

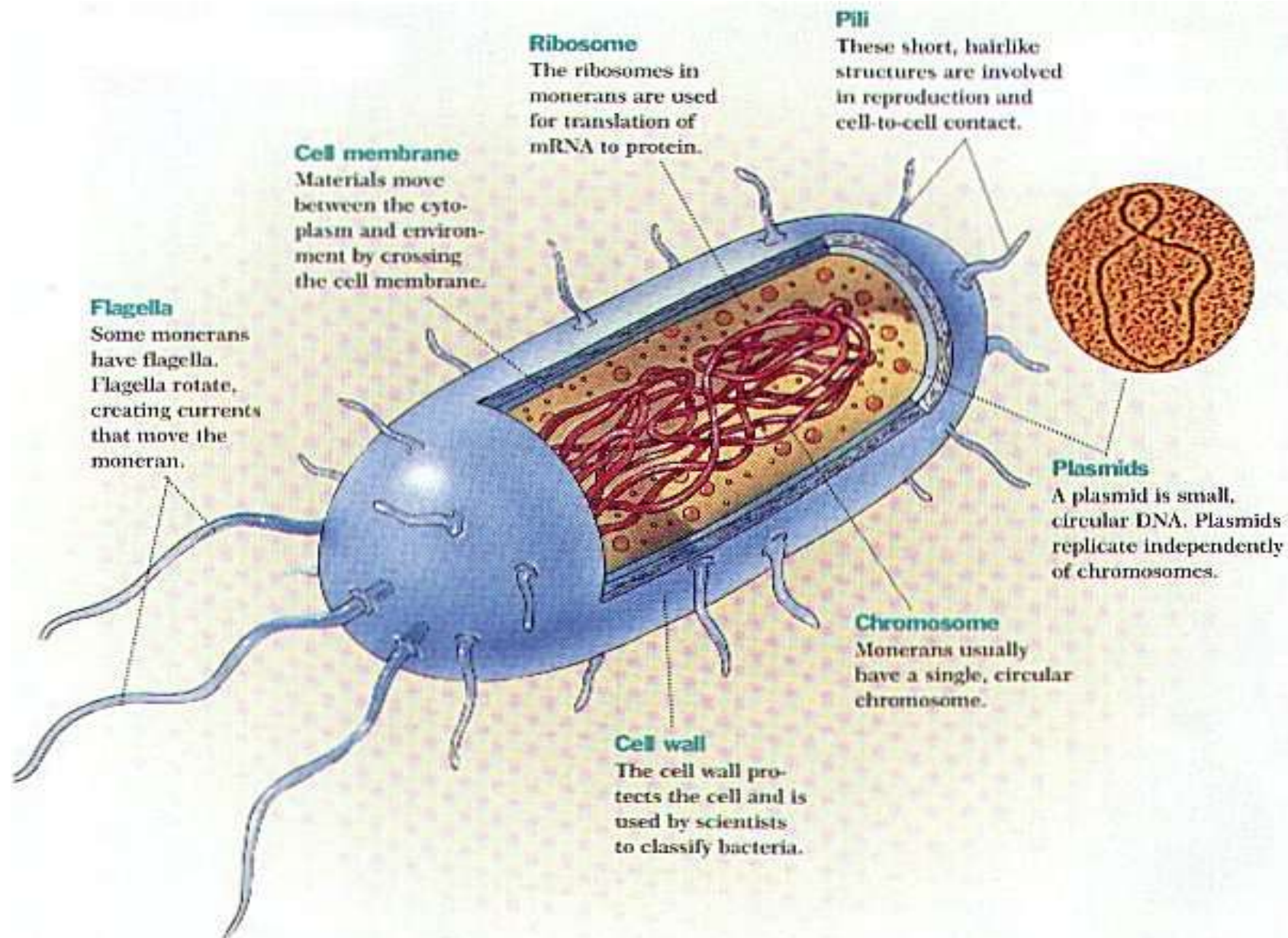
# **Základy půdoznalství a mikrobiologie**

**přednáška 8**

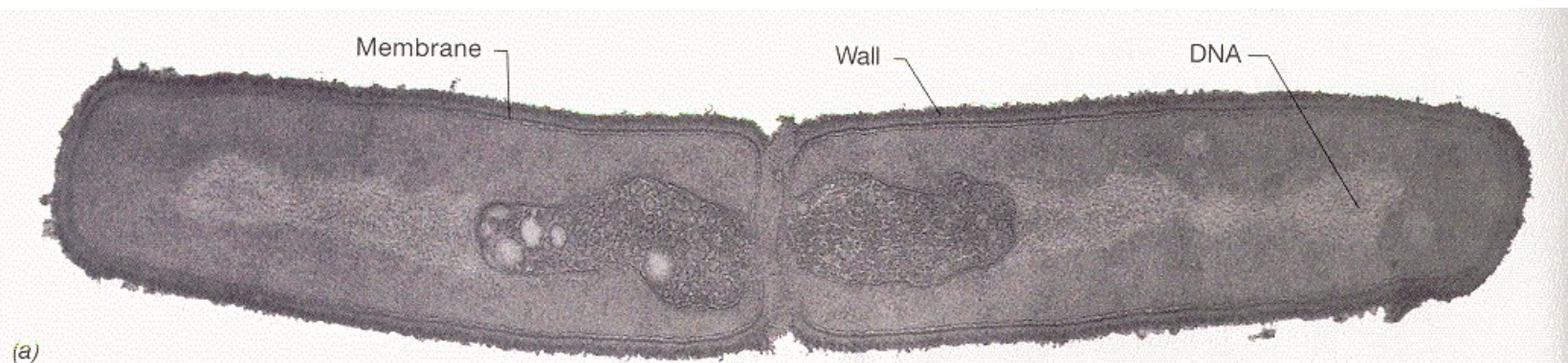
**Ing. Jaroslav Záhora, CSc.  
ústav 221**

## Stavba bakteriální buňky

- Ústřední živá hmota bakterií – **protoplast (cytoplasma a jaderná hmota)** – protoplast obaluje **cytoplazmatická membrána** pevně přiléhající k **buněčné stěně**
- **Buněčná stěna** je obalová vrstva, která je od cytoplazmatické membrány oddělena periplazmatickým prostorem (místo, kde se odehrává řada enzymatických procesů)
- **Peptidoglykan** – tvoří molekulovou síť a dává buňce potřebnou pevnost a charakteristický tvar (heteropolysacharid, murein či mukopeptid)
- I když existují různé typy bakteriálních peptidoglykanů, ve všech případech jde o heteropolymery obsahující jako stavební jednotky aminocukry, jako jsou N-acetylglukózoamin a kyselina N-acetylmuramová, a aminokyseliny, jako je D-alanin, kyselina D-glutamová,

