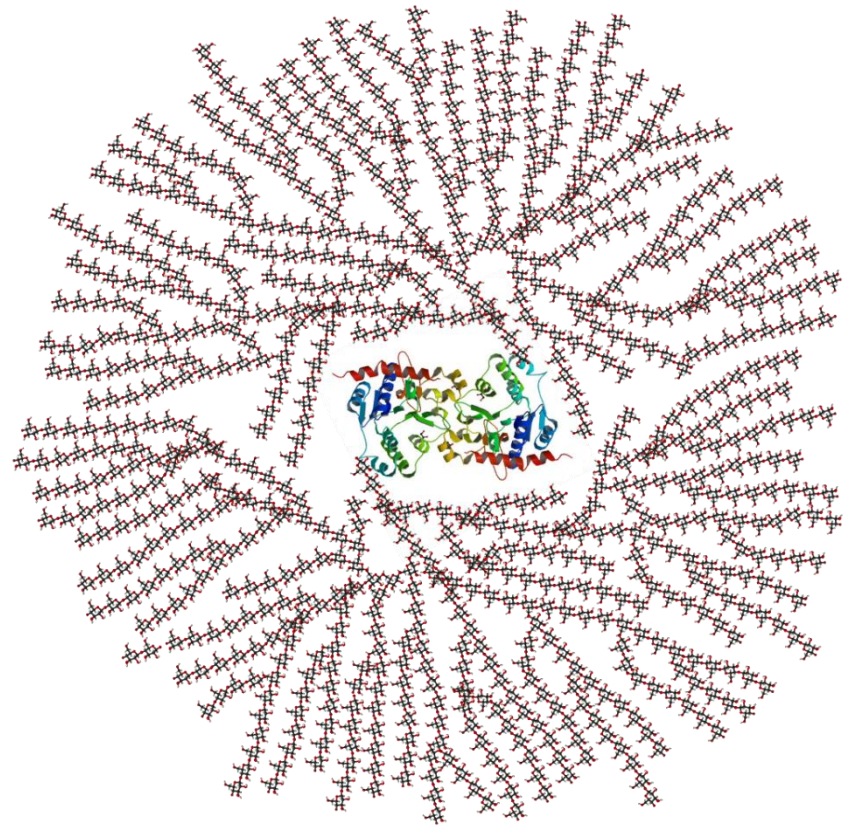
Sacharidy

- Nejjednodušší cukry = monosacharidy $(\text{CH}_2\text{O})_n$,
n obvykle 3-7 (nejčastěji 5-6)
- Nejvýznamnější monosacharid glukóza (Glc)
- Monosacharidy se spojují kovalentními vazbami
→ oligosacharidy → polysacharidy (možnost
větvení –OH skupiny)
- **Funkce:** energetický zdroj (*Glc*), zásobárna
energie (*glykogen*), mechanická funkce (*celuloza*,
chitin), součást glykoproteinů a glykolipidů



Polysacharidy

- *Škrob* – polysacharid tvořený Glc jednotkami, zásobní látka rostlin tvořená amylosem (lineární) a amylopektinem (větvená)
- *Glykogen* - polysacharid tvořený Glc jednotkami (větvená molekula), zásobní látka živočichů



Mastné kyseliny

- Tvořené dlouhým uhlovodíkovým řetězcem (C16-24, hydrofobní, nasycený / nenasycený) a karboxylovou kyselinou (hydrofilní)
- *Kyselina palmitová* (C16), *stearová* (C18), *olejová* (C18:1), *linolová* (C18:2), *α-linolenová* (C18:3), *arachidonová* (C20:4)
- **Funkce:** koncentrovaná zásoba energie (ve formě triacylglycerolů=TAG), složka buněčných membrán (ve formě fosfolipidů=FL)

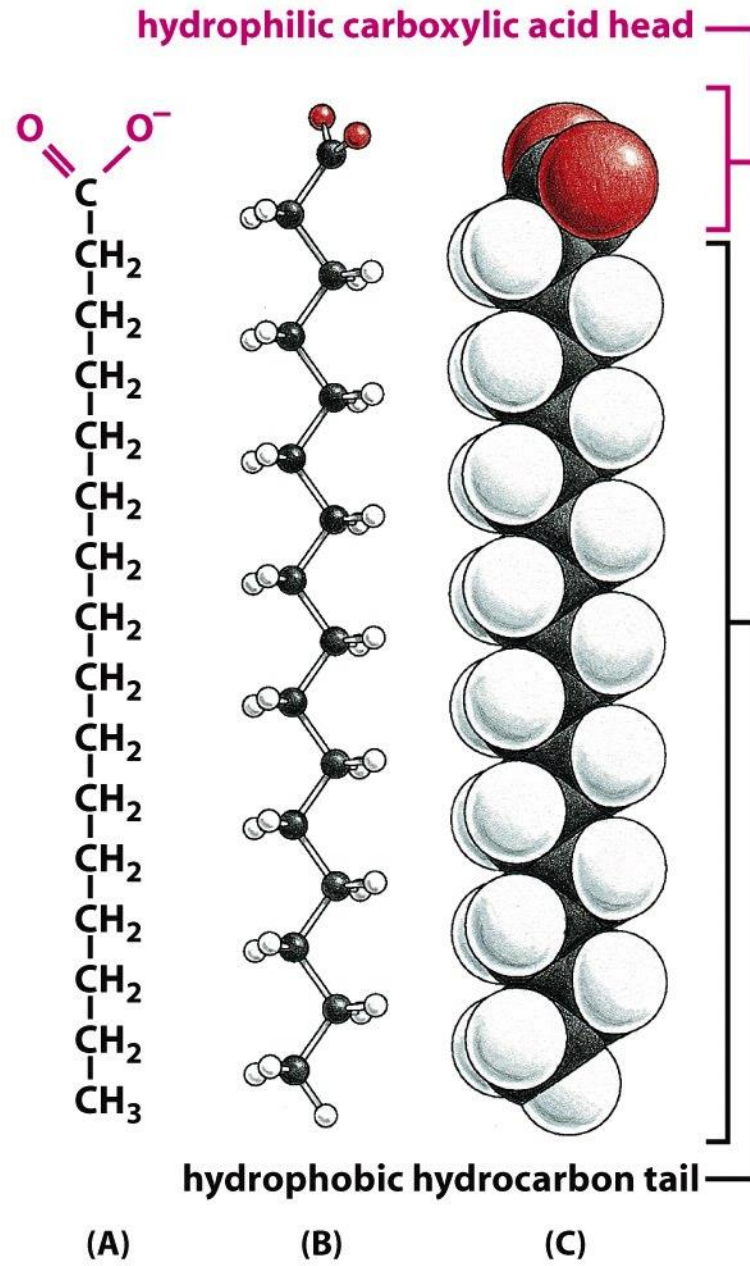
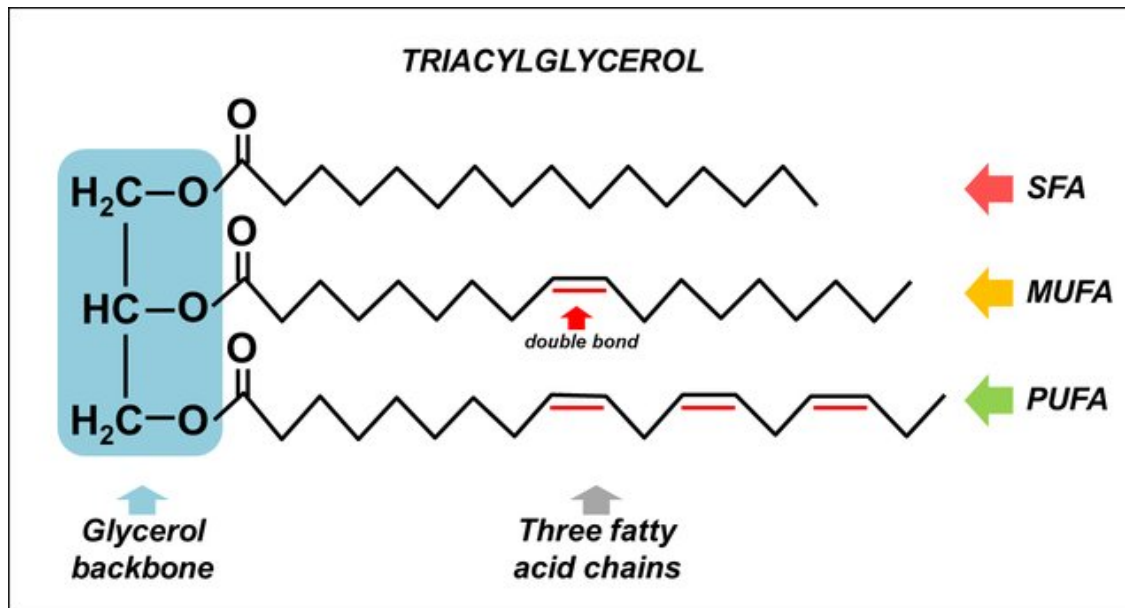


Figure 2-21 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

Triacylglyceroly

- Složené z molekuly glycerolu s molekulami mastných kyselin (substituce všech 3 OH skupin)



