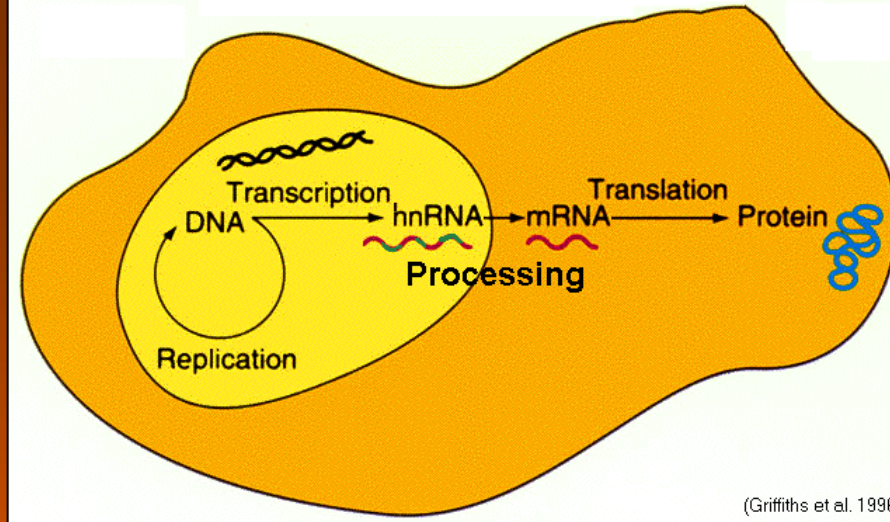


## The Central Dogma in Eukaryotic Cells



# Úvod do studia biologie

## Základy molekulární genetiky

# Molekulární genetik

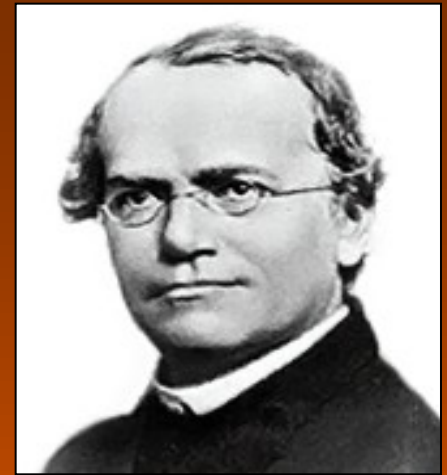
- podobor genetiky (genetika je obecnější)

## Genetika:

- nauka o dědičnosti a proměnlivosti
- „věda 20. století“

## Johann Gregor (Jan Řehoř) Mendel

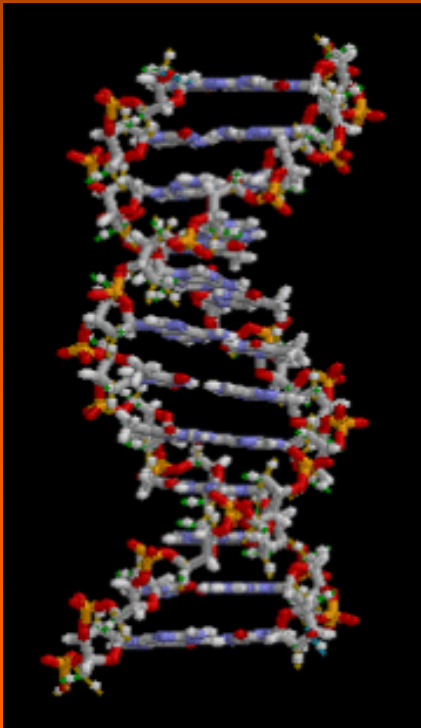
- **zakladatel genetiky**
- své objevy uskutečnil v augustiniánském klášteře na Starém Brně
- **hypotéza**: Při křížení rostlin se znaky rodičů přenášejí na potomky prostřednictvím jednotek dědičnosti, které se při tvorbě pohlavních buněk rozdělují a při oplození opět spojují.  
Spojování jednotek dědičnosti podléhá statistické zákonitosti.
- **experimentální organizmus**: hrách setý (*Pisum sativum*) - různé odrůdy, lišící se v sedmi párech znaků
- 1866 - tiskem jeho práce Versuche mit Pflanzenhybriden  
(Pokusy s rostlinnými hybridy)



J. G. Mendel

# Molekulární genetik

- vědní obor, zabývající se přenosem genetické informace do dalších generací buněk či organismů (dědičností) a vyjádřením této genetické informace (její expresí)
- genetická informace - představuje většinu vnitřní informace buněk (většinu buněčné paměti)



DNA

- je zapsána do struktury nukleových kyselin (zejména do **DNA** - deoxyribonukleová kyselina)
- stojí na počátku každého živého organismu
- určuje budoucí anatomickou stavbu organismu, je nepostradatelnou součástí pohlavního i nepohlavního rozmnožování atd.

# Molekulární genetik

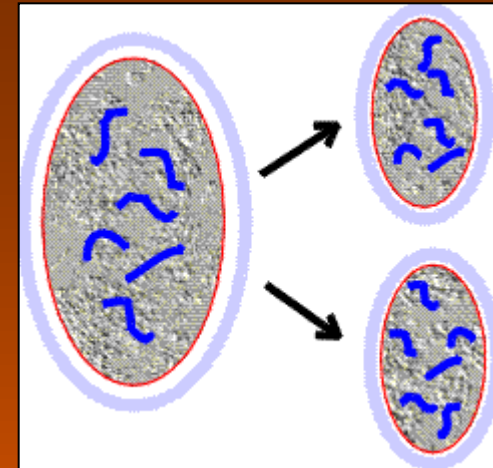
## buněčná paměť:

paměť (obecně) - schopnost systému  
informaci zaznamenat,  
uchovávat a eventuálně ji předávat

→ buněčná paměť - schopnost buňky uchovávat  
informaci pro svou reprodukci,  
růst, zajištění základních  
životních funkcí atd.

- při dělení se informace předává  
buňkám dceřiným → dědičnost

dědičnost - schopnost předávat jistý soubor informací  
(zde genetickou informaci) zaznamenaný  
do paměti (zde buněčné) ve sledu  
po sobě jdoucích generací jak na úrovni buňky,  
tak i na úrovni mnohobuněčného organismu



dělení buněk



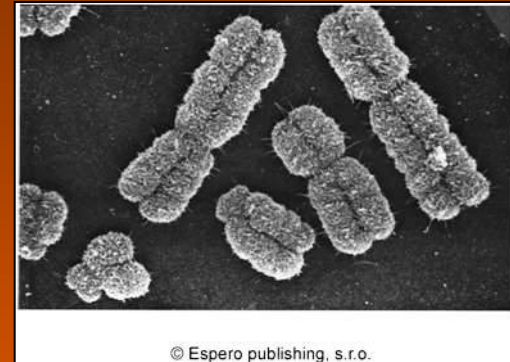
© Espero Publishing, s.r.o.

# Molekulární genetik

## paměťový princip (paměťový systém) buňky:

- zahrnuje vše co souvisí s buněčnou pamětí, tedy:

- způsob kódování informace
- vyzvedávání informace z paměti
- doplňování informace
- zdvojení či multiplikaci paměťového záznamu

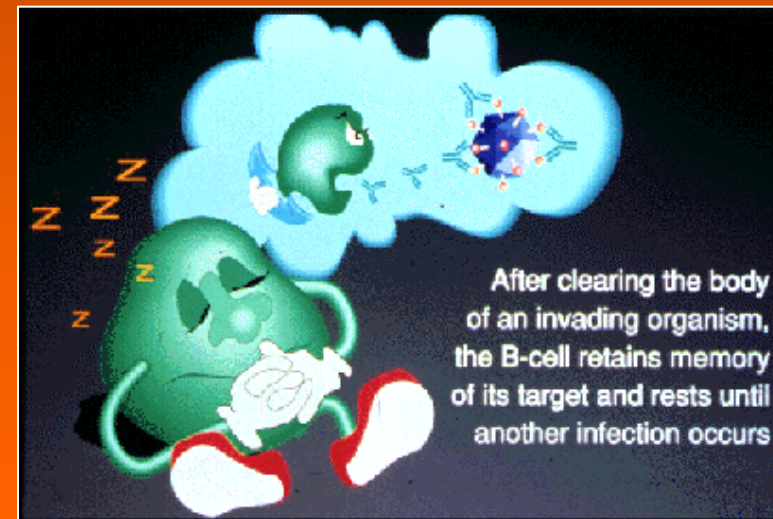


chromozomy

- jeden ze tří principů funkční organizace buňky

- obecné principy, podle kterých jsou molekuly buňky uspořádány do funkčně strukturálních celků (další jsou **membránový a cytoskeletální princip**)

- paměťový princip je znám **nejdéle**



buňka má paměť



# Molekulární genetik

## materiální základ buněčné paměti musí:

### 1) mít dostatečně velkou kapacitou

- zaznamenání všech informací pro základní funkce buňky

### 2) být dlouhodobý

- pro uchovávání většiny informací po celou dobu existence buňky

### 3) být dostatečně stabilní - aby byly vlastnosti buňky relativně stálé

### 4) mít snadnou vybavitelnost - pro lehké vyzvednutí a převedení informací do konkrétních vlastností buňky

### 5) mít schopnost zdvojení - aby obě dceřiné buňky získaly při reprodukci od mateřské buňky stejnou genetickou informaci

### 6) mít možnost doplňování - pro doplňování vnitřních informací buňky v průběhu evoluce



buněčná paměť

# Molekulární genetik

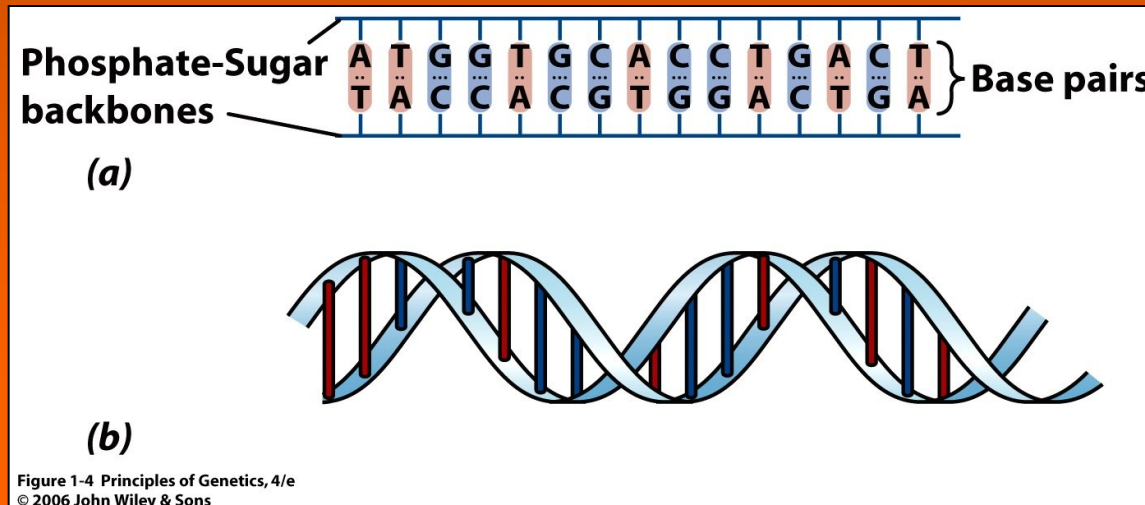
## materiální základ (médium) buněčné paměti:

- tento materiální základ v buňce tvoří nukleové kyseliny

→ zejména DNA → nositelka genetické informace

(výjimka RNA viry - zde RNA)

- genetická informace - je uložena v sekvenci (pořadí) nukleotidů DNA, která je během buněčného cyklu duplikována a následně předávána do dceřiných buněk



DNA

# Molekulární genetik

## DNA (deoxyribonukleová kyselina):

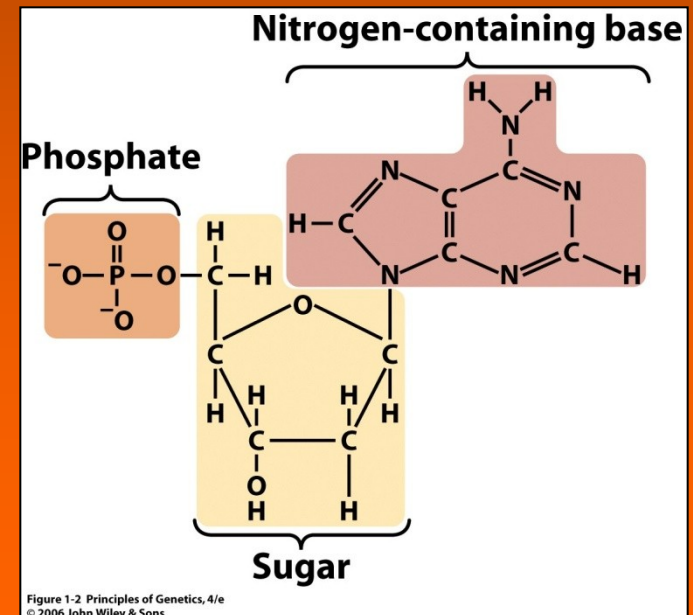
- makromolekula, náleží mezi tzv. nukleové kyseliny
- má charakter biopolymeru (spolu s **bílkoviny** a **polysacharidy**)  
→ složena z velkého počtu monomerů

## primární struktura DNA:

- základní stavební jednotka (monomer) - nukleotid

## nukleotid:

- tvořen spojením
  - organické dusíkaté baze,**
  - pentózy (2-deoxy- $\beta$ -D-ribózy)**
  - a kyseliny fosforečné**
- v DNA čtyři dusíkaté baze:
  - a) puriny - adenin, guanin
  - b) pyrimidiny - cytozin, tymin



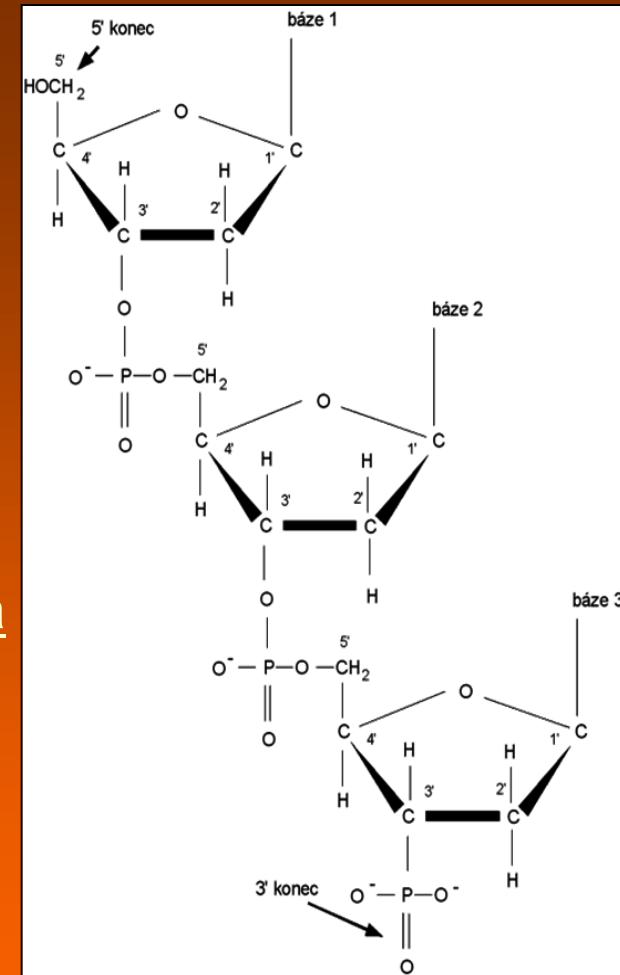
nukleotid



# Molekulární genetik

## primární struktura DNA:

- mezi jednotlivými nukleotidy v DNA esterická vazba → polynukleotid
- v ose polynukleotidového řetězce se střídá kyselina fosforečná a pentóza  
→ cukr-fosfátová osa molekuly DNA
- dusíkaté baze od této osy odstupují



primární struktura DNA

# Molekulární genetika

## primární struktura DNA:

- DNA zpravidla tvořena dvěmi polynukleotidovými řetězci, které probíhají vedle sebe → dvouřetězcová DNA  
(řetězce navzájem spojeny vodíkovými můstky mezi bazemi → vzájemné párování bazí)

- sekvence nukleotidů (bazí) v řetězcích na sobě navzájem závislé

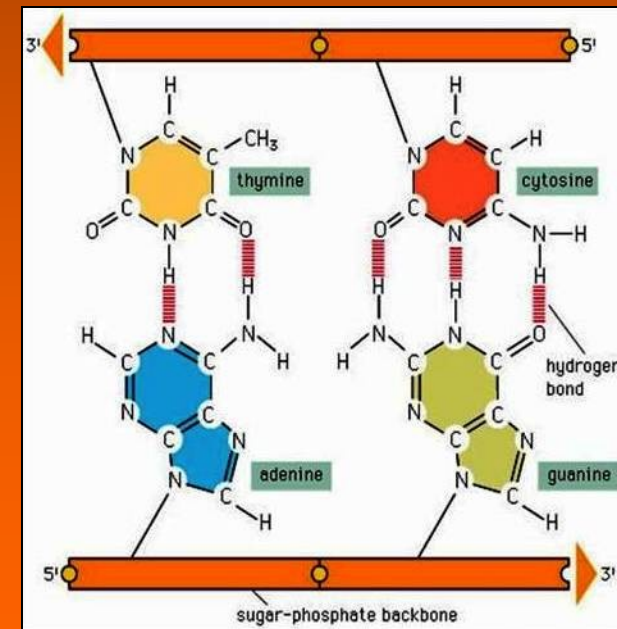
- párování purinové s pyrimidinovou bazí

- adenin (A) se vždy páruje s thyminem (T)
- guanin (G) se vždy páruje s cytozinem (C)

→ v molekule DNA množství A = T  
množství C = G

- sekvence (pořadí) nukleotidů

- představuje genetickou informaci

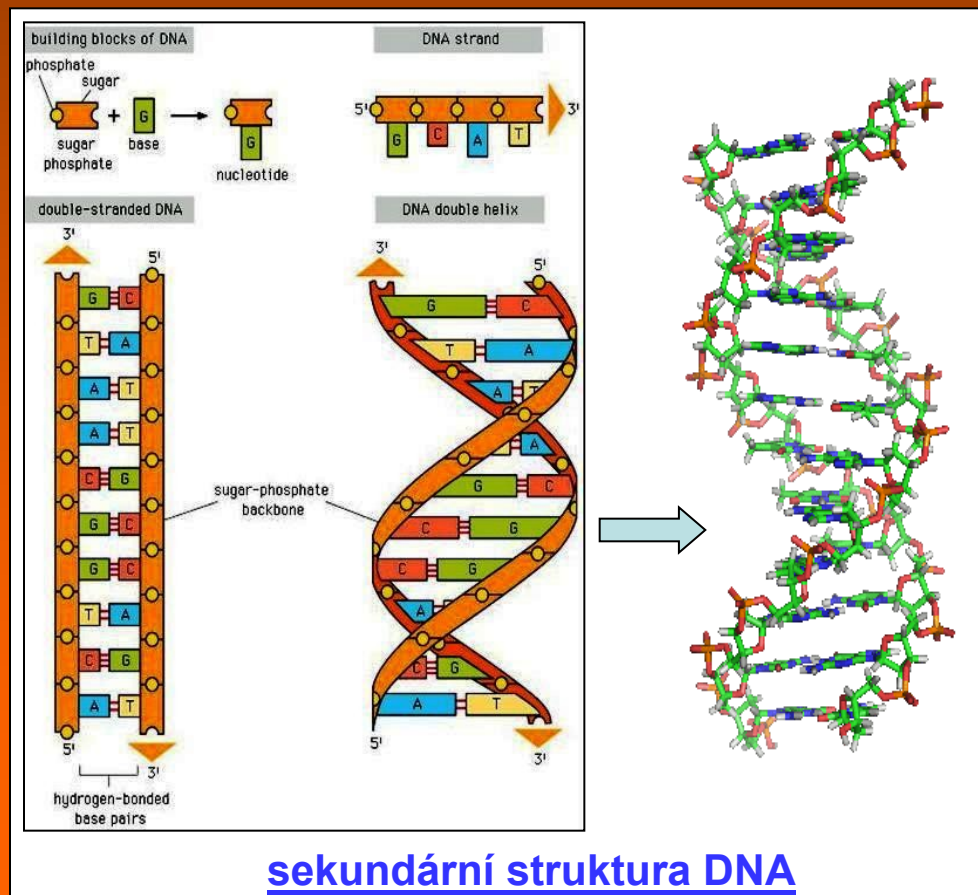


párování bazí  
ve dvouřetězcové DNA

# Molekulární genetika

## sekundární struktura DNA:

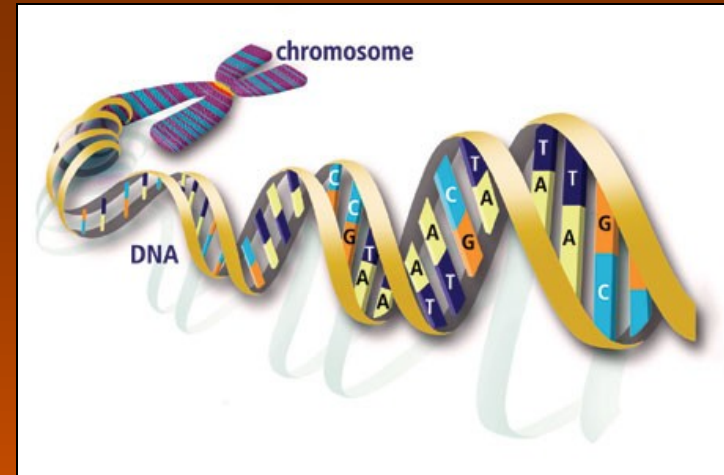
- dvoušroubovice obou řetězců, které jsou spojeny vodíkovými můstky mezi komplementárními (doplňujícími se) bazemi
  - může být pravotočivá (častější) nebo levotočivá
  - sekundární struktura stabilizována hlavně pomocí vodíkových můstků mezi bazemi
- jsou ještě další vyšší uspořádání molekuly DNA