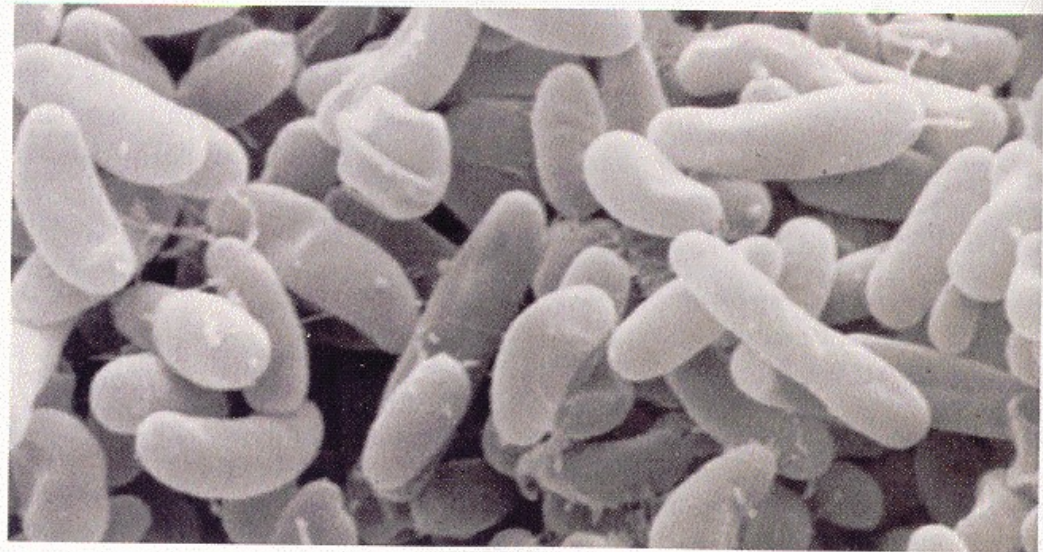






(a)

**FIGURE 3.10** Electron micrographs of bacterial cells taken with (a) transmission and (b) scanning electron microscopes. (a) Thin section of a typical gram-positive bacterium, *Bacillus subtilis*. The cell has just divided, and two membrane-containing structures are attached to the cross-wall. Note the light region in the middle (DNA or the *nucleoid*). The cell is about 0.8 μm in diameter. (b) Cells of the phototrophic bacterium *Rhodovibrio sodomensis*. A single cell is about 0.75 μm wide.

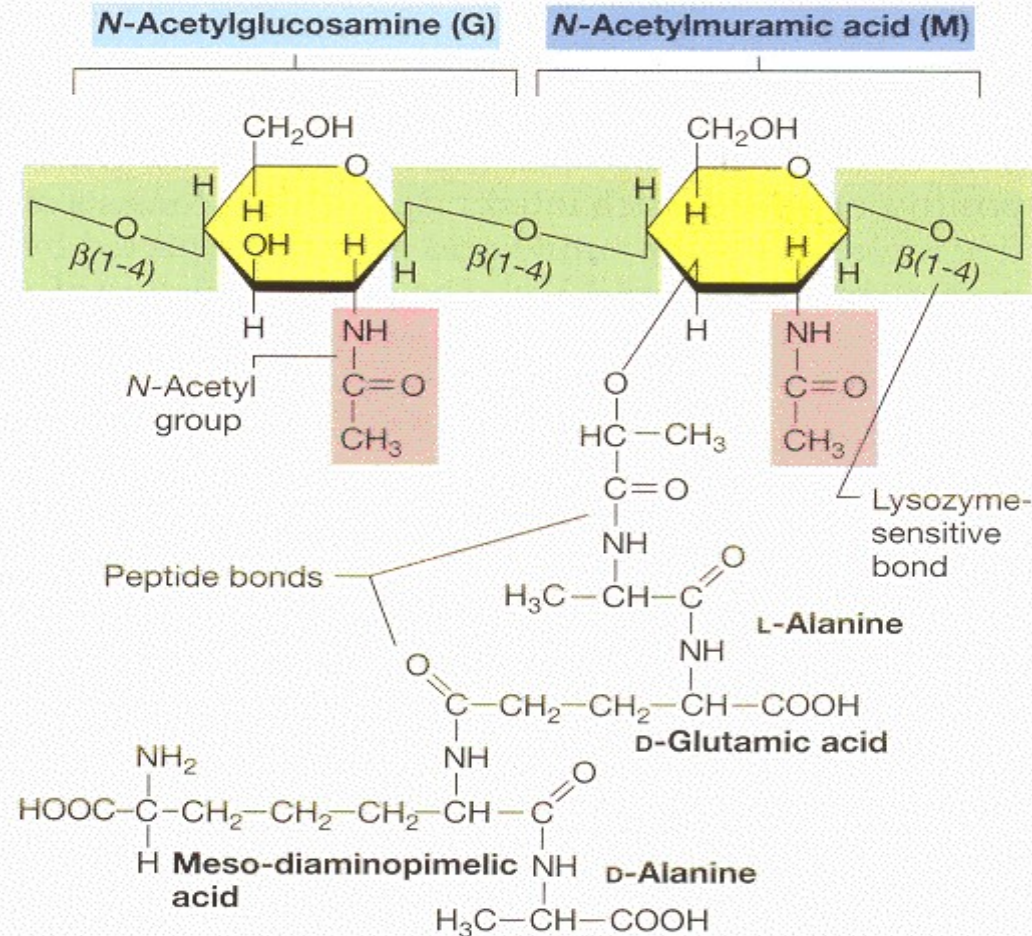


(b)