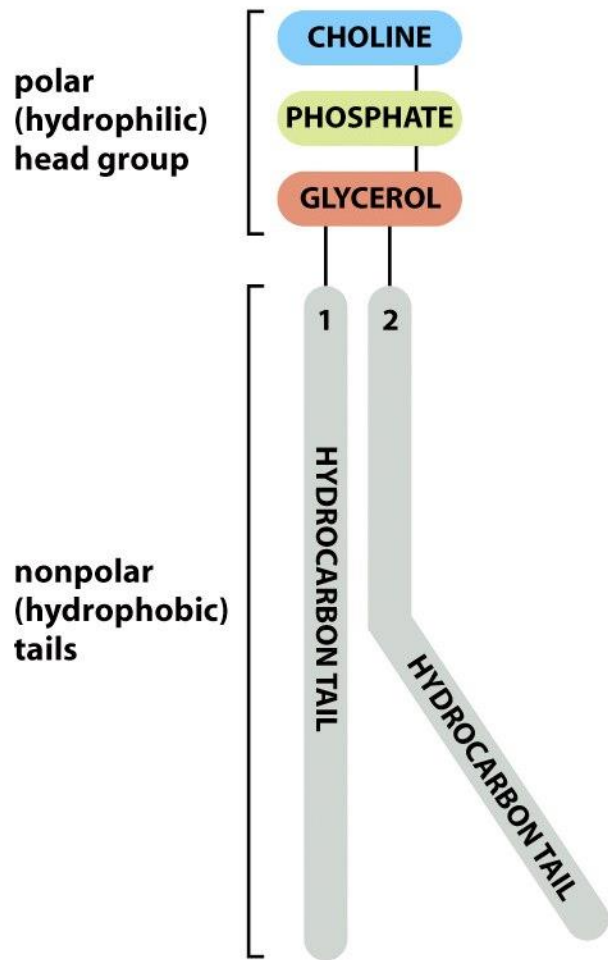
SFA = saturated fatty acid
(nasyčená MK)

MUFA = monounsaturated
fatty acid (mononenasycená
MK)

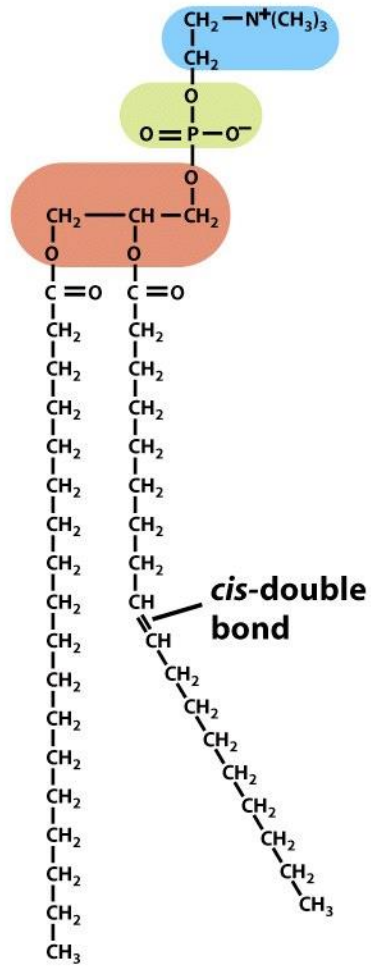
PUFA = polyunsaturated fatty
acid (polynenasycená MK)

Fosfolipidy

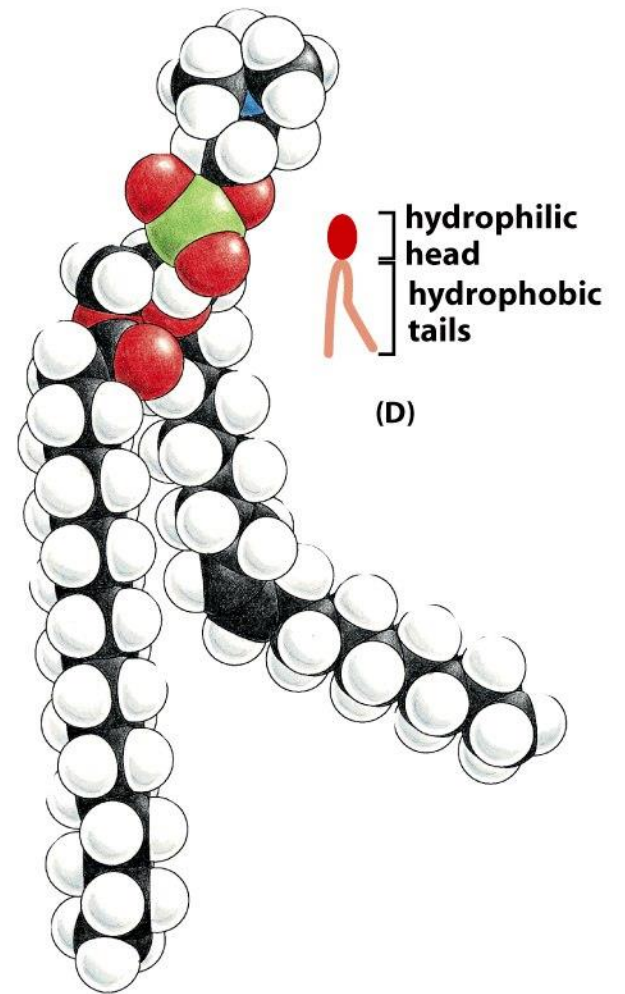
- Obsahují glycerol, mastné kyseliny a kyselinu fosforečnou
- Amfipatické molekuly:
 - hydrofilní část s obsahem fosfátové skupiny
 - hydrofobní část (řetězce mastných kyselin spojené se zbytkem glycerolu)
- Příklady: fosfatidyl cholin (lecitin), fosfatidyl serin, fosfatidyl ethanolamin



(A)



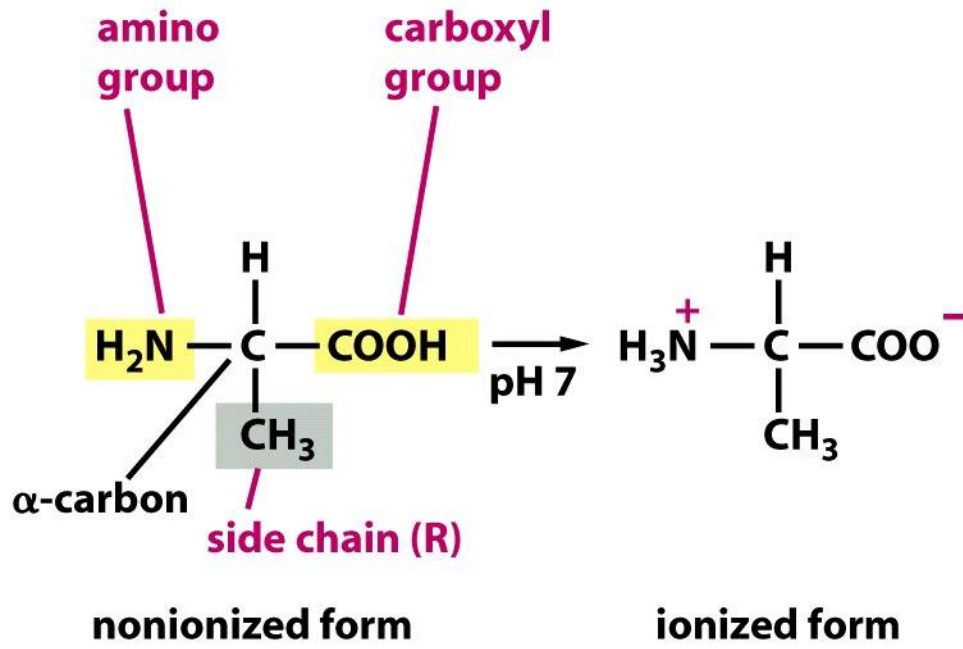
(B)



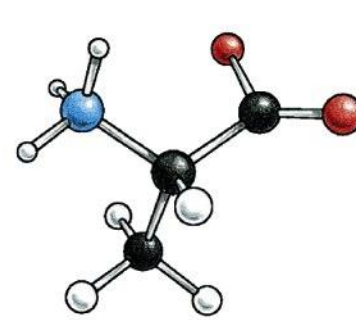
(C)

Aminokyseliny

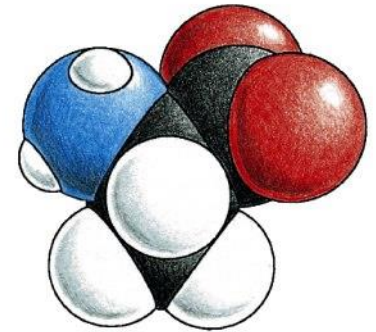
- Obsahují karboxylovou (COOH) a aminovou (NH_2) skupinu připojené na tzv. alfa uhlík
- Celkem cca 21 aminokyselin lišících se postranním řetězcem
- Stavení jednotky proteinů, AK spojeny peptidovou vazbou



(A)



(B)