# Molekulární genetik

## chromozomy:

- buněčné struktury, pomocí nichž je většina genetické informace obsažená v buňkách uchovávána a přenášena do dalších generací
- základem molekula DNA
- součástí chromozomů také bílkoviny
  - histonové bílkoviny  
(bílkoviny bazického charakteru)
  - nehistonové bílkoviny  
(bílkoviny kyselého charakteru)
- prokaryontní a eukaryontní  
chromozomy se liší



DNA je základem chromozomů

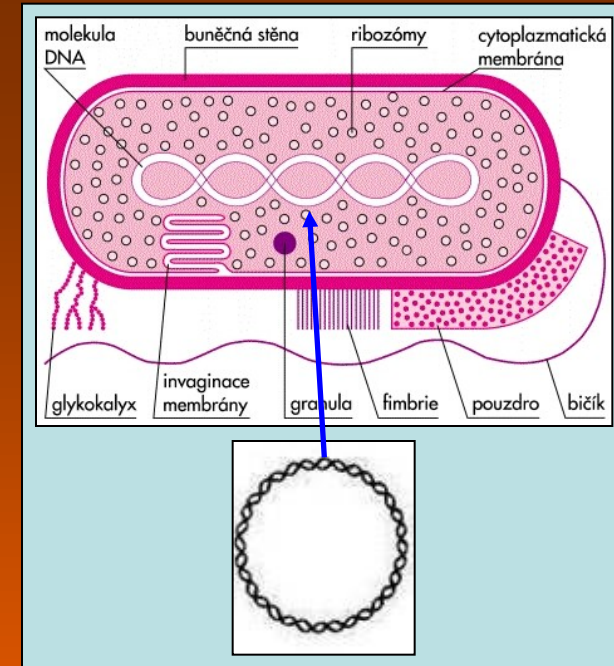


chromozom

# Molekulární genetik

## prokaryontní chromozom:

- tvořen jednou kružnicovou molekulou DNA a proteiny
- není proti cytoplazmě ohraňčen jadernou membránou
- připojen k cytoplazmatické membráně  
na jednom nebo více místech
- charakter prokaryontního chromozomu mají také chromozomy mitochondrií a chloroplastů eukaryontních buněk



prokaryontní chromozom



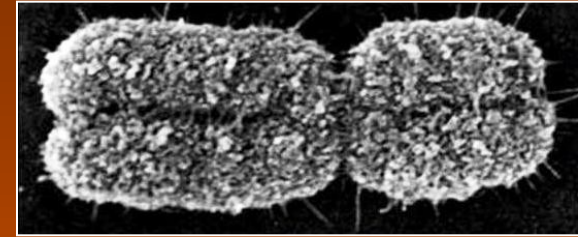
bakterie



# Molekulární genetik

## eukaryontní chromozomy:

- umístěny vždy v jádru eukaryontních buněk (tedy i lidských), které je od cytoplazmy oddělené membránou
- jejich morfologie pozorovaná v mikroskopu závisí na tom, v jakém stádiu buněčného cyklu se buňka nachází
- chemické složení je obdobné jako u prokaryontního chromozomu
- DNA
- bílkoviny bazického a kyselého charakteru
- každý eukaryontní chromozom
  - jediná lineární molekula DNA



eukaryontní chromozom



eukaryontní chromozomy



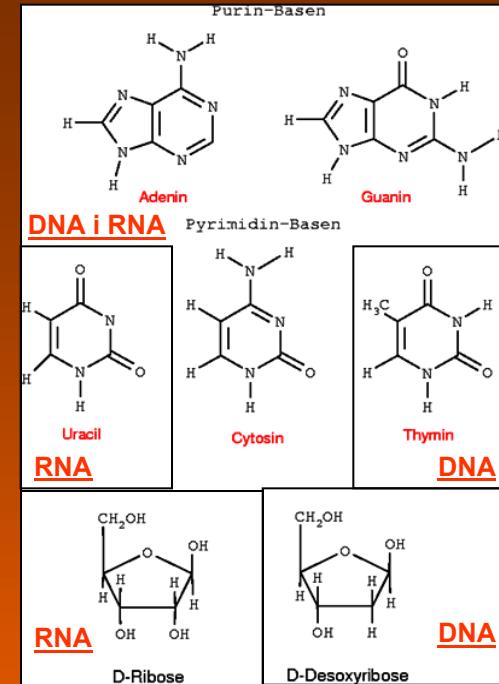
# Molekulární genetika

## molekula RNA:

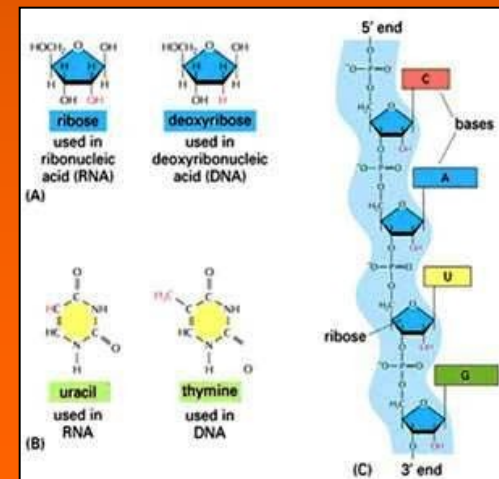
- také nukleová kyselina, která je většinou tvořena jedním polynukleotidovým řetězcem nukleotidů
- základní stavební jednotka (monomer) - nukleotid

## nukleotid RNA:

- tvořen spojením **organické dusíkaté baze**, **pentózy (D-ribózy)** a **kyseliny fosforečné**
- dusíkaté baze v RNA:
  - a) **puriny** - guanin (G), adenin (A)
  - b) **pyrimidiny** - cytozin (C), uracil (U) (místo tyminu v DNA)
- **uracil se váže s adeninem (jako tymin v DNA)**
- tři základní typy RNA: **mRNA** (mediátorová), **rRNA** (ribosomální), **tRNA** (transferová)



## rozdíly mezi DNA a RNA

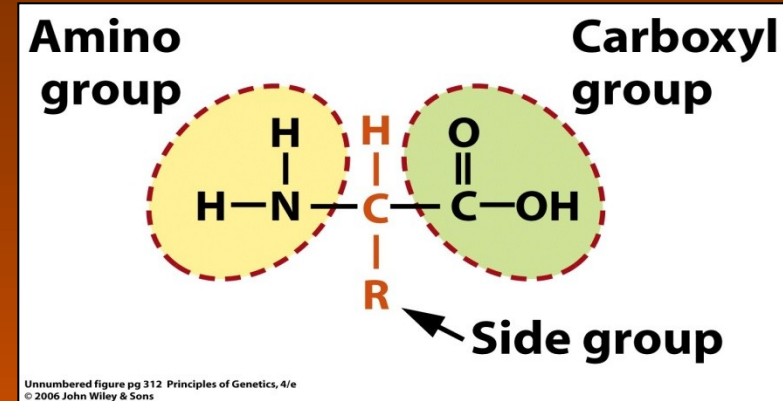


# Molekulární genetika

## bílkoviny (proteiny):

- podílejí se na všech základních životních procesech

- funkce:
- strukturní (stavební bílkoviny)
  - metabolická (enzymy)
  - informační (signální či transportní proteiny)



obecná struktura AMK

- obdobně jako nukleové kyseliny mají charakter biopolymeru
- jejich monomery - aminokyseliny (AMK)
- pořadí (sekvence, sled) AMK - určuje primární strukturu bílkoviny

# Molekulární genetika

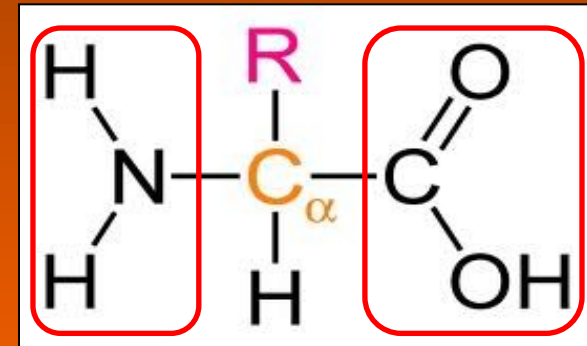
## bílkoviny (proteiny):

### - aminokyseliny (AMK):

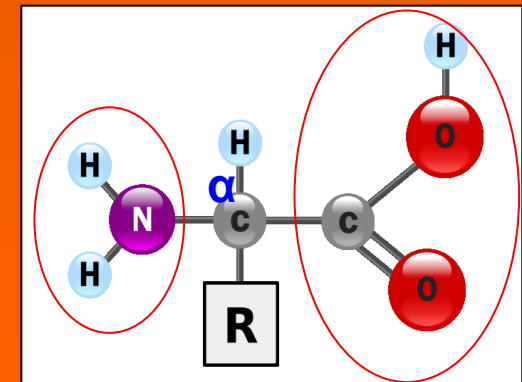
- odvozeny od organických karboxylových kyselin, přičemž na  $\alpha$ -uhlík je kromě karboxylové skupiny (-COOH) vždy ještě navázána aminoskupina (-NH<sub>2</sub>)

- symbol **R** označuje postranní řetězec, v němž se jednotlivé AMK od sebe navzájem liší  
→ na základě charakteru postranních řetězců řadíme AMK do čtyřech skupin:

- a) **s nepolárním** postranním řetězcem
- b) **s polárním** postranním řetězcem
- c) **s kyselým** postranním řetězcem
- d) **s bazickým** postranním řetězcem



obecná stavba AMK



# Molekulární genetik

## bílkoviny (proteiny):

### - aminokyseliny (AMK):

- v bílkovinách zpravidla 20 AMK

→ dělení na základě charakteru postranních řetězců

- označovány pro úspornost třípísmenným nebo jednopísmenným kódem (viz obr. vpravo)

### - příklad:

alanin = Ala = A  
arginin = Arg = R

atd.