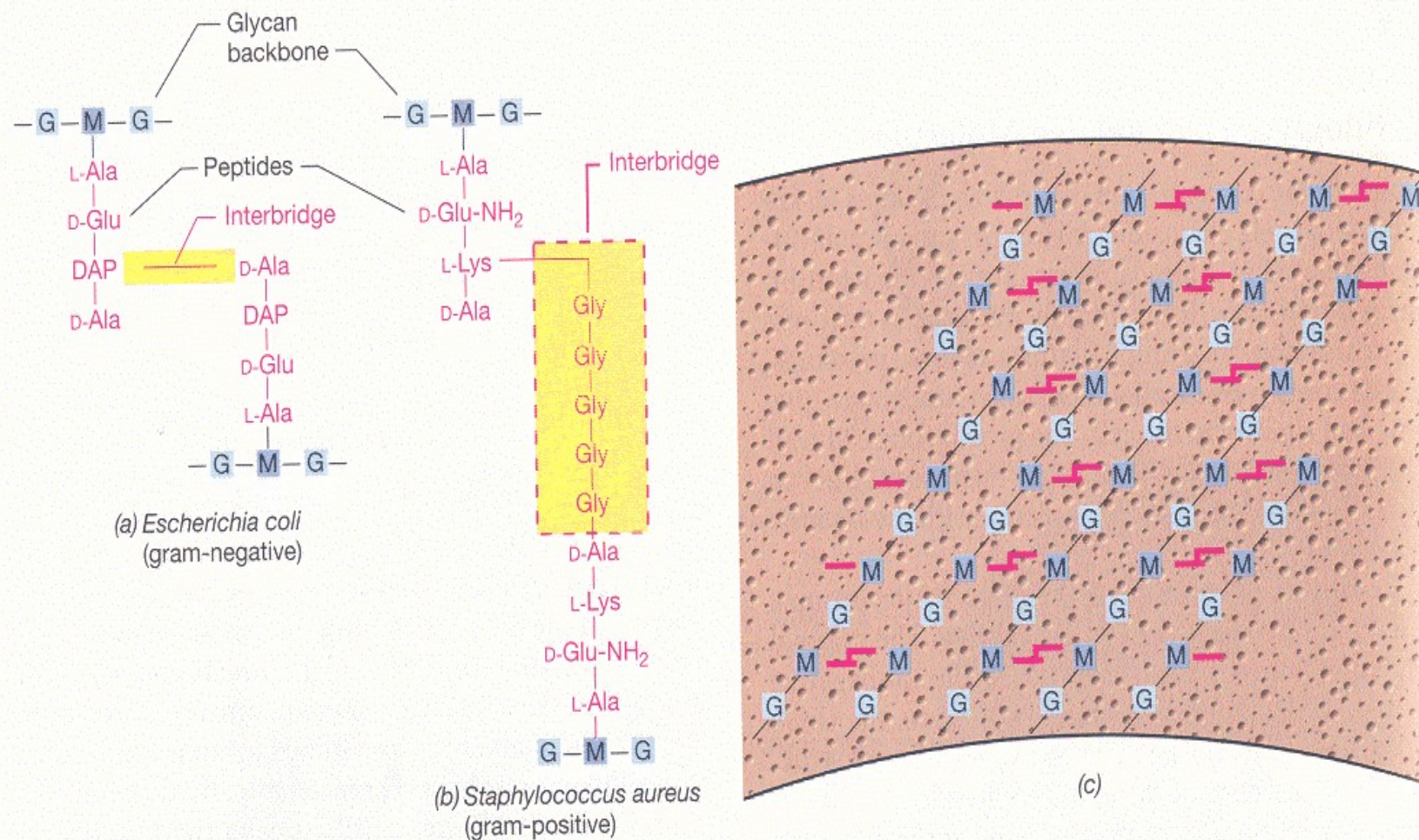
## Stavba bakteriální buňky

- Skelet peptidoglykanu tvoří polysacharidový řetězec, ve kterém se střídají jednotky N-acetylglukózoaminu a kyseliny N-acetylmuramové (aminosacharidů) spojené vazbami  $\beta - (1 \rightarrow 4)$ . Na laktylovou skupinu kyseliny N-acetylmuramové navazuje oligopeptid a boční oligopeptidové řetězce se spojují příčnými vazbami, díky čemuž vytváří peptidoglykan kolem celé buňky plášť silný cca 2nm.
- V peptidoglykanovém komplexu je glykanová složka relativně stálá na rozdíl od peptidové, která je velmi proměnlivá a charakteristická pro jednotlivé druhy či systematické skupiny mikrobů.



**FIGURE 3.31** Structure of one of the repeating units of the peptidoglycan cell wall structure, the glycan tetrapeptide. The structure given is that found in *Escherichia coli* and most other gram-negative Bacteria. In some Bacteria, other amino acids are found.





**FIGURE 3.32** Manner in which the peptide and glycan units are connected in formation of the peptidoglycan sheet. (a) Direct interbridge in gram-negative Bacteria. (b) Glycine interbridge in *Staphylococcus aureus* (gram-positive). (c) Overall structure of peptidoglycan. The diagram depicts several ribbons of peptidoglycan cross-linked to one another. To visualize an entire single layer of peptidoglycan, imagine these cross-linked ribbons extending around a cylinder or sphere representing the cell as shown. G, N-acetylglucosamine; M, N-acetylmuramic acid; bold lines in (c) indicate peptide cross-links.