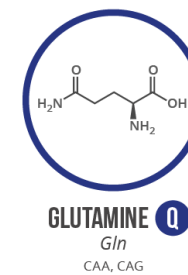
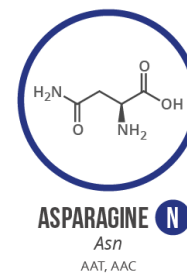
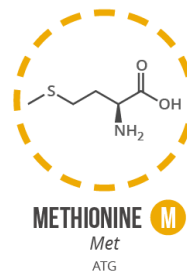
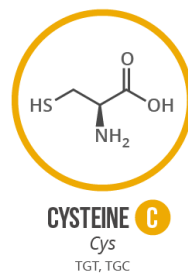
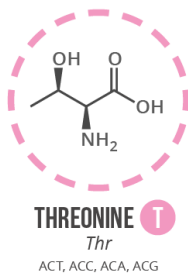
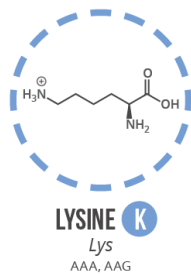
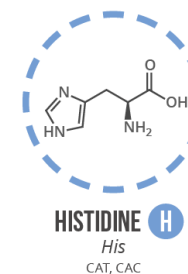
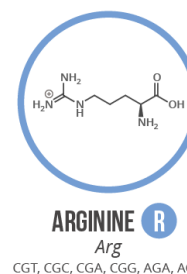
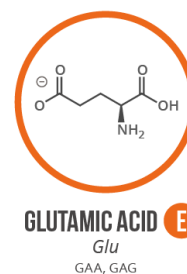
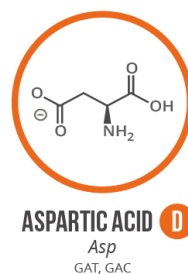
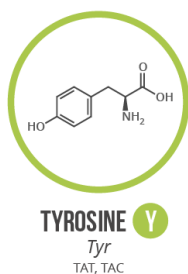
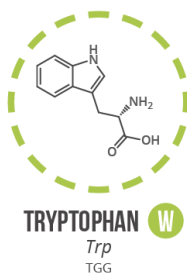
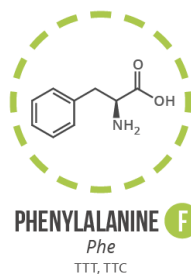
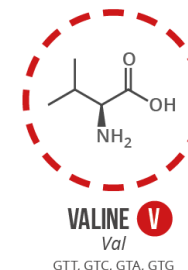
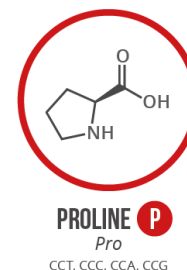
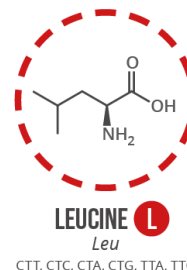
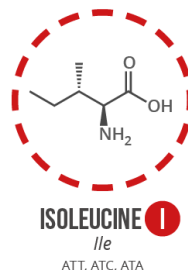
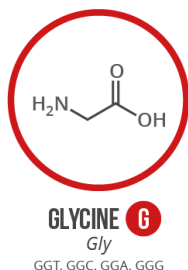
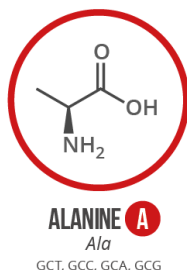
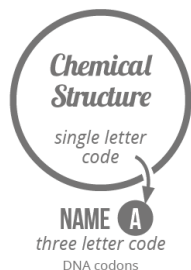


(C)

A GUIDE TO THE TWENTY COMMON AMINO ACIDS

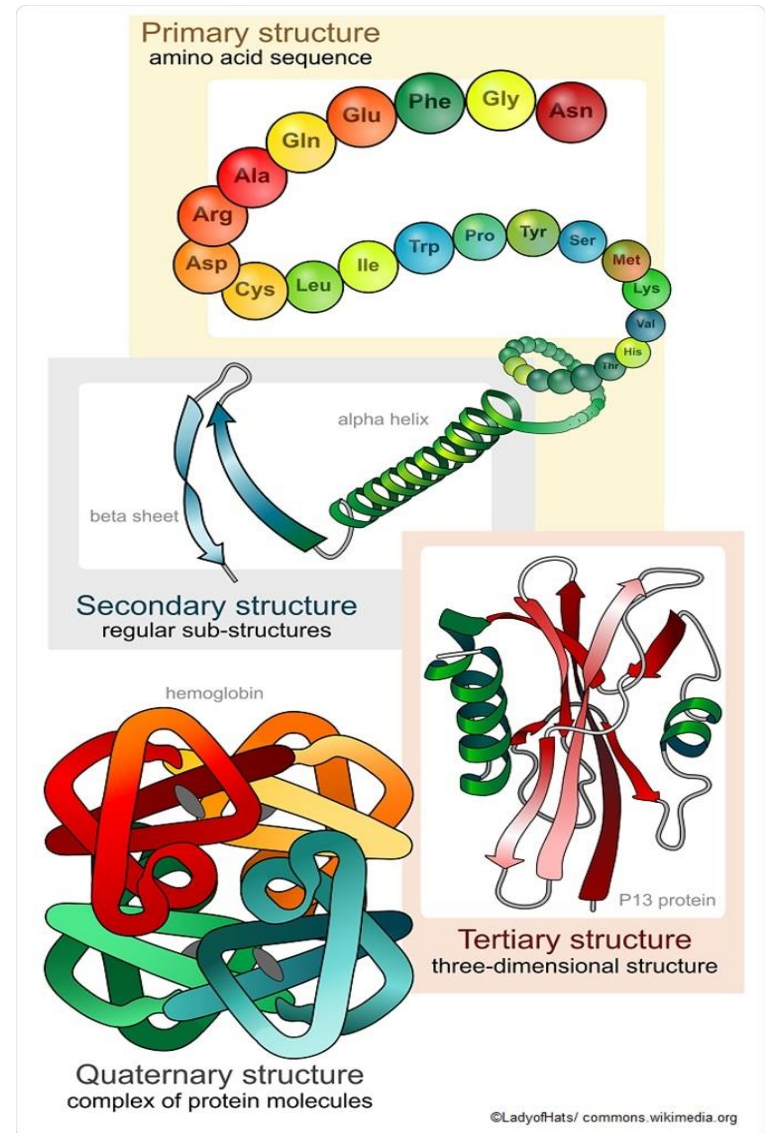
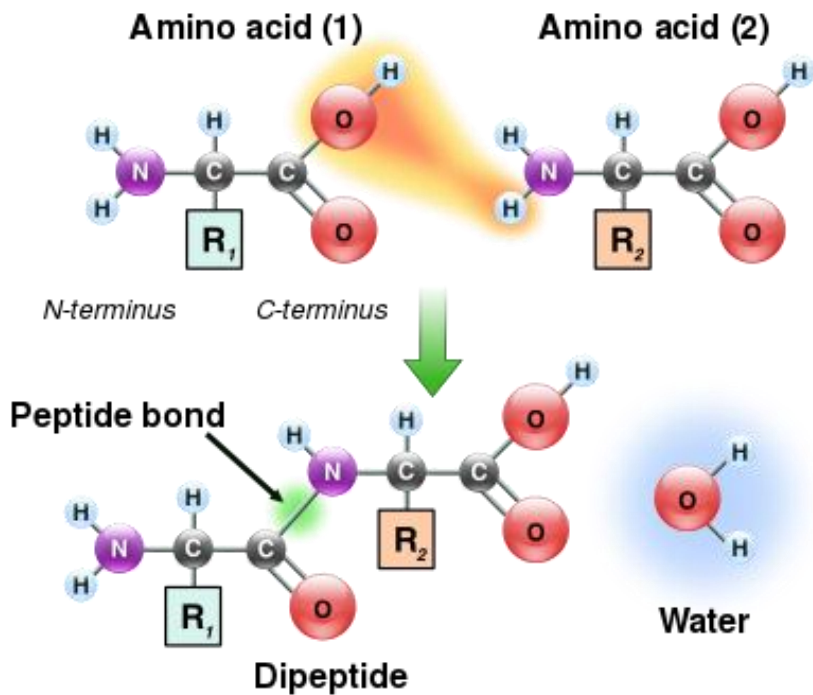
AMINO ACIDS ARE THE BUILDING BLOCKS OF PROTEINS IN LIVING ORGANISMS. THERE ARE OVER 500 AMINO ACIDS FOUND IN NATURE - HOWEVER, THE HUMAN GENETIC CODE ONLY DIRECTLY ENCODES 20. 'ESSENTIAL' AMINO ACIDS MUST BE OBTAINED FROM THE DIET, WHILST NON-ESSENTIAL AMINO ACIDS CAN BE SYNTHESISED IN THE BODY.