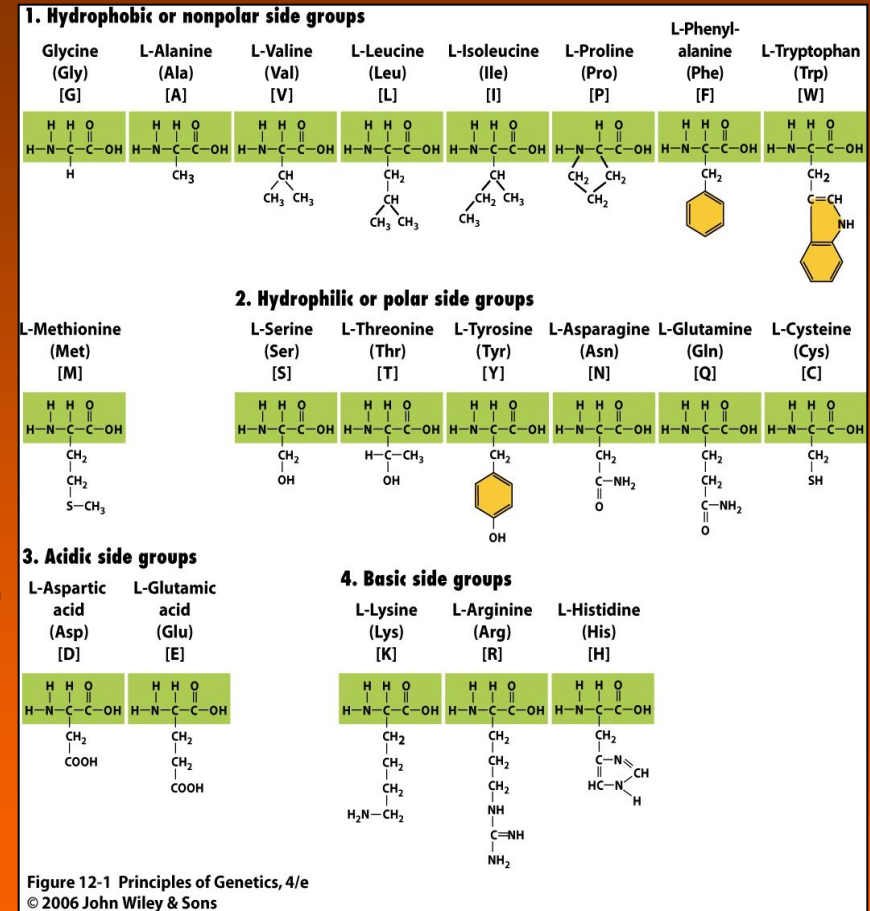


Figure 12-1 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

rozdělení AMK do čtyřech skupin  
na základě charakteru  
postranních řetězců

# Molekulární genetik

## bílkoviny (proteiny):

### - primární struktura bílkovin:

- je dána pořadím AMK v konkrétní molekule

(podobně jako primární struktura nukleových kyselin

je dána pořadím nukleotidů)

- AMK jsou navzájem pospojovány

v molekule bílkoviny tzv. peptidovou vazbou

(vazba mezi aminoskupinou na  $\alpha$ -uhlíku jedné AMK a

karboxylovou skupinou sousední AMK)

- pospojování více AMK za sebou

→ peptidový řetězec

- krátké řetězce tvořené několika či několika desítkami AMK

→ peptidy či oligopeptidy

- větší počet AMK (řádově stovky)

→ bílkoviny (polypeptidy)

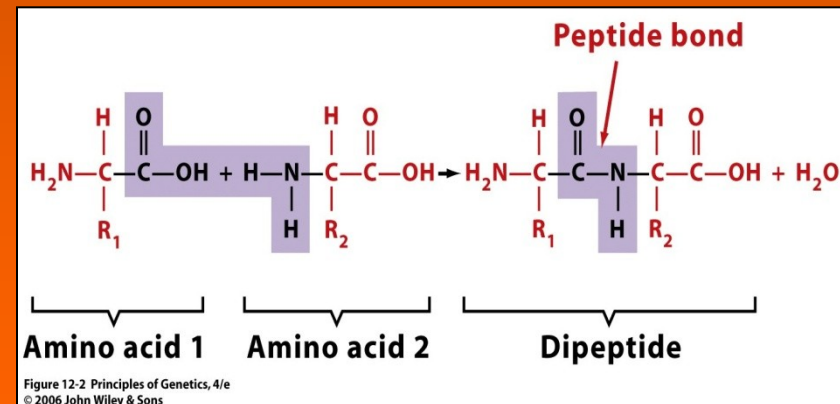


Figure 12-2 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

peptidová vazba mezi dvěma AMK -  
- vznik dipeptidu

# Molekulární genetika

## bílkoviny (proteiny):

### - konformace proteinu

- tvar, který protein zaujímá v prostoru

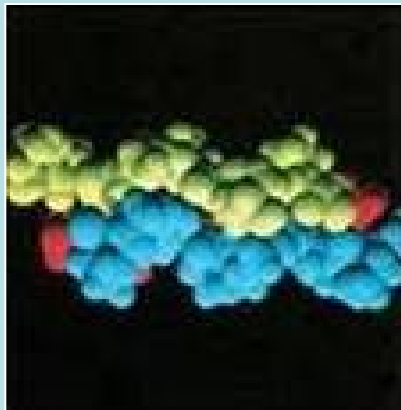
→ proteiny - fibrilární - jejich polypeptidový řetězec je v postatě natažen v prostoru

- globulární - jejich tvar v prostoru se blíží sférickým útvarům

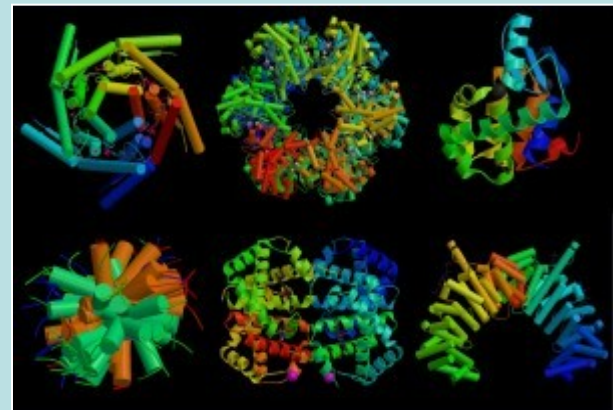
- většina enzymů



příklad globulárního proteinu



příklad fibrilárního proteinu



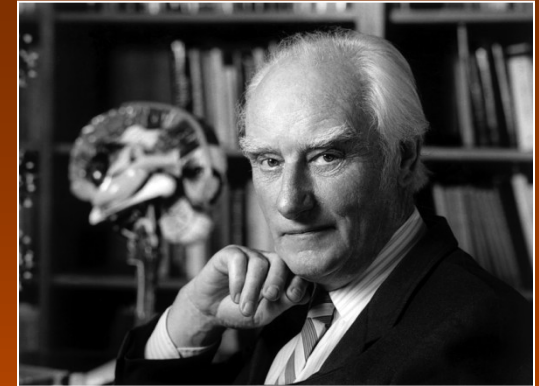
různé tvary a struktury proteinů



# Molekulární genetik

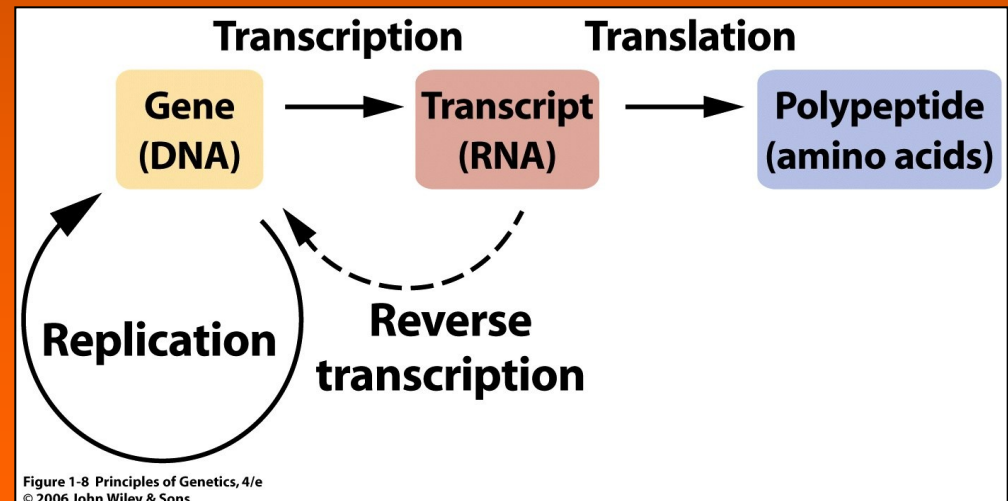
## ústřední dogma molekulární biologie:

- shrnuje procesy, týkající se přenosu (toku) genetické informace
- přenos genetické informace je **možný** z nukleové kyseliny do nukleové kyseliny nebo z nukleové kyseliny do proteinu
- zpětný přenos z proteinu do nukleových kyselin ani přenos z proteinu do proteinu **není možný**



Francis Crick

- tok genetické informace mezi DNA a RNA (nukleovými kyselinami) je obousměrný (formulováno **Francisem H. C. Crickem** v letech 1957-1958)

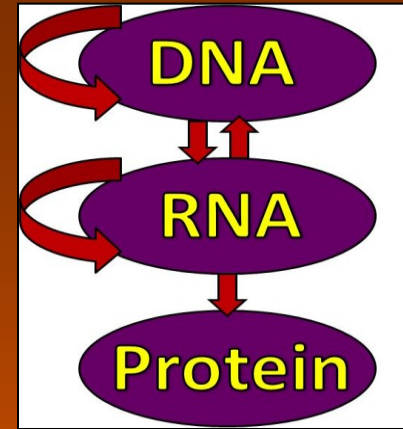


ústřední dogma molekulární biologie

# Molekulární genetik

ústřední dogma molekulární biologie:

- zahrnuje několik dílčích procesů - tři základní jsou:



a) replikace (zdvojení) genetické informace

- tvorba kopíí molekul DNA v jádru buněk
- přenos genetické informace z DNA do DNA

b) transkripce (přepis) genetické informace z DNA do RNA

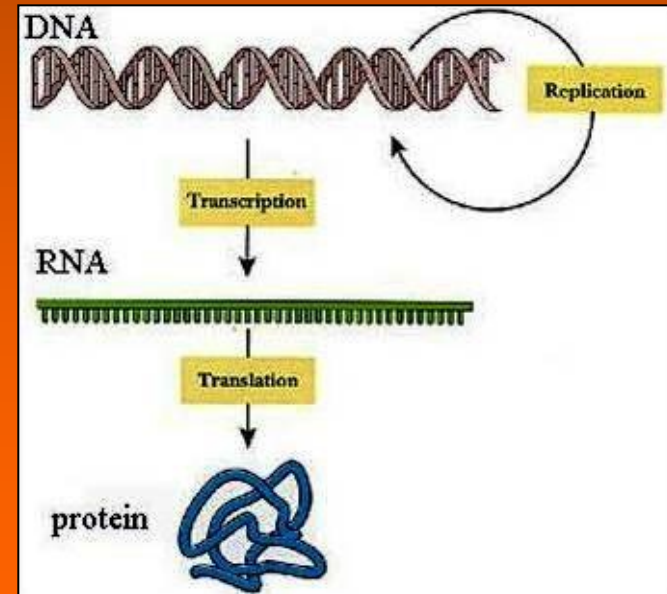
- opačný proces (přepis z RNA do DNA)  
→ zpětná transkripce  
(u retrovirů - RNA viry - např. virus HIV)

c) translace (překlad) genetické informace z RNA do primární struktury proteinu

(překlad z jednoho jazyka do druhého)

např. morseova abeceda (kód) →

→ jednotlivá písmena abecedy



... / - - - / ... → S / O /

S

ústřední dogma  
molekulární biologie

# Molekulární genetik

buněčný cyklus: - cyklus, kterým prochází buňka mezi svými děleními

a) interfáze - období mezi dvěma následnými mitotickými děleními

zahrnuje: **G<sub>1</sub>-fázi** - probíhá transkripce a translace

**S-fázi** - probíhá replikace jaderné DNA (pouze v této fázi)

**G<sub>2</sub>-fázi** - probíhá transkripce a translace

proteosyntéza - proces vedoucí **ke vzniku proteinů**

- zahrnuje transkripci a translaci

b) M- fáze

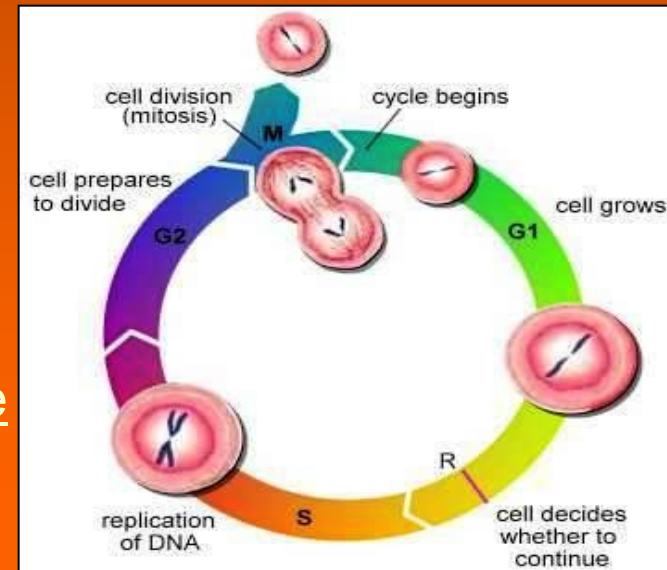
- zahrnuje **jaderné dělení (mitózu)** a **cytokinezi** (vlastní rozdělení buňky ve dvě dceřiné)

mitóza - nejčastější typ jaderného dělení

- neprobíhá transkripce ani translace

- konvenčně **dělena** na profázi, prometafázi, metafázi,

anafázi a telofázi



fáze buněčného cyklu

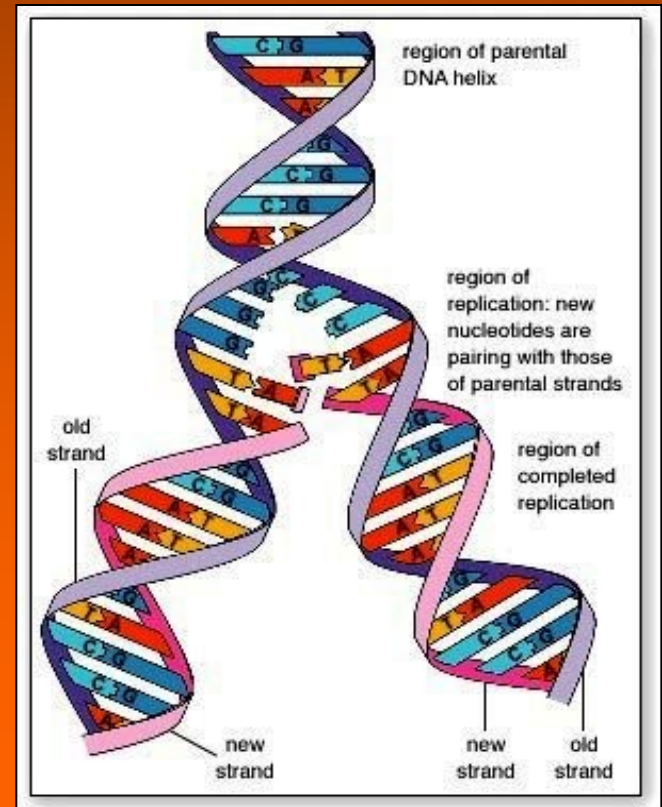
# Molekulární genetik

## replikace:

- zdvojení ~ tvorba kopií molekul DNA
- **zdvojení jaderné DNA** probíhá **v S-fázi** buněčného cyklu →  
→ **vznik dceřiných molekul DNA**

- dceřiné molekuly DNA si zachovávají **stejnou genetickou informaci** jako původní molekula DNA (nemění se primární struktura DNA ~ ~ pořadí nukleotidů)

→ tyto **replikované molekuly DNA** (nacházející se v chromozomech) jsou následně **během M-fáze rozděleny do dceřiných buněk** tak, aby **obě buňky získaly kompletní a stejnou genetickou informaci (chromozomovou sadu)**

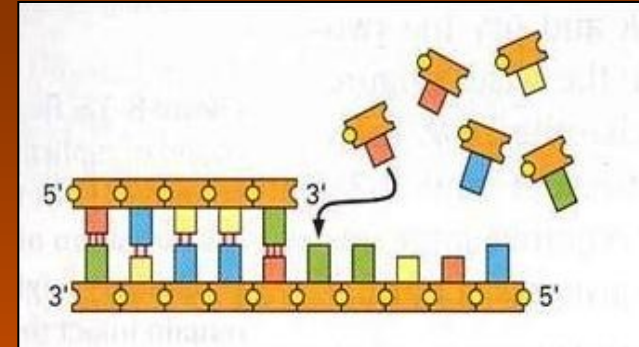


replikace

# Molekulární genetik

## replikace:

- principem je komplementarita bází
- probíhá tzv. **semikonzervativním způsobem**
  - oba řetězce výchozí molekuly slouží jako **matrice** pro syntézu komplementárních řetězců
  - v obou **výsledných molekulách DNA** se zachovává **jeden řetězec z výchozí molekuly**



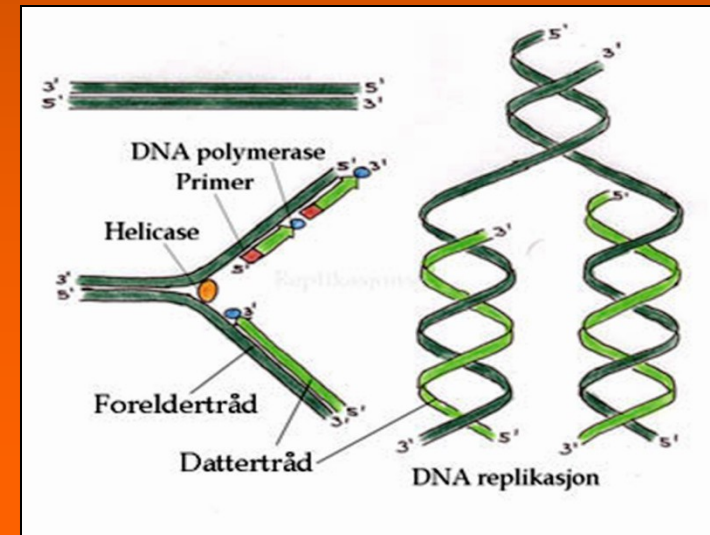
syntéza komplementárního řetězce DNA

## Prokaryonta

- replikace kruhového chromozomu

## Eukaryonta

- replikace lineárních chromozomů
- oproti Prokaryontům je u nich replikace složitější



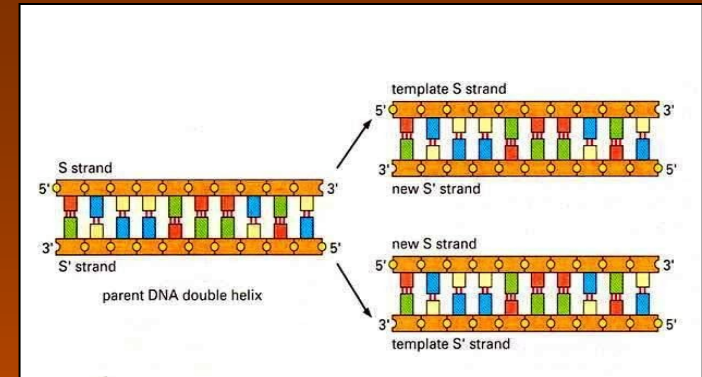
replikace



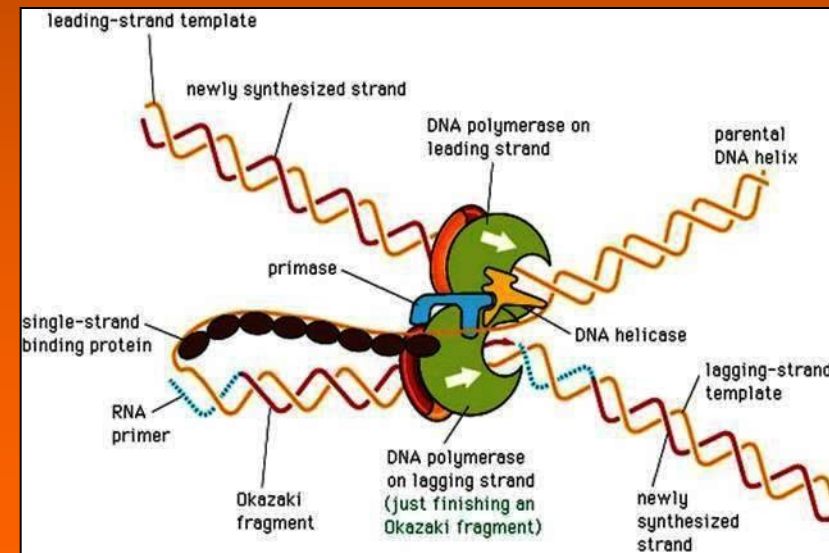
# Molekulární genetika

## replikace:

- složitý enzymatický proces (účastní se ho celá řada proteinů)
- na chromozomové DNA tzv. **replikační počátek** (ori sekvence, origin of replication)
  - určité konkrétní místo, na němž začíná replikace
- na něj se váže iniciační protein → → rozvinutí dvoušroubovice DNA v krátkém úseku → vazba dalších součástí replikačního aparátu včetně DNA-polymerázy
- DNA-polymerázy
  - **enzymy**, které katalyzují syntézu komplementárních řetězců DNA