## Stavba bakteriální buňky

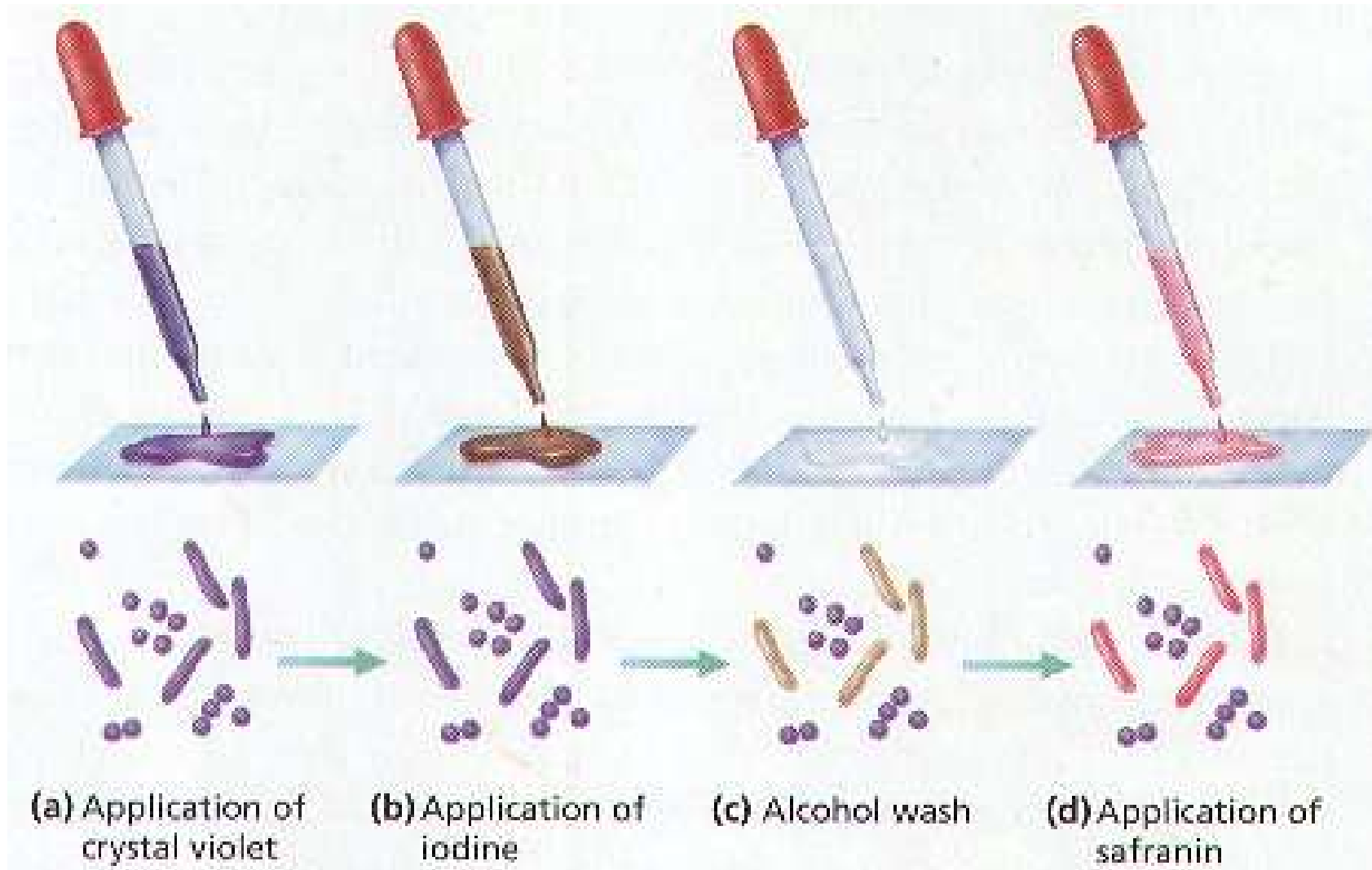
- Bakteriální buněčná stěna obsahuje kromě peptidoglykanu ještě i další polymery. Christian Z. Gram odlišil (v roce 1884) vlastní metodou diferenciačního barvení dvě velké skupiny bakterií. Podle toho, zda jsou bakterie schopny zadržet použité barvivo (např. krystalovou violet') i po promytí preparátu organickým rozpouštědlem (např. etanolem) – **G<sup>+</sup> bakterie (grampozitivní)**, nebo se odbarví – **G<sup>-</sup> bakterie (gramnegativní)**

**TABLE 1.1** Three hundred years of microbiology: Some key papers in microbiology, 1684–1999<sup>a</sup>

| Year | Investigator(s)                             | Discovery                                              |
|------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1684 | Antoni van Leeuwenhoek                      | Discovery of bacteria                                  |
| 1798 | Edward Jenner                               | Smallpox vaccination                                   |
| 1857 | Louis Pasteur                               | Microbiology of the lactic acid fermentation           |
| 1860 | Louis Pasteur                               | Role of yeast in alcoholic fermentation                |
| 1864 | Louis Pasteur                               | Settled spontaneous generation controversy             |
| 1867 | Robert Lister                               | Antiseptic principles in surgery                       |
| 1881 | Robert Koch                                 | Methods for study of bacteria in pure culture          |
| 1882 | Robert Koch                                 | Discovery of cause of tuberculosis                     |
| 1884 | Robert Koch                                 | Koch's postulates                                      |
| 1884 | Christian Gram                              | Gram-staining method                                   |
| 1889 | Sergei Winogradsky                          | Concept of chemolithotrophy                            |
| 1889 | Martinus Beijerinck                         | Concept of a virus                                     |
| 1890 | Sergei Winogradsky                          | Autotrophic growth of chemolithotrophs                 |
| 1901 | Martinus Beijerinck                         | Enrichment culture method                              |
| 1901 | Karl Landsteiner                            | Human blood groups                                     |
| 1908 | Paul Ehrlich                                | Chemotherapeutic agents                                |
| 1928 | Frederick Griffith                          | Discovery of pneumococcus transformation               |
| 1929 | Alexander Fleming                           | Discovery of penicillin                                |
| 1944 | Oswald Avery, Colin Macleod, Maclyn McCarty | Explanation of Griffith's work—DNA is genetic material |
| 1944 | Selman Waksman and Albert Schatz            | Discovery of streptomycin                              |
| 1946 | Edward Tatum and Joshua Lederberg           | Bacterial conjugation                                  |
| 1951 | Barbara McClintock                          | Discovery of transposable elements                     |

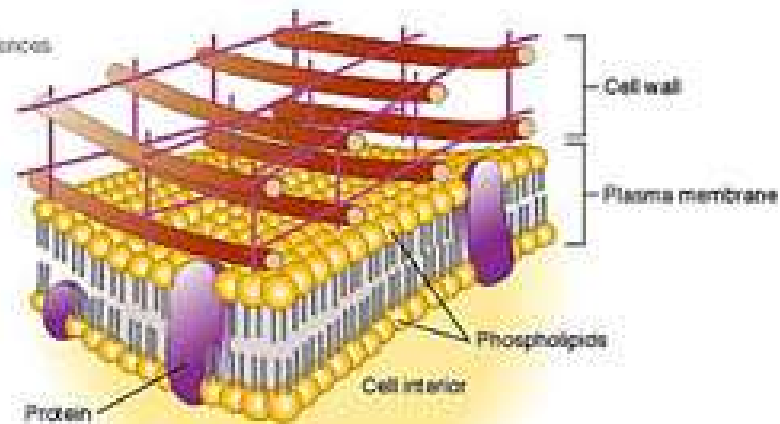
**1884 Christian Gram - Gram-staining method**