Chart Key: ● ALIPHATIC ● AROMATIC ● ACIDIC ● BASIC ● HYDROXYLIC ● SULFUR-CONTAINING ● AMIDIC ○ NON-ESSENTIAL ○ ESSENTIAL



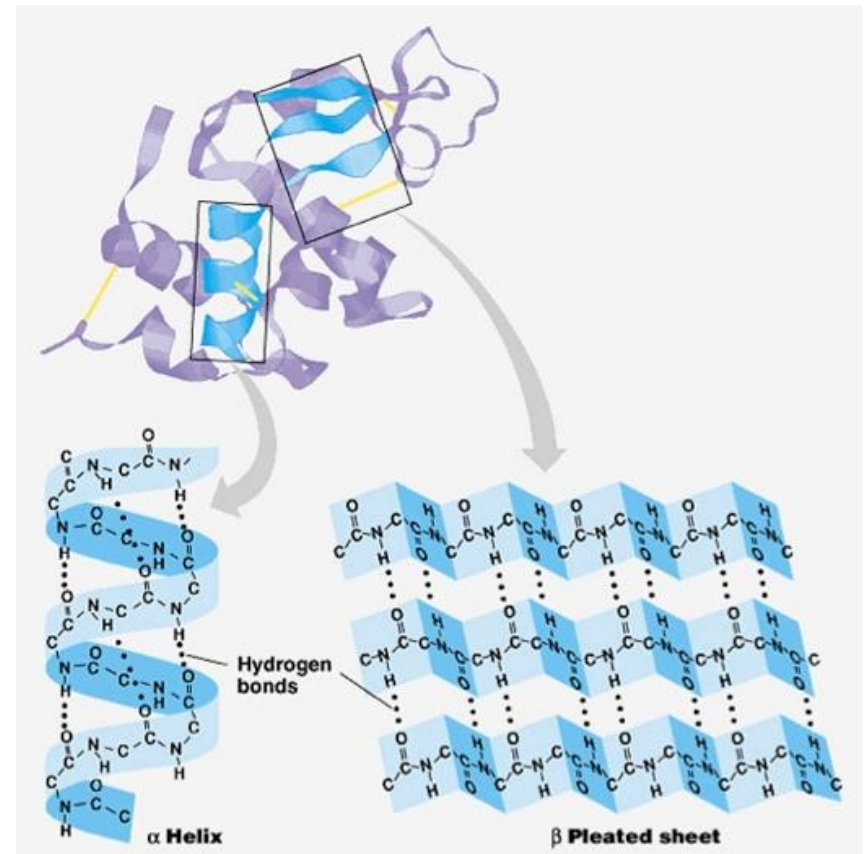
Note: This chart only shows those amino acids for which the human genetic code directly codes for. Selenocysteine is often referred to as the 21st amino acid, but is encoded in a special manner. In some cases, distinguishing between asparagine/aspartic acid and glutamine/glutamic acid is difficult. In these cases, the codes asx (B) and glx (Z) are respectively used.

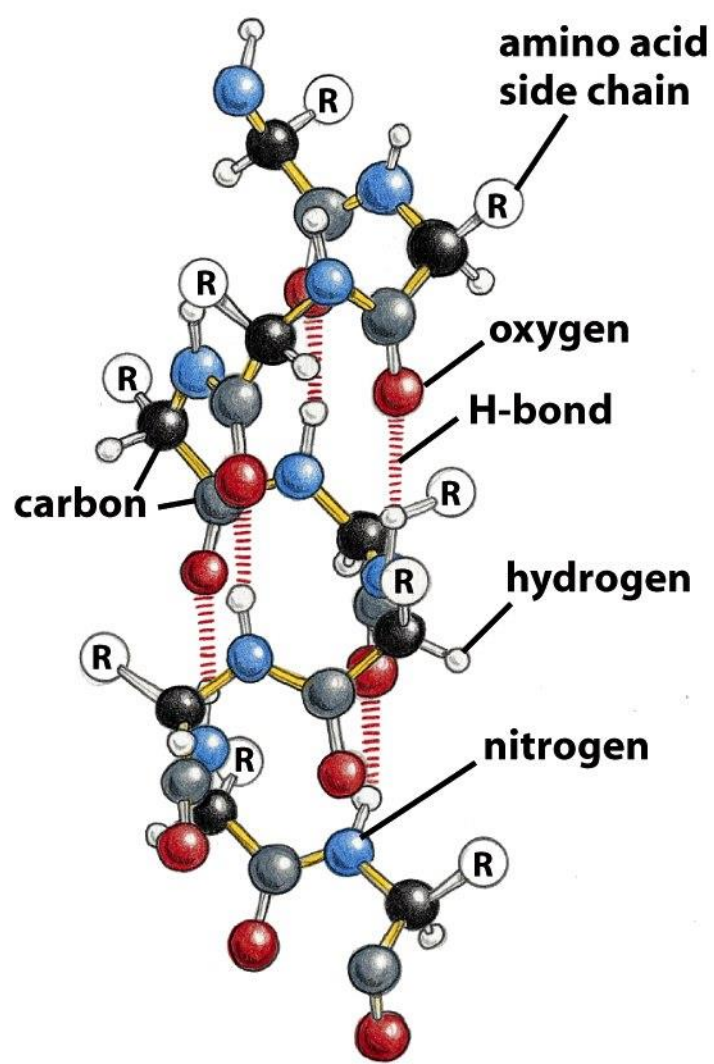
Bílkoviny



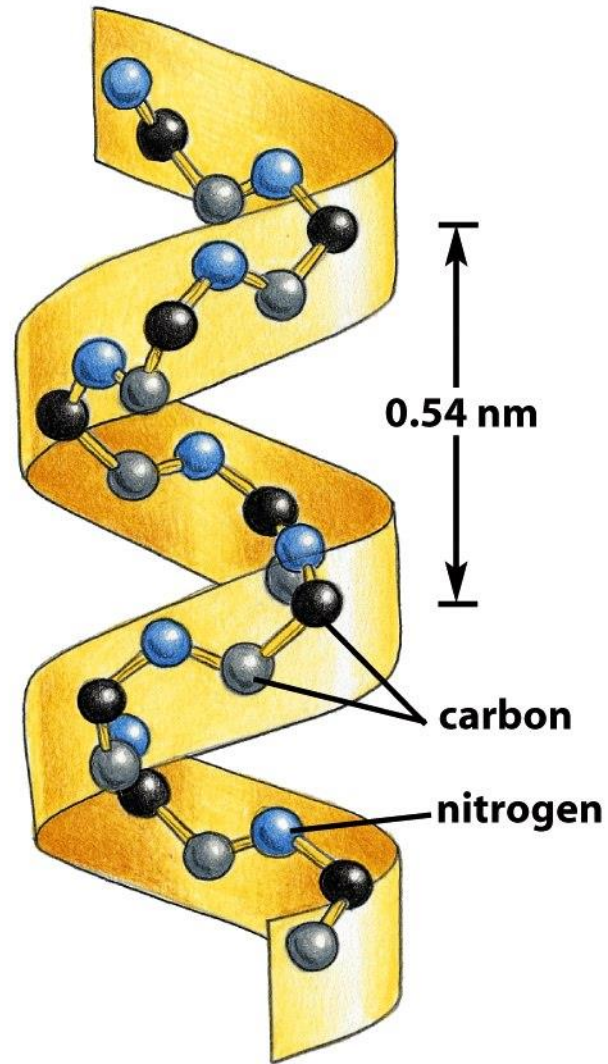
Struktura bílkovin

- Primární struktura – pořadí AK v řetězci
- Sekundární struktura – geometrické uspořádání polypeptidového řetězce
 - α helix
 - β skládaný list

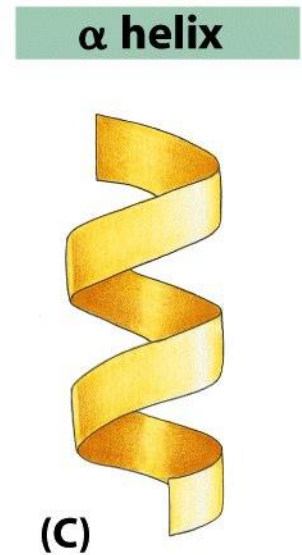




(A)



(B)