replikace probíhá na základě komplementarity bází



replikace prostřednictvím DNA-polymerázy



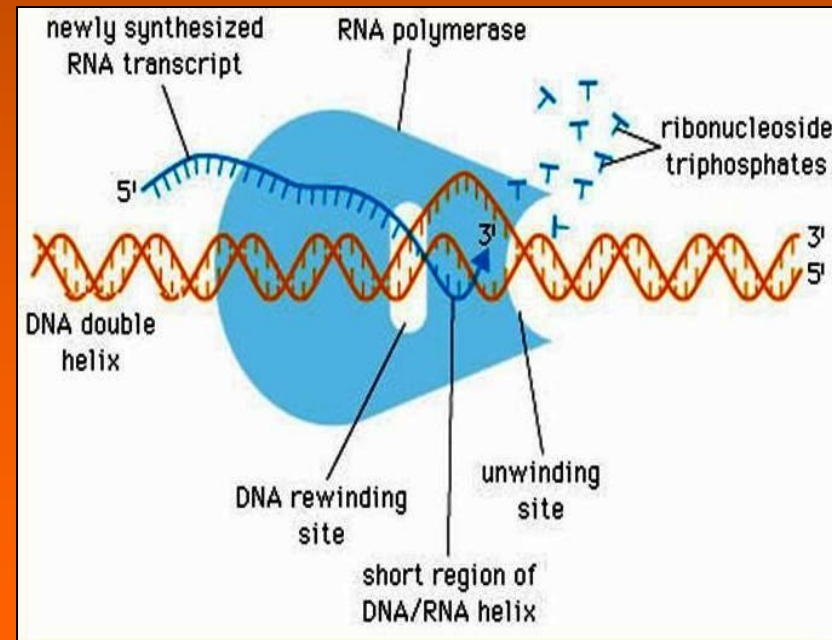
# Molekulární genetik

## transkripce:

- přepis genetické informace z DNA do RNA
- probíhá zejména v **G<sub>1</sub>- a G<sub>2</sub>-fázi** buněčného cyklu (růst buňky)
- proces, při kterém se genetická informace převádí z formy zápisu v nukleotidové sekvenci určitého typu do formy zápisu v nukleotidové sekvenci jiného typu (z DNA sekvence do RNA sekvence)

→ vzniklá RNA sekvence nukleotidů ~  
~ RNA-transkript

- obdobně jako replikace založena na **komplementaritě bazí** (místo tyminu v DNA je v RNA uracil)
- opět složitý enzymatický proces
- RNA-polymerázy - enzymy, které katalyzují syntézu RNA podle matrice DNA



transkripce

# Molekulární genetika

## transkripce:

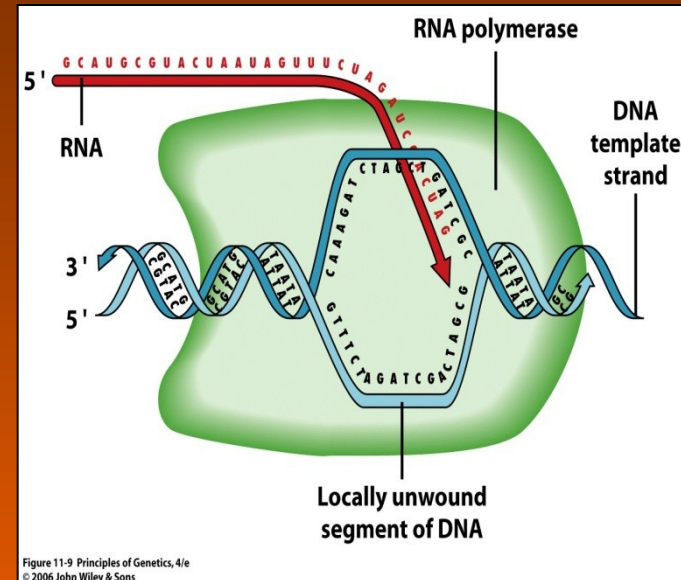
**RNA-polymerázy** - umožňují syntézu  
všech tří typů RNA  
(mRNA, rRNA i tRNA)

vznik RNA-transkriptu - zahrnuje tři fáze:

a) iniciace - navázání RNA-polymerázy  
na tzv. promotor a  
zahájení transkripce  
(promotor ~ nukleotidová sekvence na DNA,  
která určuje počátek transkripce)

b) elongace - připojování RNA nukleotidů k vznikající molekule RNA  
(samotná syntéza molekuly RNA se děje díky polymeraci)

c) terminace - zastavení syntézy RNA molekuly na tzv. terminátoru  
(terminátor ~ nukleotidová sekvence na DNA,  
která určuje konec transkripce)



## transkripce

# Molekulární genetik

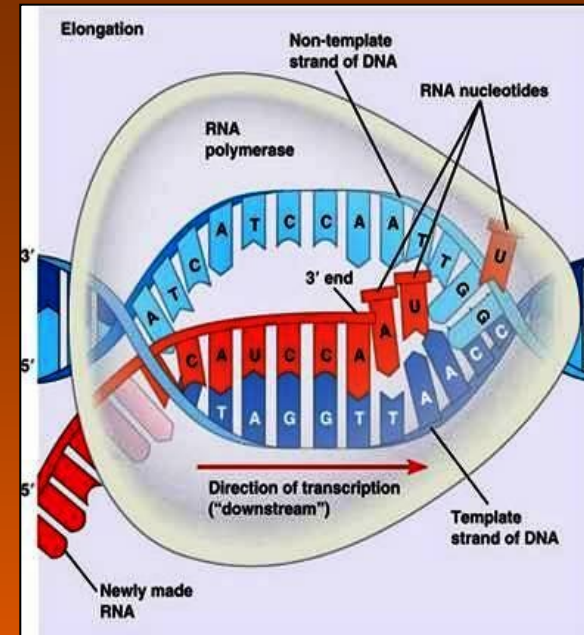
## transkripce:

**DNA** - tvořena dvěma polynukleotidovými řetězci

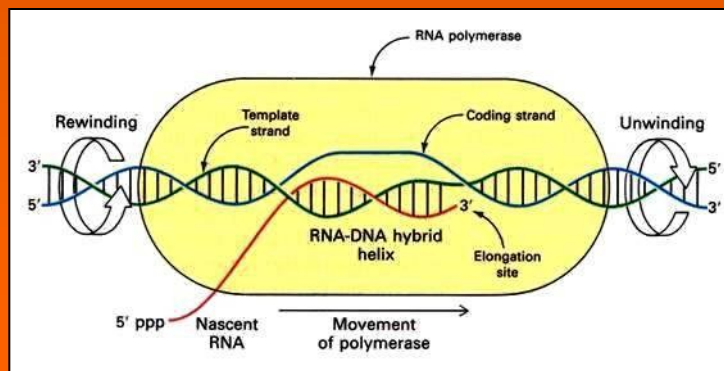
- jako matrice pro přepis do RNA slouží tzv. **nekódující (templátové) vlákno DNA**

→ vznikající molekula RNA má tedy stejnou nukleotidovou sekvenci jako druhé - **kódující vlákno DNA** (místo tyminu je v RNA nicméně uracil)

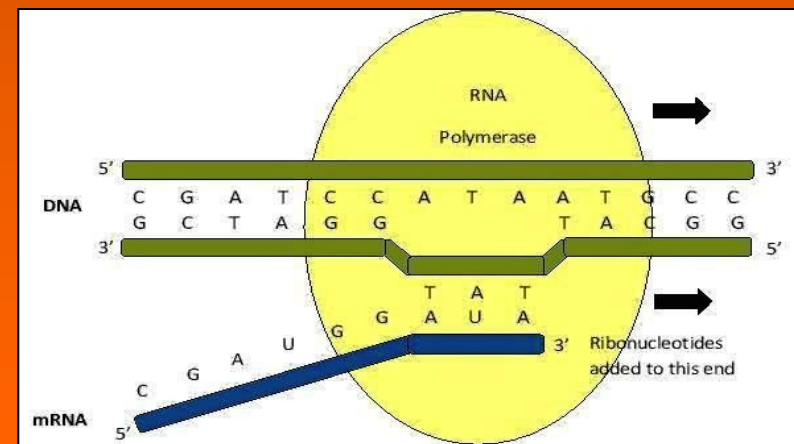
- ve srovnání s Prokaryonty je transkripce u Eukaryont složitější



transkripce



transkripce



transkripce

# Molekulární genetika

## transkripce:

→ vznik tří základních typů molekul RNA:

mRNA - její sekvence nukleotidů se překládá  
do aminokyselinové sekvence proteinů

rRNA - tvoří **základní složku ribozomů**

tRNA - při syntéze proteinů  
**přenáší aminokyseliny do ribozomu**

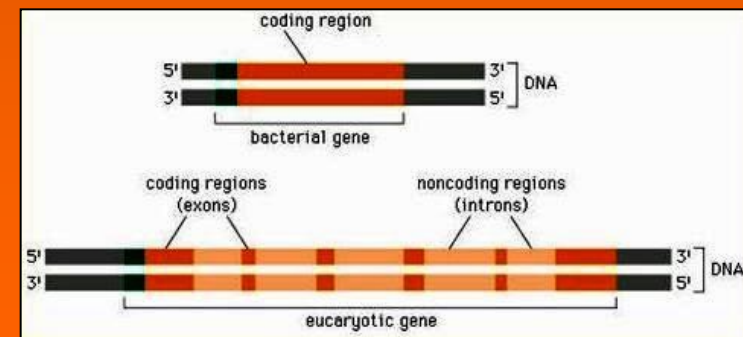
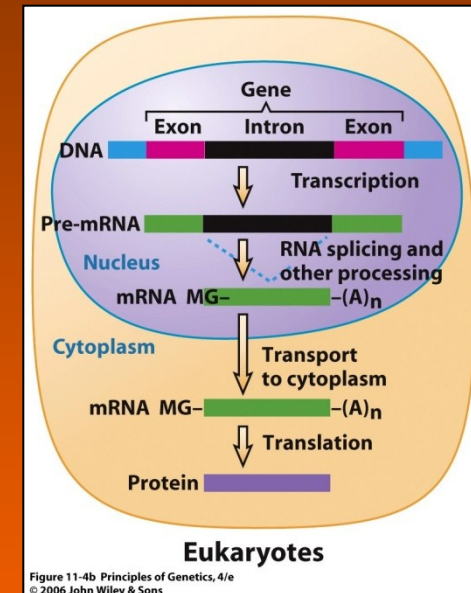
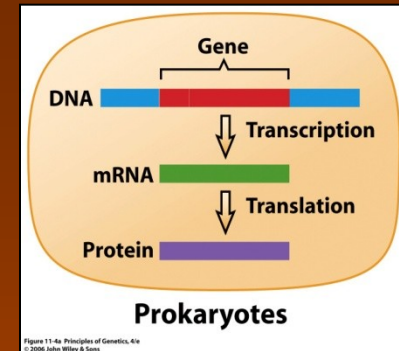
→ postranskripční úpravy