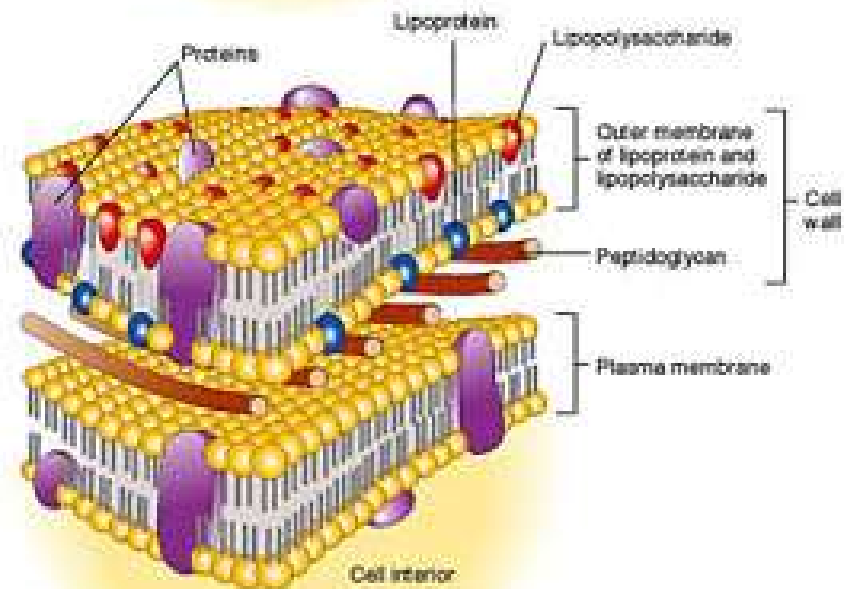


*Elizabeth Morales*

Illustration/art development for the life sciences



(a) Gram-positive cell wall



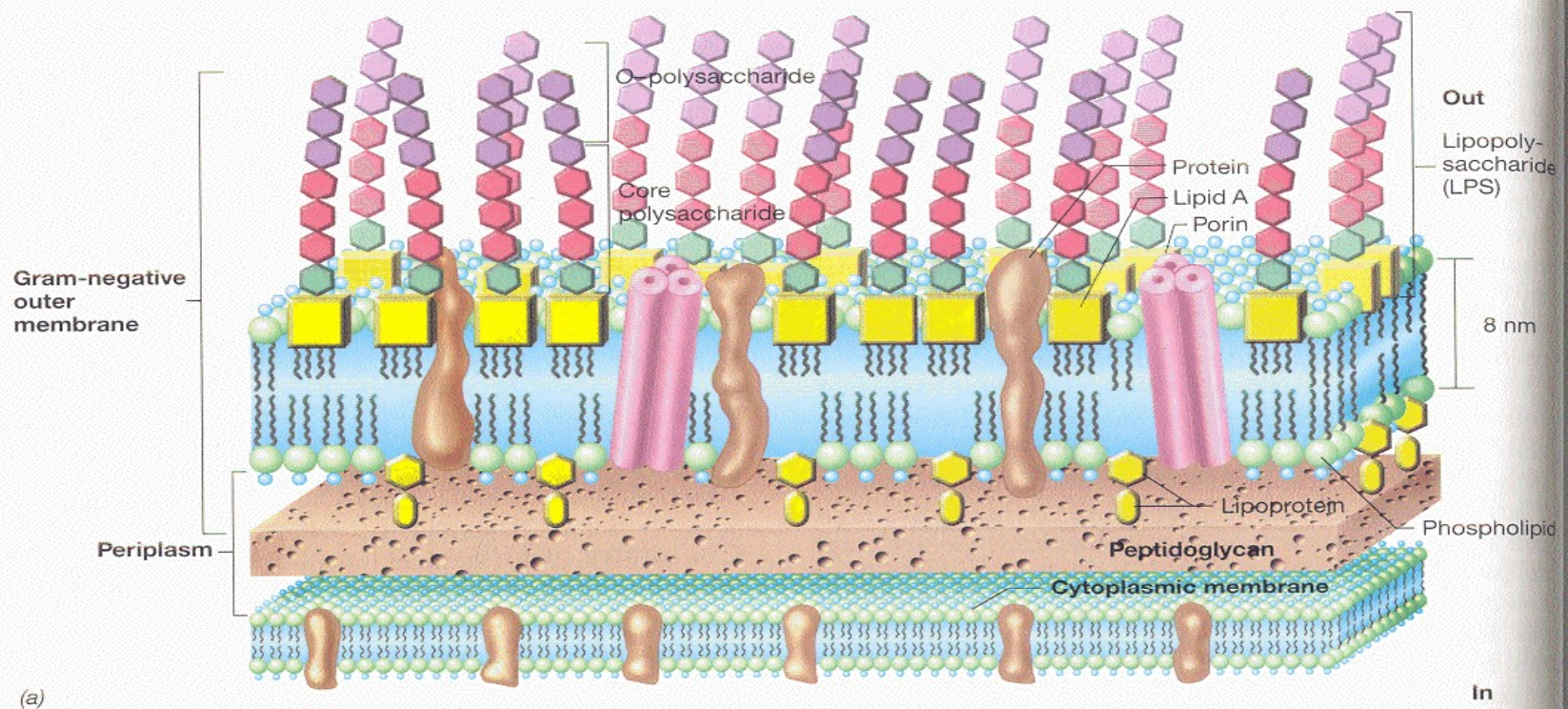
(b) Gram-negative cell wall

## Stavba bakteriální buňky

- **Gramnegativní** bakterie mají peptidoglykanovou vrstvu obalenou vnější fosfolipidovou membránou, která na tuto vrstvu navazuje prostřednictvím hydrofobního proteinu s velkým počtem aminokyselinových podjednotek.
- Kromě hydrofobního proteinu obsahuje vrstva mezi vnější membránou a peptidoglykanovou vrstvou ještě hlavní stěnový protein, ovlivňující pevnost buněk tyčinkovitého tvaru.
- Vnější povrch vnější membrány gramnegativních bakterií pokrývá lipopolysacharid, který je zodpovědný za somatickou (O) antigenní specifitu G<sup>-</sup> bakterií.
- Celkově je buněčná stěna těchto bakterií tenká (asi 8nm), obsahuje značný podíl lipidů (10–20 %) a 15-20% polysacharidů.

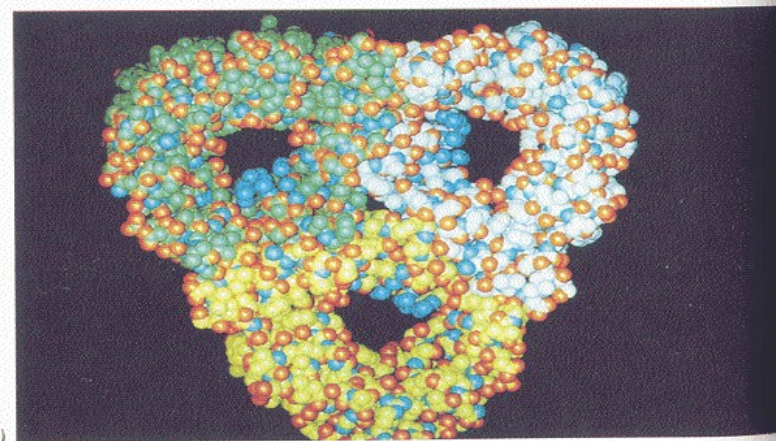
Peptidoglykanový polymer je jednovrstevný a tvoří pevnou





(a)

**FIGURE 3.37** The gram-negative cell wall. (a) Arrangement of lipopolysaccharide, lipid A, phospholipid, porins, and lipoprotein in the outer membrane. See Figure 3.36 for details of the structure of LPS. (b) Molecular model of porin proteins. Note the three pores present, one formed from each of the proteins forming a porin molecule. The view is perpendicular to the plane of the membrane. Model based on X-ray diffraction studies of *Rhodobacter blasticus* porin.