video

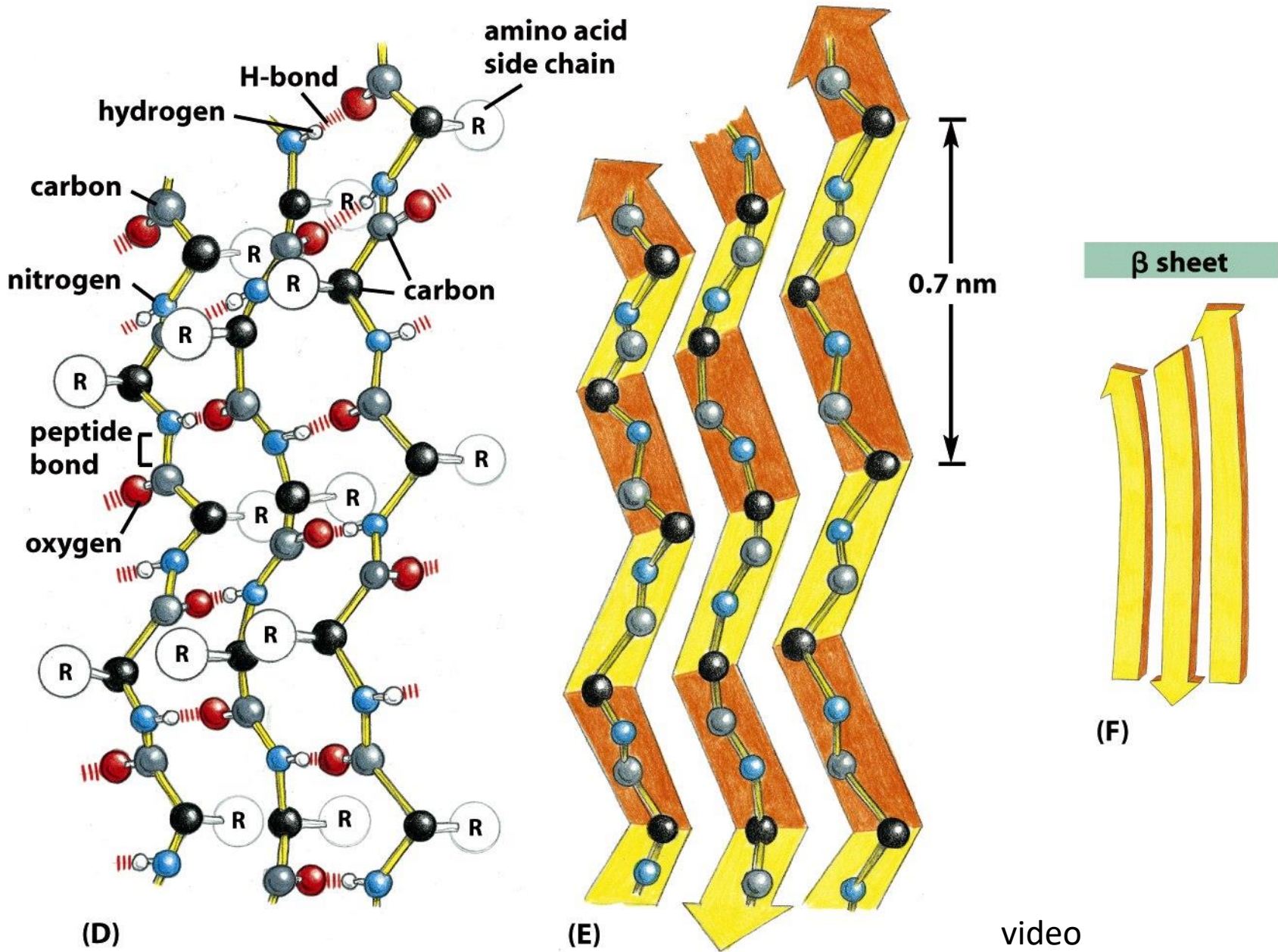
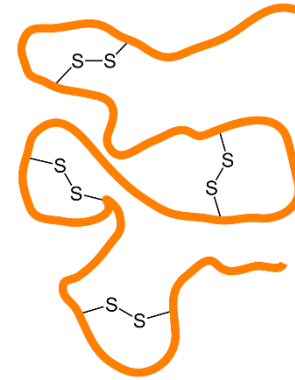


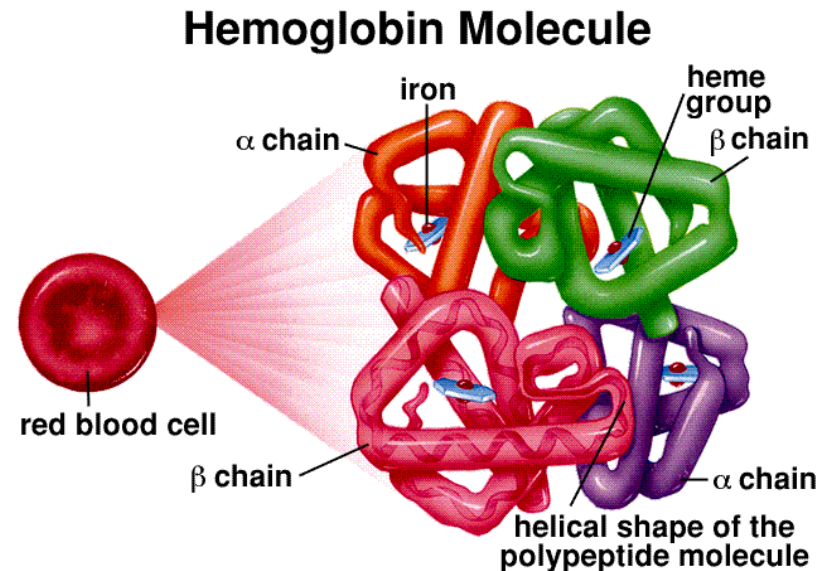
Figure 3-7d,e,f *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

Struktura bílkovin

- Terciární struktura – 3D uspořádání polypeptidového řetězce (globulární x fibrilární proteiny, stabilizace kovalentními vazbami: S-S můstky)
- Kvartérní struktura – uspořádání podjednotek



Sylvia S. Mader, Inquiry into Life, 8th edition. Copyright © 1997 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

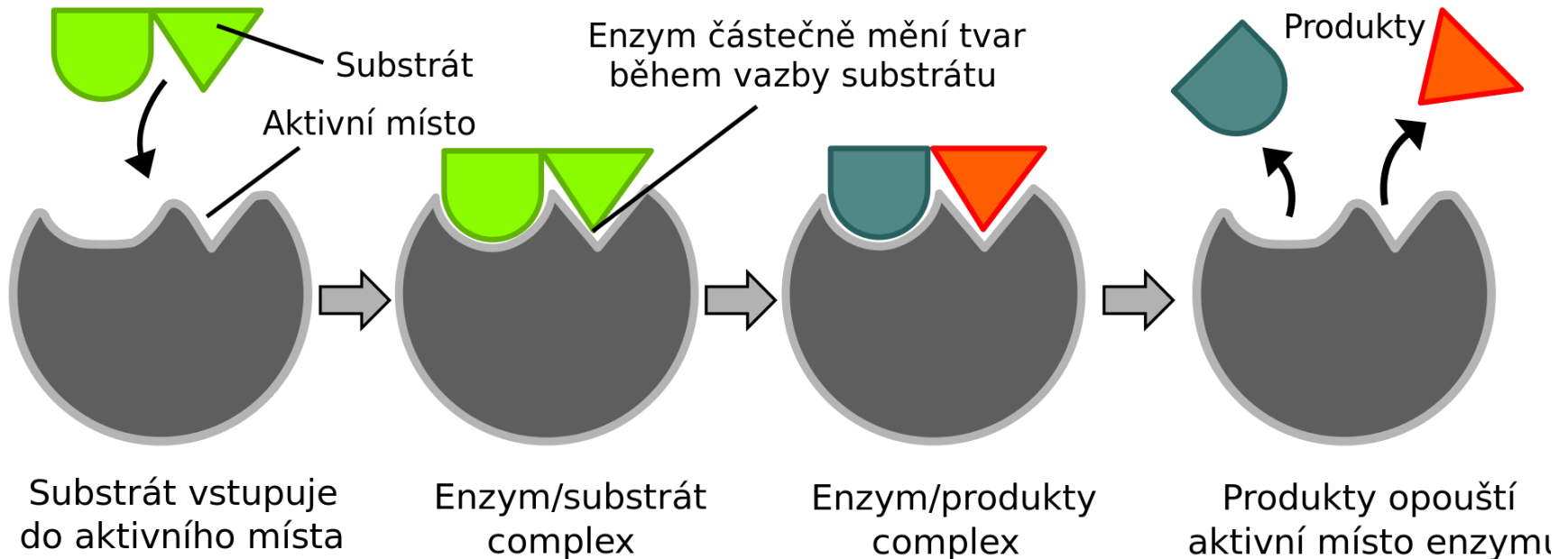


Struktura bílkovin

- Podmiňuje jejich funkce:
 - Stavební (kolagen, elastin)
 - Transportní a skladovací (hemoglobin, transferin)
 - Zajišťování pohybu (vlákna aktinu, myosinu)
 - Katalýza, regulační funkce (enzymy, hormony, receptory)
 - Ochranné funkce (imunoglobuliny)

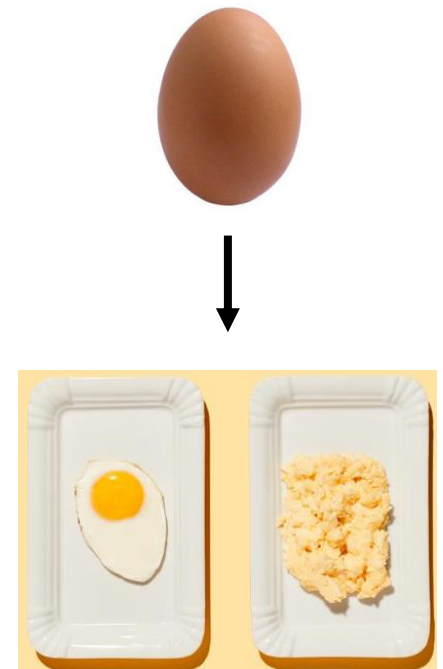
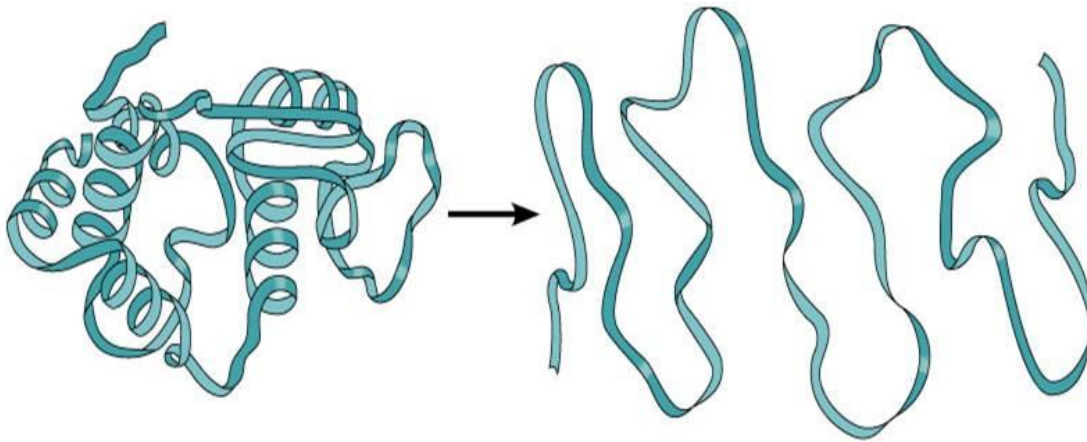
Enzymy