- například:

u Eukaryont se ze sekvence mRNA  
vyštěpují tzv. introny (úseky, které se  
nepřekládají do sekvence aminokyselin)

→ v transkriptu zůstanou pouze  
kódující oblasti - tzv. exony

→ překlad do aminokyselinové  
sekvence proteinu při translaci



**kódující a nekódující oblasti v DNA**

# Molekulární genetik

## translace:

- překlad genetické informace z mRNA do primární struktury proteinu (do AMK sekvence)
- probíhá v cytoplazmě buněk na ribozomech
- ribozomy - buněčné struktury, které jsou tvořeny molekulami rRNA a bílkovin (nejsou to orgány, neboť nemají membránu)
- mohou být v cytoplazmě loženy volně, nebo jsou navázány na membránu endoplazmatického retikula
- poměrně početné, v buňce řádově okolo 10 000 - 100 000 ribozomů

70S ribosome—crystal structure

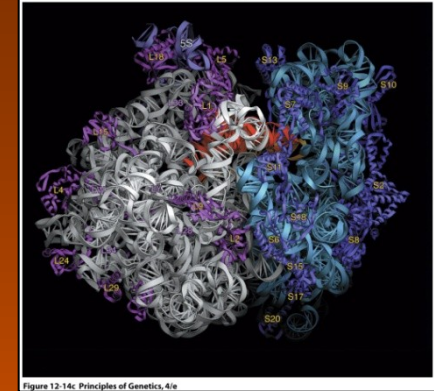
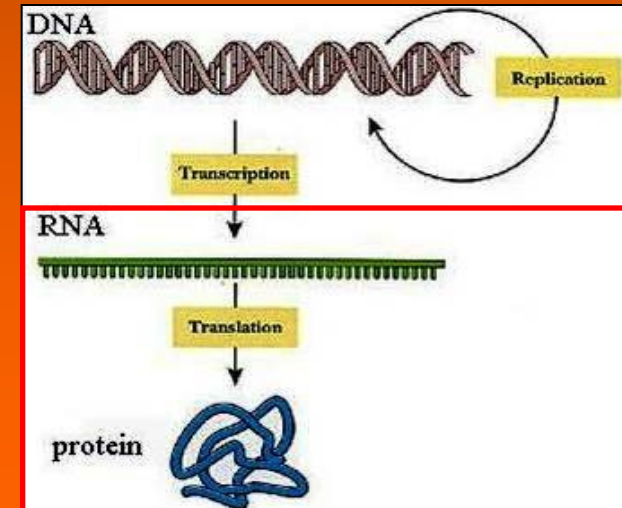


Figure 12-14c Principles of Genetics, 4/e

ribozom



ústřední dogma  
molekulární biologie



# Molekulární genetika

## translace:

- probíhá podobně jako transkripce zejména v **G<sub>1</sub>- a G<sub>2</sub>-fázi** buněčného cyklu (růst buňky)
- částečně **odlišná** u Prokaryont a Eukaryont
- účastní se jí řada **enzymů** a dalších pomocných faktorů
- **přenos AMK na ribozom** při syntéze proteinů zajišťuje **tRNA** díky **párování bazí s mRNA** pomocí tzv. **antikodonu** (trojice nukleotidů, která je komplementární ke kodonu na mRNA)
  - viz dále
- **správné řazení AMK** do bílkovinného řetězce při syntéze proteinu umožňuje tzv. genetický kód

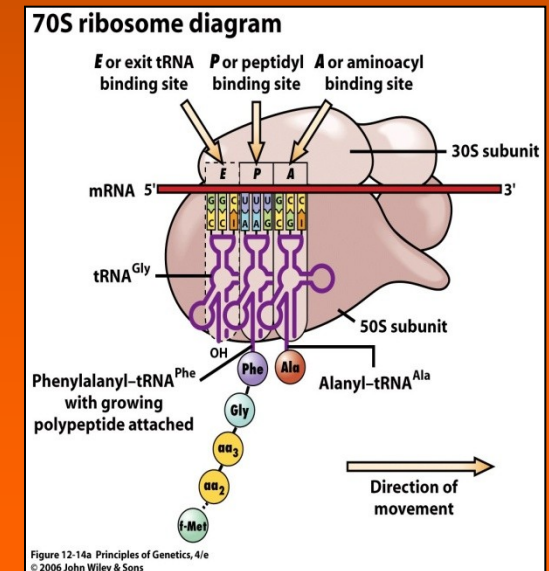
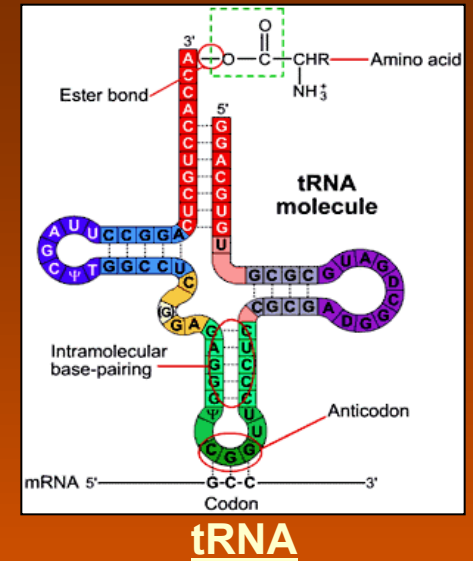


schéma translace



# Molekulární genetika

## translace:

### - genetický kód:

- každá AMK je kódována jednou nebo více kombinacemi tří nukleotidů (tzv. **triplety ~ kodony**) na molekule mRNA  
→ **pořadí nukleotidů na mRNA určuje pořadí AMK** v budoucí molekule proteinu

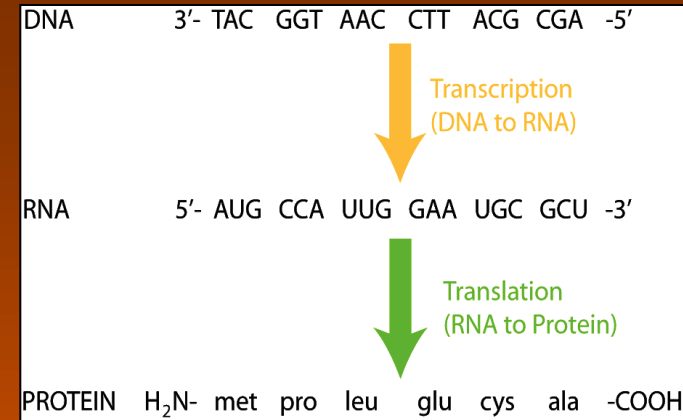
- v genetickém kódu se také vyskytují:

#### a) jeden iniciační kodon (AUG)

- pokud se vyskytne v sekvenci molekuly mRNA, značí zahájení translace

#### b) tři stop kodony (UAA, UAG, UGA)

- pokud se vyskytnou v sekvenci molekuly mRNA, značí ukončení translace



od DNA k proteinu

		Second Base				Third Base			
		U	C	A	G				
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	Stop	A
	UUG		UCG		UAG	Stop	UGG	Trp	G
C	CUU		CCU	Pro	CAU	His	CGU		U
	CUC	Leu	CCC		CAC		CGC	Arg	C
	CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU		ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC	Ile	ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met / Start	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU		GCU	Ala	CAU	Asp	GGU		U
	GUC	Val	GCC		GAC		GGC	Gly	C
	GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

genetický kód

# Molekulární genetika

## translace:

### - genetický kód:

- také označován jako **univerzální**, neboť je v drtivé většině stejný pro všechny organizmy - jak Prokaryonta, tak i Eukaryonta

- je **degenerovaný** - jedna AMK kódována více triplety  
(64 možných tripletů, aminokyselin pouze 20)

### - polyribozom (polyzom):

- na jednu molekulu mRNA je současně připojeno více ribozomů, které vytvářejí jakýsi „řetízek“

→ jedna molekula mRNA →

→ několik molekul proteinu

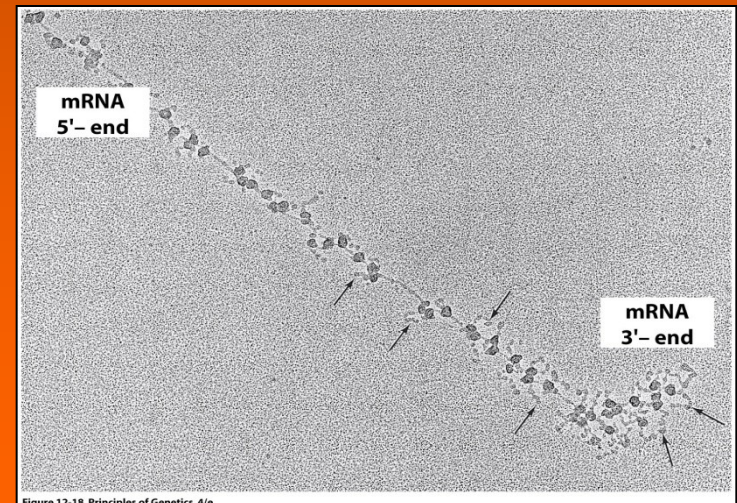


Figure 12-18. Principles of Genetics, 4/e

polyribozom

# Molekulární genetika

## translace:

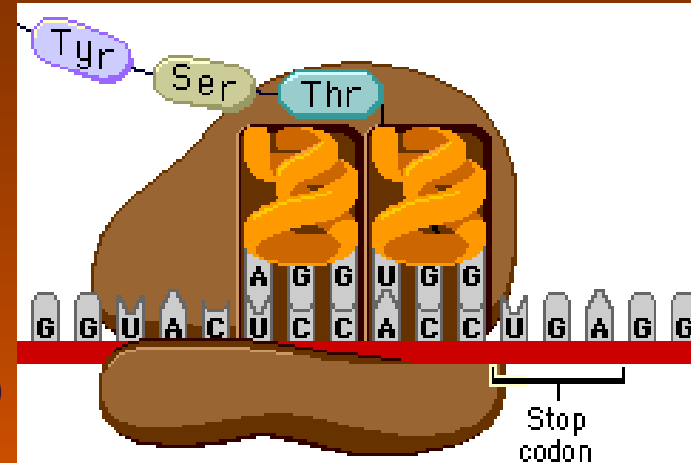
- jako u transkripce rozlišujeme tři fáze:

### a) iniciace

- **zahájení translace,**

vznik tzv. **iniciačního komplexu**

(iniciační komplex - z ribozomu, mRNA a iniciační tRNA)



syntéza bílkoviny

### b) elongace

- **prodlužování peptidového řetězce**

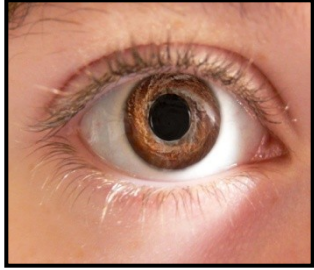
(vznik peptidových vazeb mezi příslušnými AMK)

c) terminace - **zakočení syntézy peptidového řetězce**, které je signalizováno některým ze stop kodonů

na mRNA

→ uvolnění bílkoviny z ribozomu → posttranslační úpravy bílkoviny →  
→ funkční bílkovina (enzym...) →  
→ projev do určitého znaku ~ vlastnosti organismu

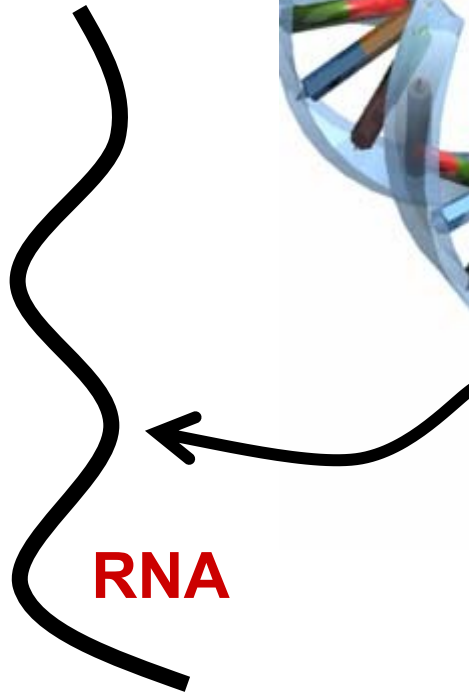
# Molekulární genetika



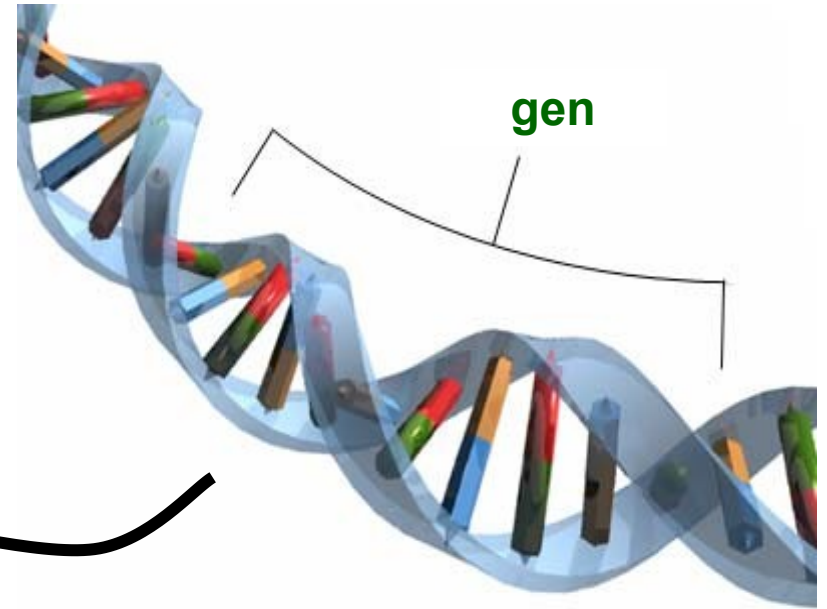
znak



protein



RNA



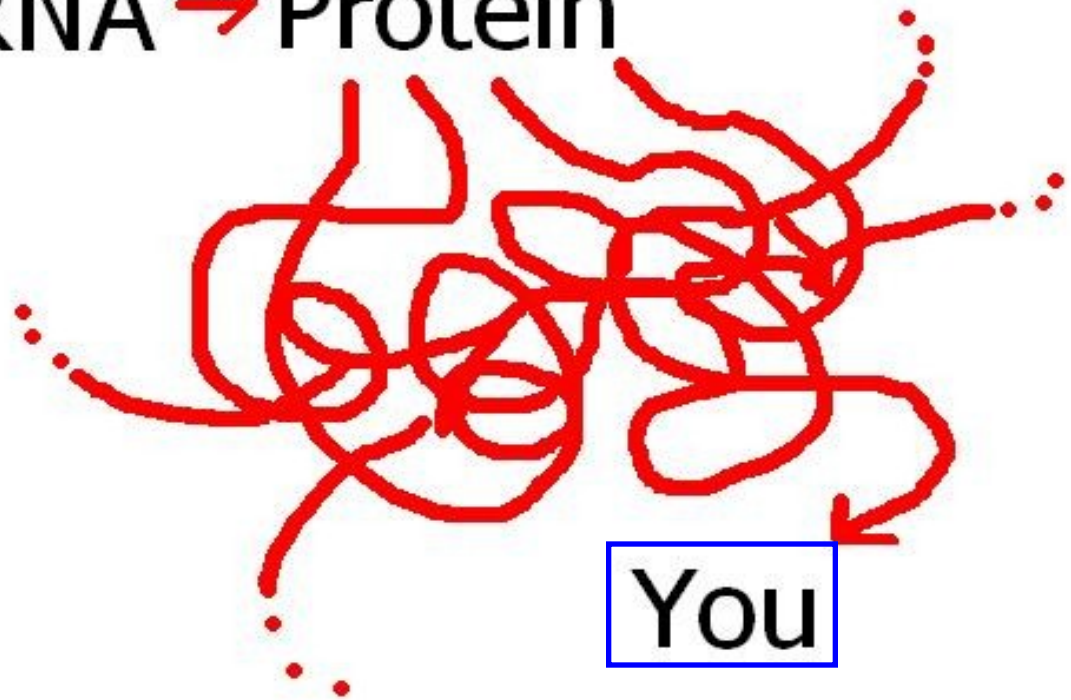
gen

DNA

expresse genetické informace

# Molekulární genetik

DNA → RNA → Protein



exprese genetické informace u proteinu nekončí

# Molekulární genetik

## literatura:

### Rosypal S.:

**Úvod do molekulární biologie.**

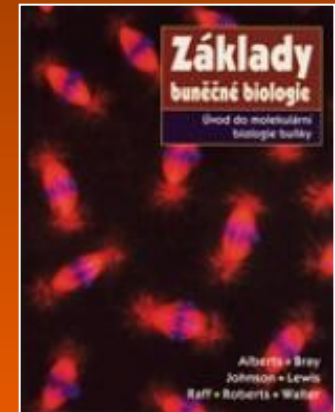
- 4 dílná skripta, čtvrté vydání

(pro Přírodovědeckou fakultu)



### Alberts et al.:

**Základy buněčné biologie: Úvod do molekulární biologie buňky.** ESPERO Publishing, s.r.o. 2005.

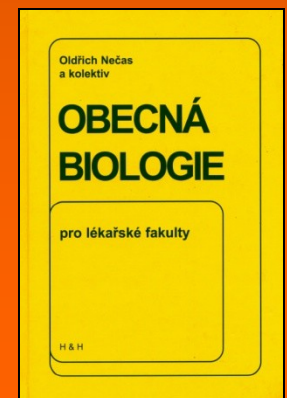
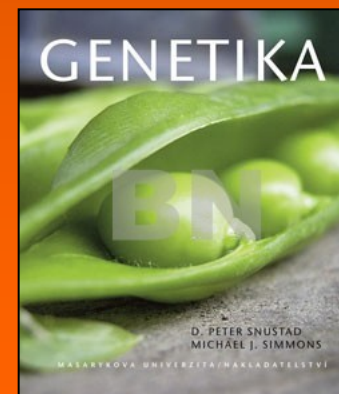


### Nečas O. et al.: **Obecná biologie pro lékařské fakulty.**

3. přepracované vydání. Jinočany. H+H. 2000.

### Snustad, D. P., Simmons M. J.:

**Genetika.** Masarykova univerzita. 2009.





# Molekulární genetiká - animace

<http://www.encyclopedia.com/video/zdDkiRw1PdU-dna-replication-animation-by-interact.aspx>

- replikace

[http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010\\_15/bio\\_orig.swf](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010_15/bio_orig.swf)

- replikace

<http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/meselson.html>

- důkaz semikonzervativního způsobu replikace

<http://www.encyclopedia.com/video/WgvnFYyJGZQ-dna-transcription-animation-by-interact.aspx>

- transkripce

<http://www.encyclopedia.com/video/ztPkv7wc3yU-transcription.aspx>

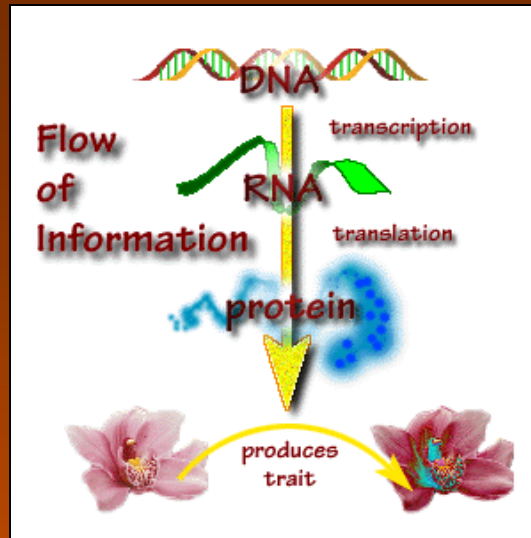
- transkripce

[http://www.encyclopedia.com/video/\\_6Rrymt6Xwl-dna-translation-animation-by-interact.aspx](http://www.encyclopedia.com/video/_6Rrymt6Xwl-dna-translation-animation-by-interact.aspx)

- translace

<http://www.encyclopedia.com/video/983lhh20rGY-dna-transcription-protein-assembly.aspx>

- translace



Děkuji za pozornost