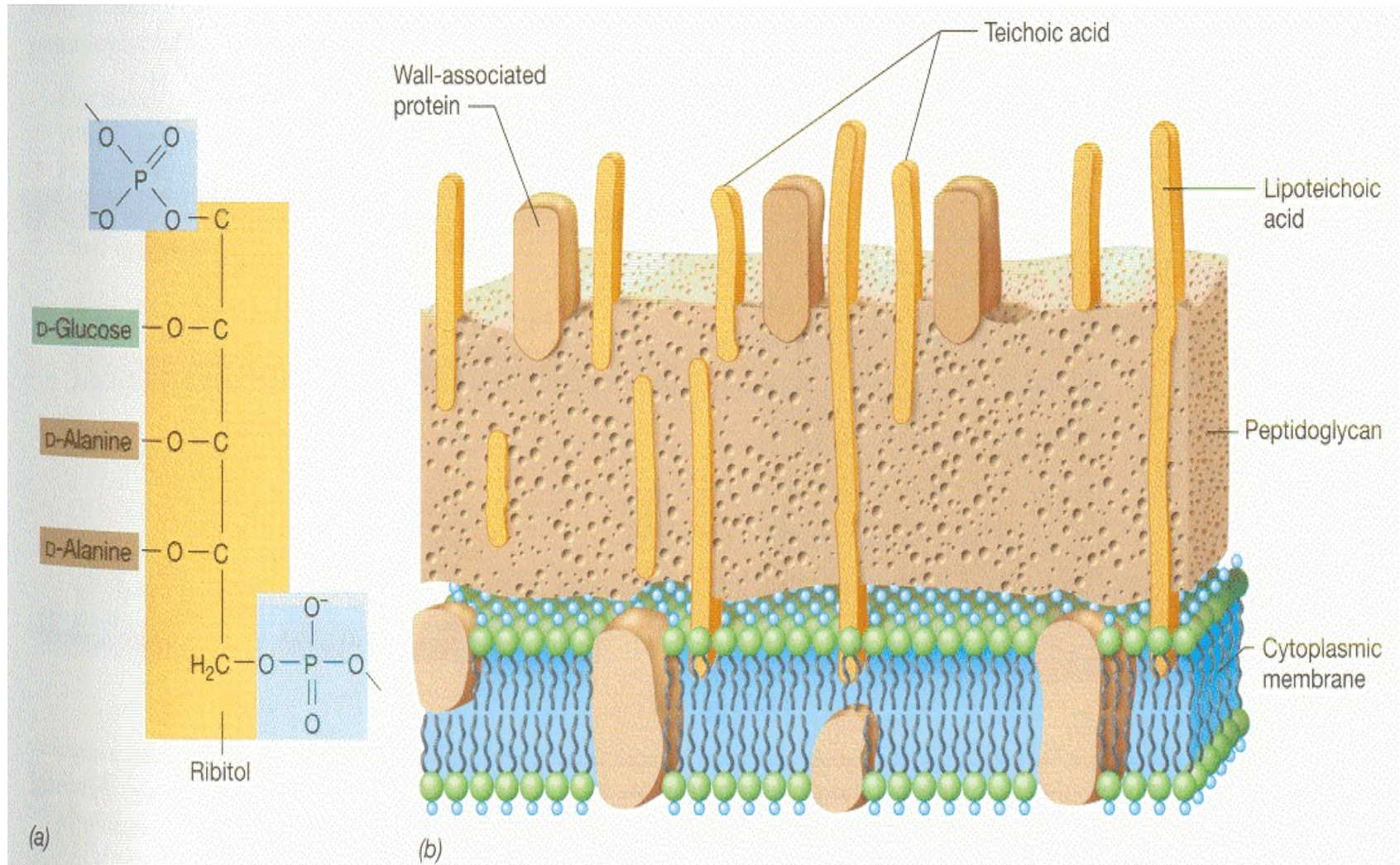
(b)

## Stavba bakteriální buňky

- **Grampozitivní** bakterie mají peptidoglykanovou vrstvu obsahující na rozdíl od G<sup>-</sup> bakterií kyseliny teikoové, které se skládají ze dvou hlavních podjednotek – glukóza-ribitol-fosfát-alanin (fosforylovaný polyalkohol) nebo alanin-(glukóza)-glycerol-alanin (kyselina lipoteikoová).
- Buněčná stěna G<sup>+</sup> bakterií je silnější, od 15nm (*Staphylococcus aureus*) do 80nm (*Lactobacillus acidophyllus*), má nižší obsah lipidů (0-2%) a vyšší obsah polysacharidů (35-60%).
- Peptidoglykanový polymer je vícevrstevný, ve vytvořené síťce se nacházejí i kyseliny teikoové, které tvoří až 50% sušiny buněčné stěny některých G<sup>+</sup> bakterií.
- Buněčná stěna je z fyzikálního hlediska permeabilní membrána (velikost pórů je asi 100Å)

Tačí funkce je převážně mechanická – ochranná (protektivní)