- Katalytická aktivita – řízení biochemických procesů v buňkách, snižování aktivační energie
- Proteiny (aktivní místo)+kofaktory



Denaturace bílkovin

- Ztráta sekundární struktury → ztráta funkce
- Vysoká teplota, pH, přítomnost detergentů, chemikálií (např. alkoholy, soli)



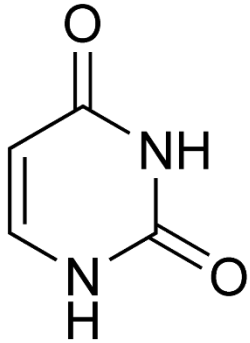
Nukleotidy

- Složené z kruhu obsahujícího dusík (=báze: pyrimidin / purin) a z 5C cukru (ribóza / 2-deoxyribóza)
- *Pyrimidinové báze*: cytosin (C), uracil (U), thymín (T)
- *Purinové báze*: adenin (A), guanin (G)
- Komplementarita bází (purinová+pyrimidinová báze)

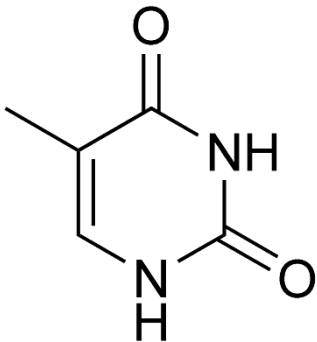
Pyrimidinové báze



cytosin

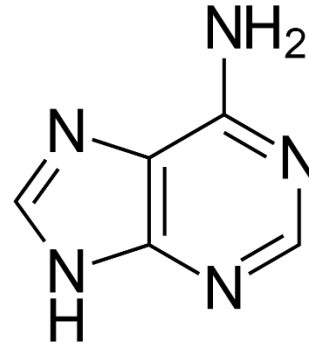


uracil

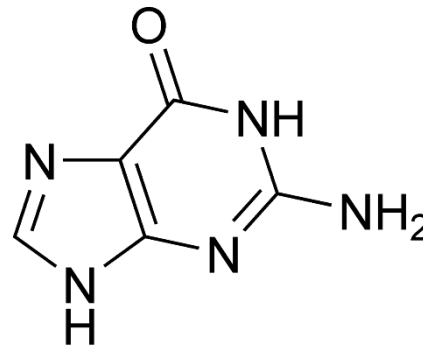


thymin

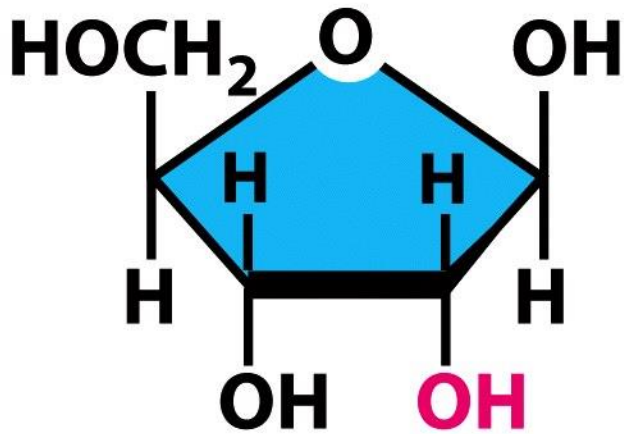
Purinové báze



adenin

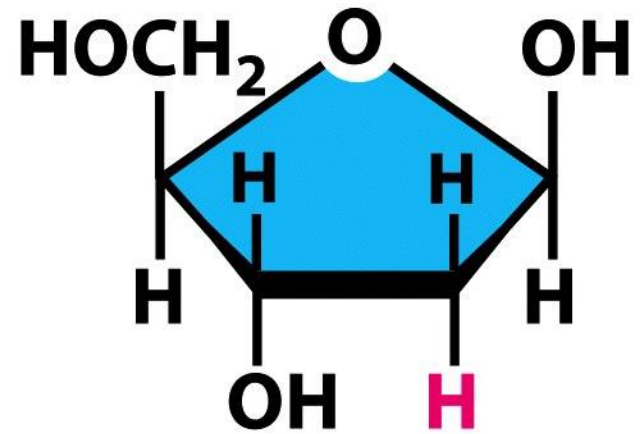


guanin



ribose

used in ribonucleic acid (RNA)



deoxyribose

used in deoxyribonucleic acid (DNA)

Nukleotidy

- **Funkce:** krátkodobé přenašeče energie (adenosintrifosfát ATP), stavební bloky pro nukleové kyseliny – RNA, DNA

ATP

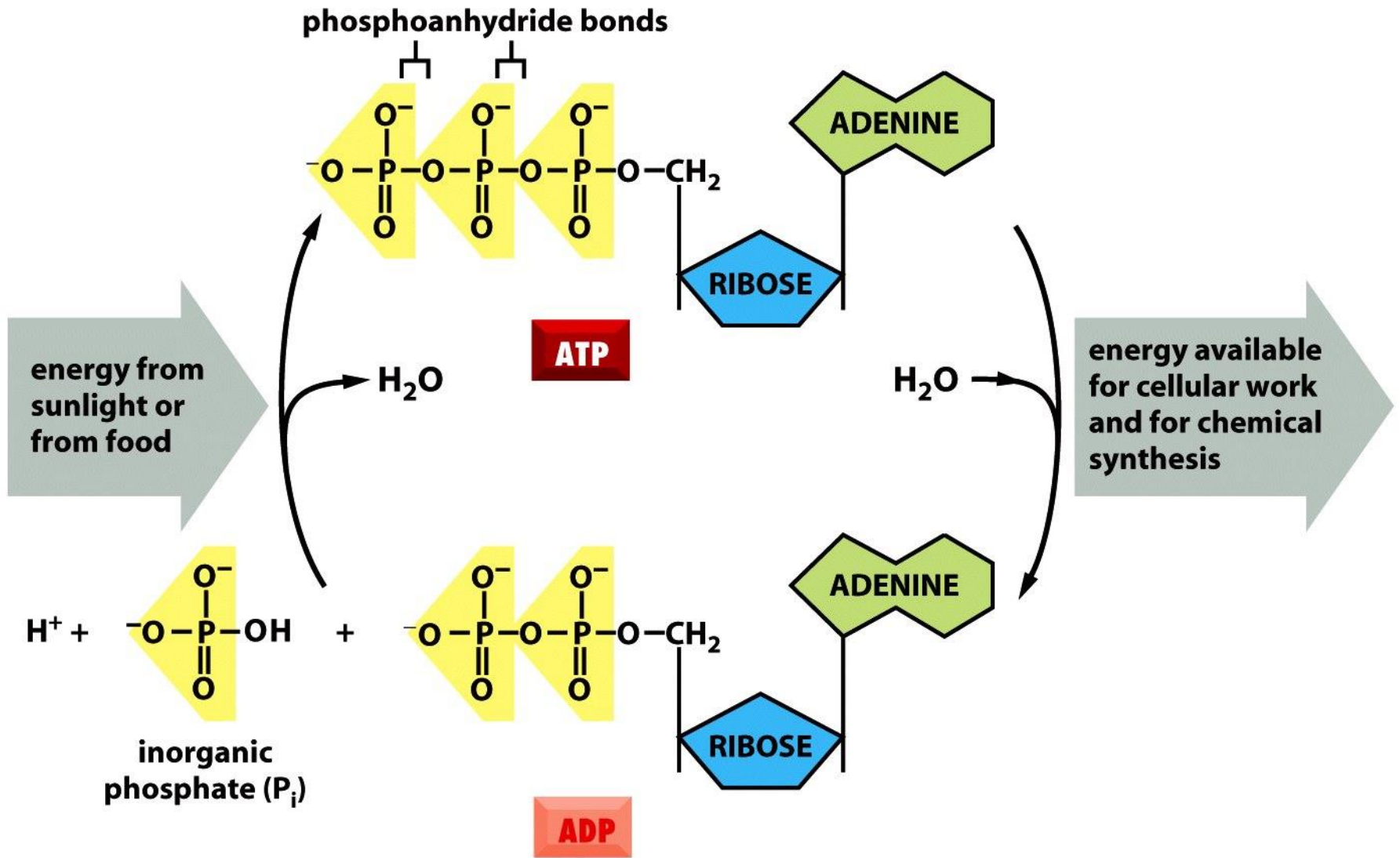
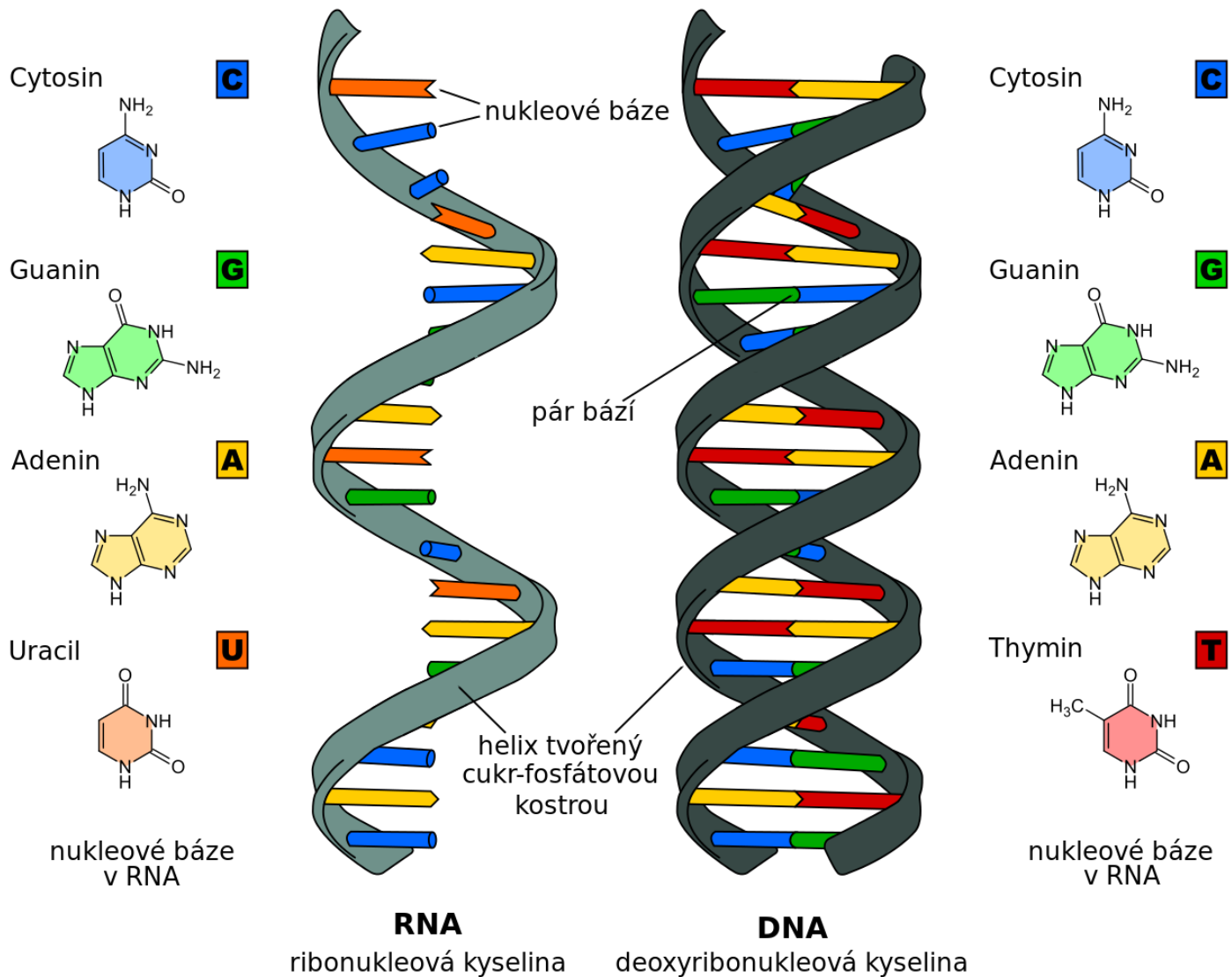


Figure 2-27 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

Nukleové kyseliny – RNA, DNA

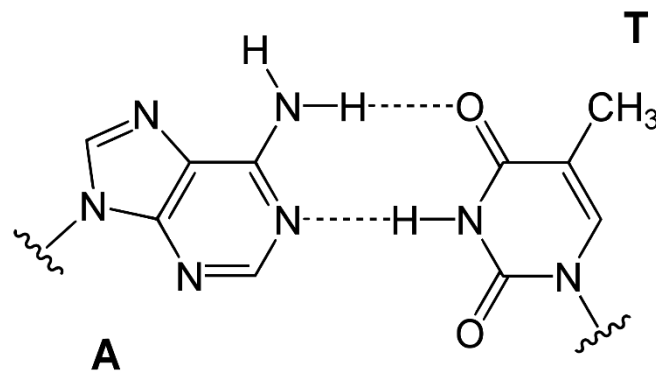
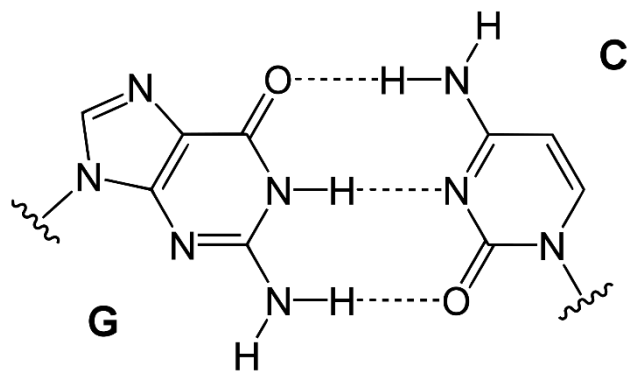


Ribonukleová kyselina

- Tvořená obvykle jedním vláknem polynukleotidů
- Obsahuje cukr ribózu, dusíkaté báze C, G, A, U
- Vzniká přepisem DNA – tzv. transkripcí
- 3 typy: mediátorová (*mRNA*), transferová (*tRNA*), ribozomální (*rRNA*)
- Nižší stabilita než DNA

Deoxyribonukleová kyselina

- Tvoří pravotočivou dvoušroubovici
- Obsahuje cukr deoxyribózu, dusíkaté báze C, G, A, T
- Primární struktura – pořadí nukleotidů
- Sekundární struktura – dvoušroubovice – komplementarita bazí (G-C, A-T)



Funkce DNA

- Nositelka genetické informace - vysoká stabilita
- V DNA je obsažena sekvence všech bílkovin
- Pořadí bazí – 4^n kombinací (10 nukleotidů – $4^{10}=1\,048\,576$ kombinací)
- Lidský genom – 3,1 miliardy párů bazí
- Gen = informace pro tvorbu RNA (transkripce) – bílkovin (translace) = exprese genetické informace