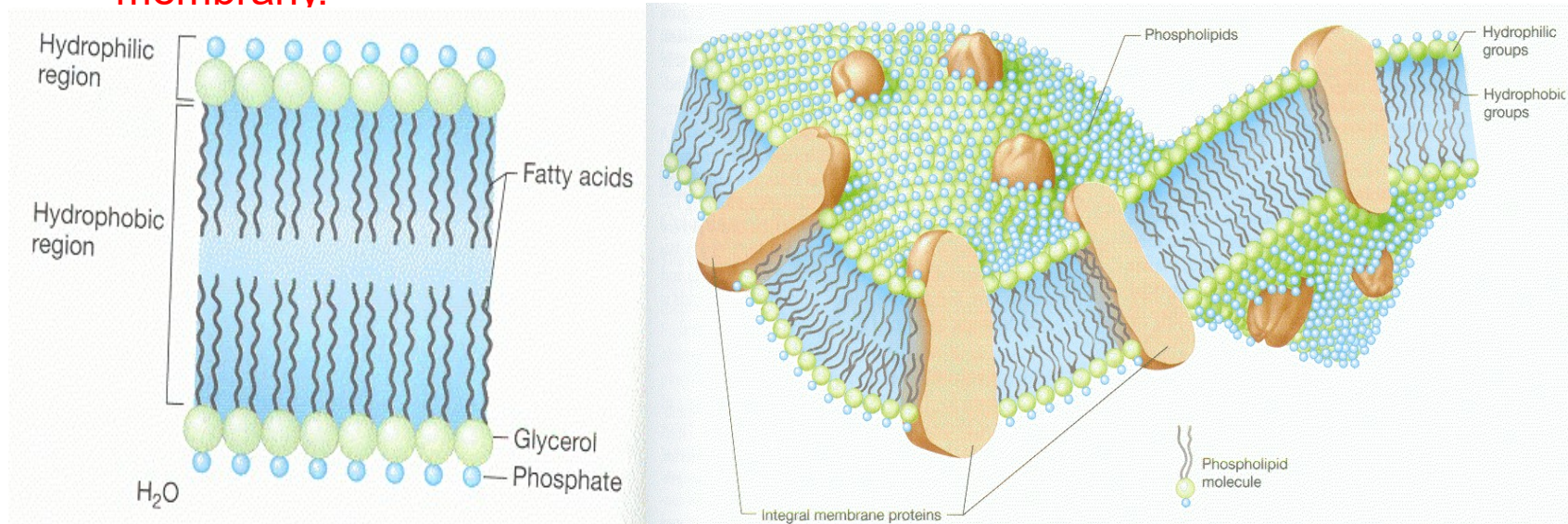


**FIGURE 3.33** Teichoic acids and the overall structure of the gram-positive cell wall. (a) Structure of the ribitol teichoic acid of *Bacillus subtilis*. The teichoic acid is a polymer of the repeating ribitol units shown here. (b) Summary diagram of the gram-positive cell wall.



# Bakteriální buňka – cytoplasmatická membrána

- **Cytoplasmatická membrána (plasmolema)** – proteiny, lipidy, proteiny
- **Monofýlie** - jednotný princip
- **Jednotková membrána (unit membrane)**
- **Hydrofilní, hydrofóbní a hydrofilní** - semipermeabilita cyt. membrány.



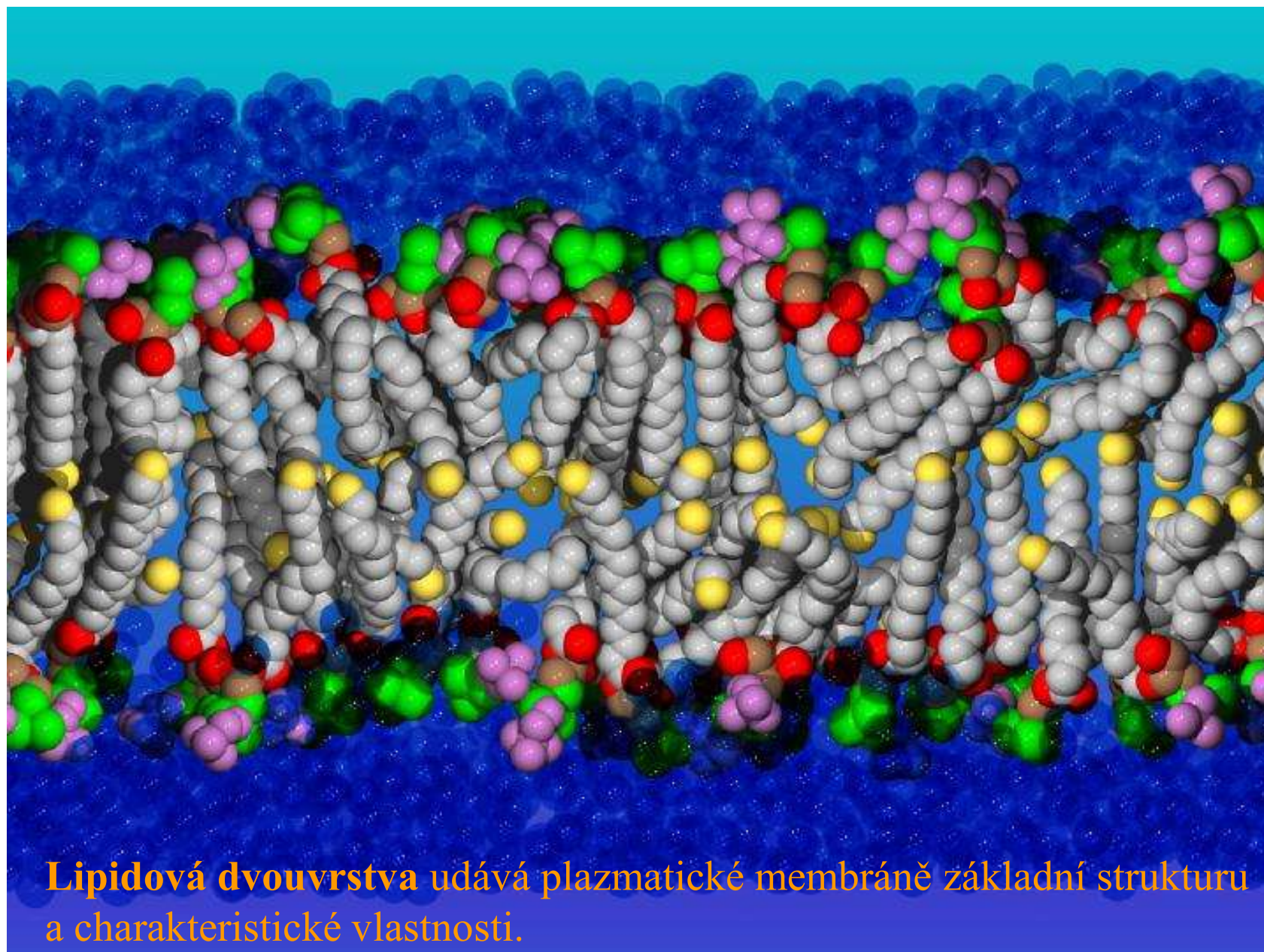
## Bakteriální buňka – cytoplasmatická membrána