<https://www.youtube.com/watch?v=fqWs1aM7BQs&t=16s>

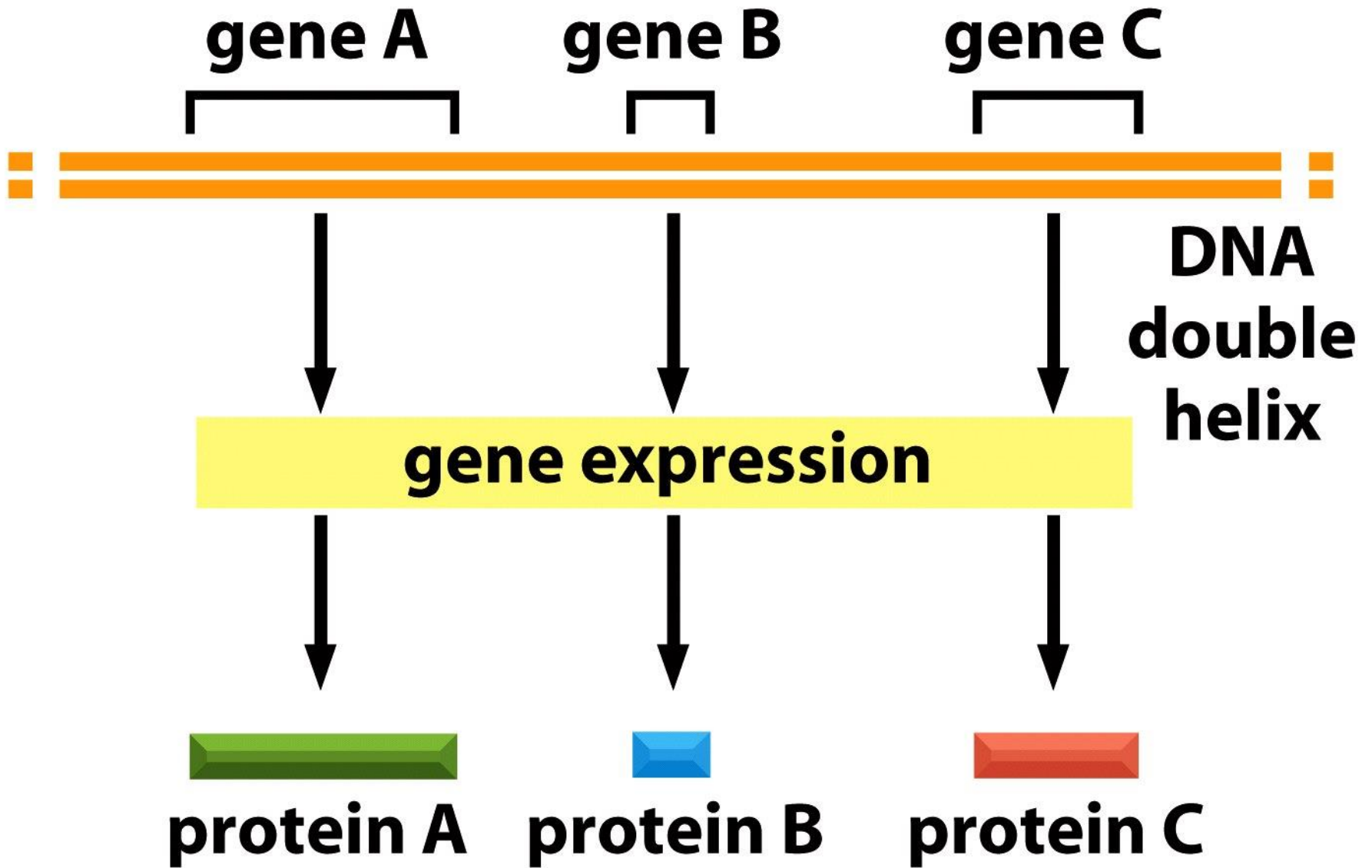


Figure 4-6 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

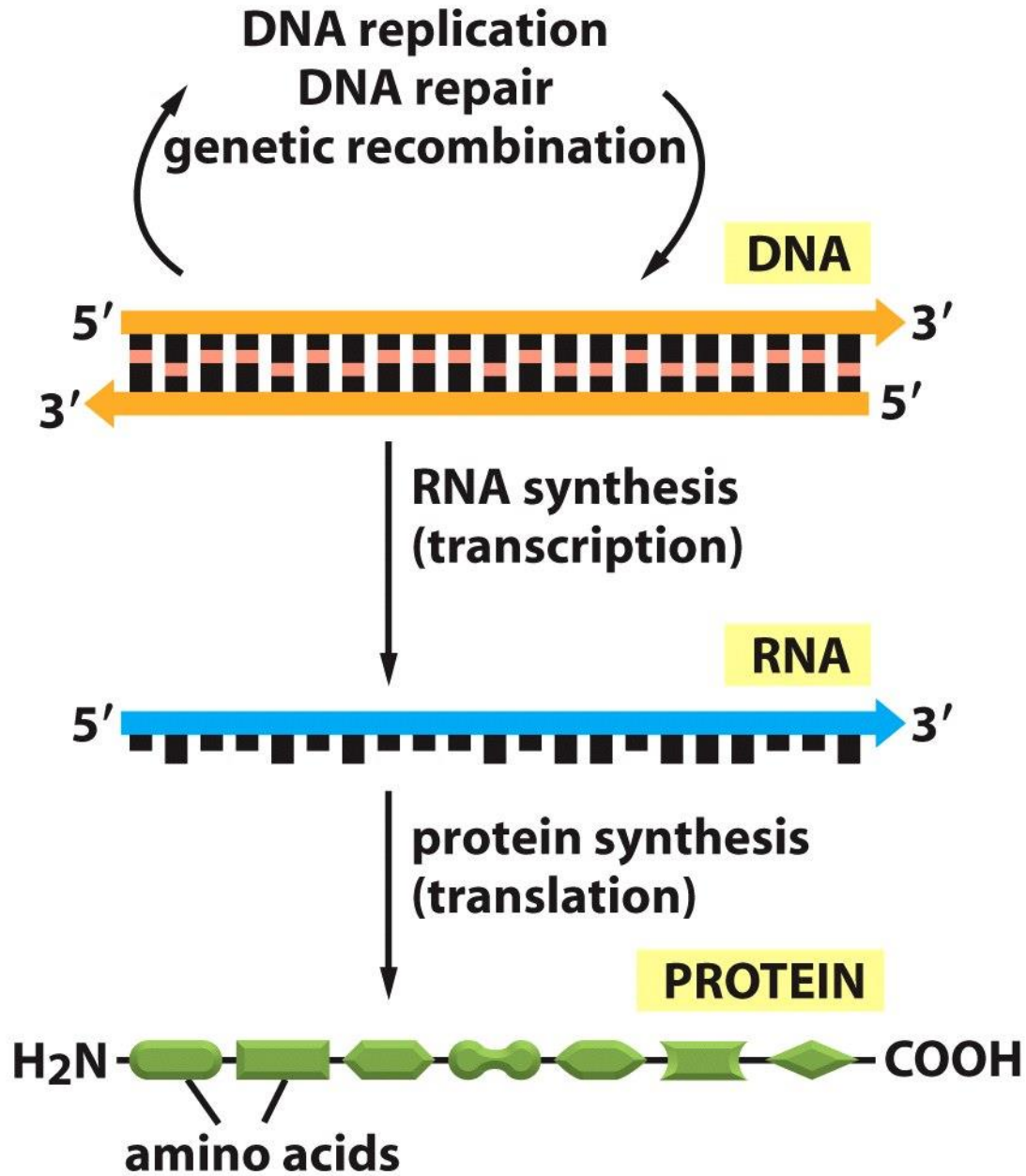
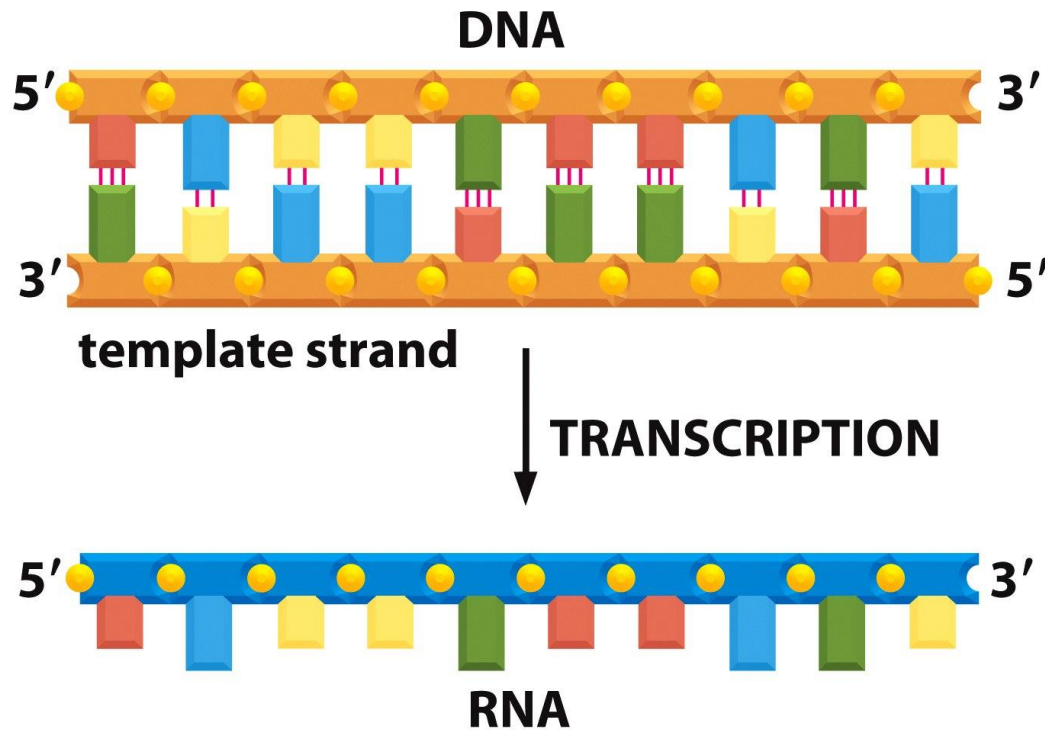


Figure 6-2 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

Transkripce

- Přepis z DNA do mRNA na základě komplementarity bazí



Translace

- Přepis z mRNA do struktury proteinu – čtení tzv. tripletů=kodonů (trojice nukleotidů)

GCA	AGA						GGA			UUA					AGC											
GCC	AGG						GGC		AUA	UUG				CCA	AGU											
GCG	CGA						GGG	CAC	AUC	CUA			CCC	UCA	ACA											
GCU	CGC	GAC	AAC	UGC	GAA	CAA	GGU	CAU	AUU	CUC	AAA	AUG	UUC	CCG	UCG	ACG										
	CGU	GAU	AAU	UGU	GAG	CAG				CUU	AAG		UUU	CCU	UCU	ACU	UGG	UAC	GUA							
																		UAU	GUC							
																			GUG							
																			GUU							
Ala	Arg	Asp	Asn	Cys	Glu	Gln	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val	stop						
A	R	D	N	C	E	Q	G	H	I	L	K	M	F	P	S	T	W	Y	V							

Úkol

Určete AK, které vzniknou přepisem sekvence DNA:

AATGCCGATATGCAA

Opakování

- Jaké prvky se vyskytují v živých buňkách?
- Jaké malé molekuly se vyskytují v živých buňkách?
- Jaké makromolekuly se vyskytují v živých buňkách?

Opakování

- Charakterizujte polysacharidy, lipidy, bílkoviny, nukleové kyseliny z hlediska struktury a funkce.
- Popište vztah mezi nukleovými kyselinami a proteiny.

Shrnutí=zkouškové otázky

- Prvkové složení živých organismů, typy vazeb mezi atomy
- Lipidy
- Bílkoviny
- Nukleové kyseliny