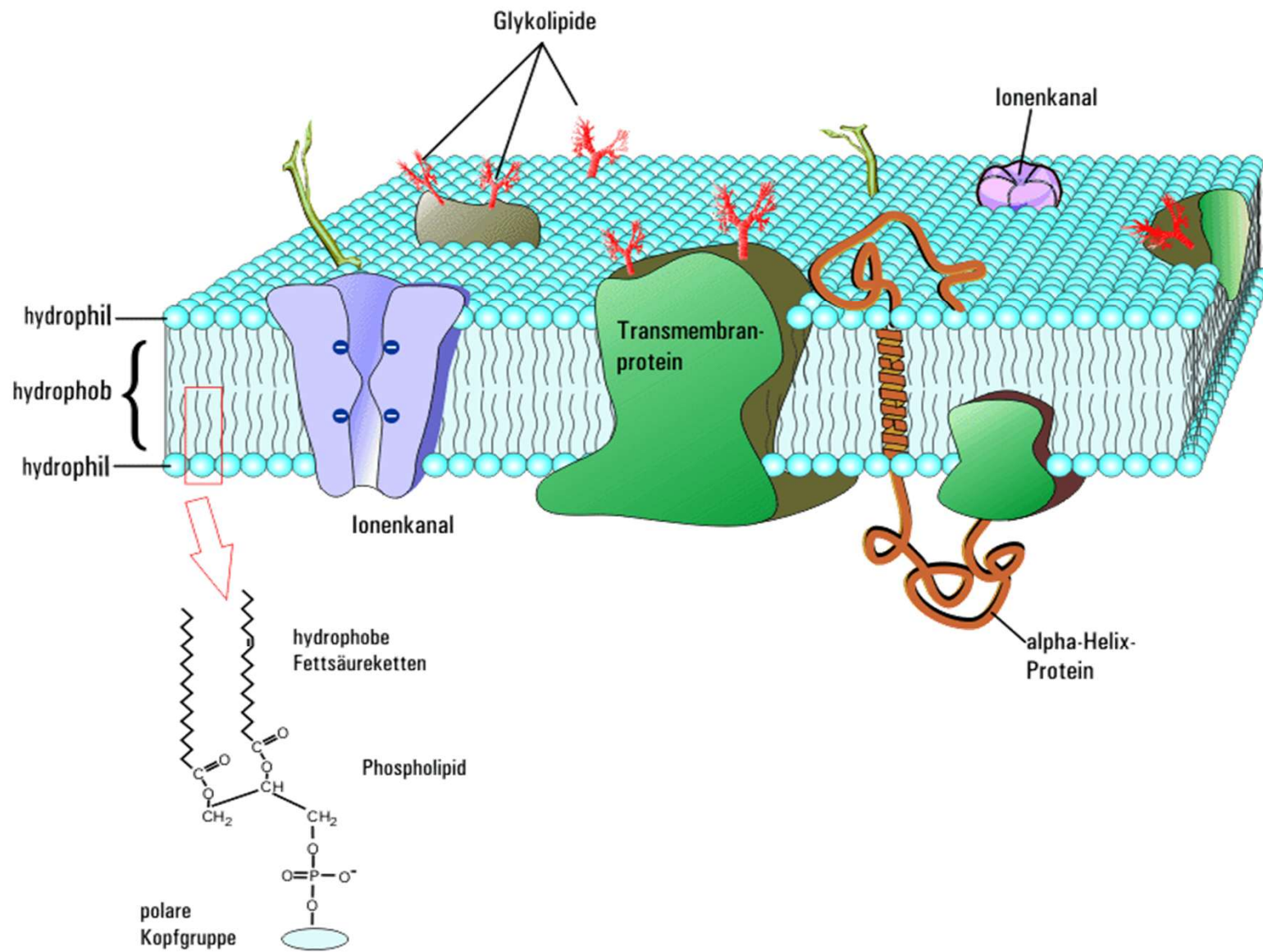
- **Cytoplasmatická membrána (plasmolema)** – proteiny, lipidy, proteiny
- **Monofýlie** - jednotný princip
- **Jednotková membrána** (unit membrane)
- **Hydrofilní, hydrofóbní a hydrofilní** - semipermeabilita cyt. membrány.
- **Lipidová složka** – fosfolipidy (např. specifické aktivátory enzymů)
- **Sacharidová složka** – glykoproteiny a glykolipidy
- **Bílkovinná složka** – globulární proteiny

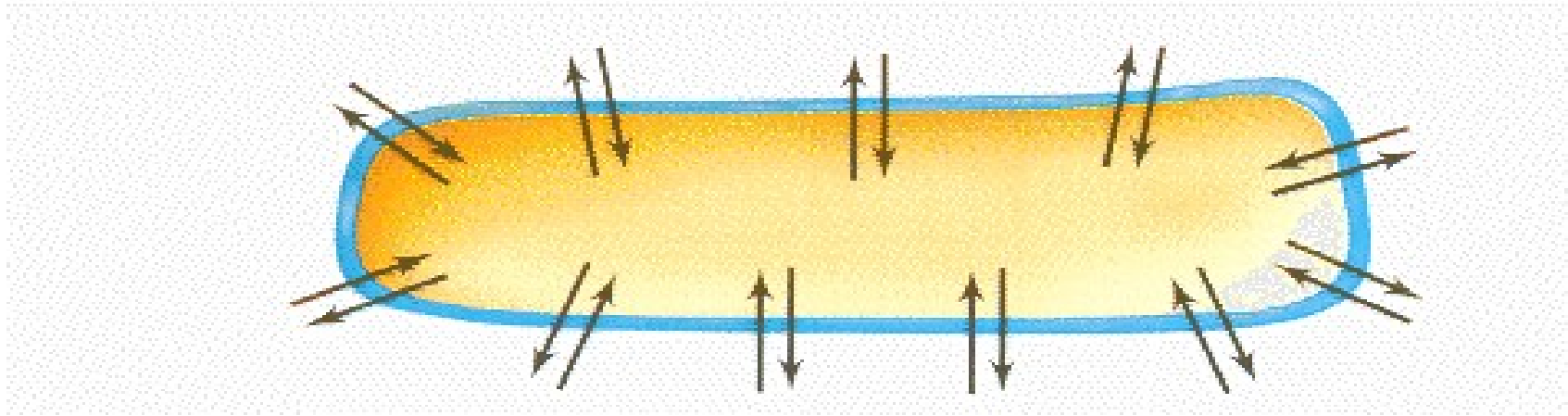
## Bakteriální buňka – cytoplasmatická membrána

- **Cytoplasmatická membrána (plasmolema)** – proteiny, lipidy, proteiny
- **Monofýlie** - jednotný princip
- **Jednotková membrána** (unit membrane)
- **Hydrofilní, hydrofóbní a hydrofilní** - semipermeabilita cyt. membrány.
- Lipidová složka – **fosfolipidy** (např. specifické aktivátory enzymů)
- Sacharidová složka – **glykoproteiny a glykolipidy**
- Bílkovinná složka – **globulární proteiny**
- **Úkony uskutečňované membránovými bílkoviny:**  
**Translokace molekul**





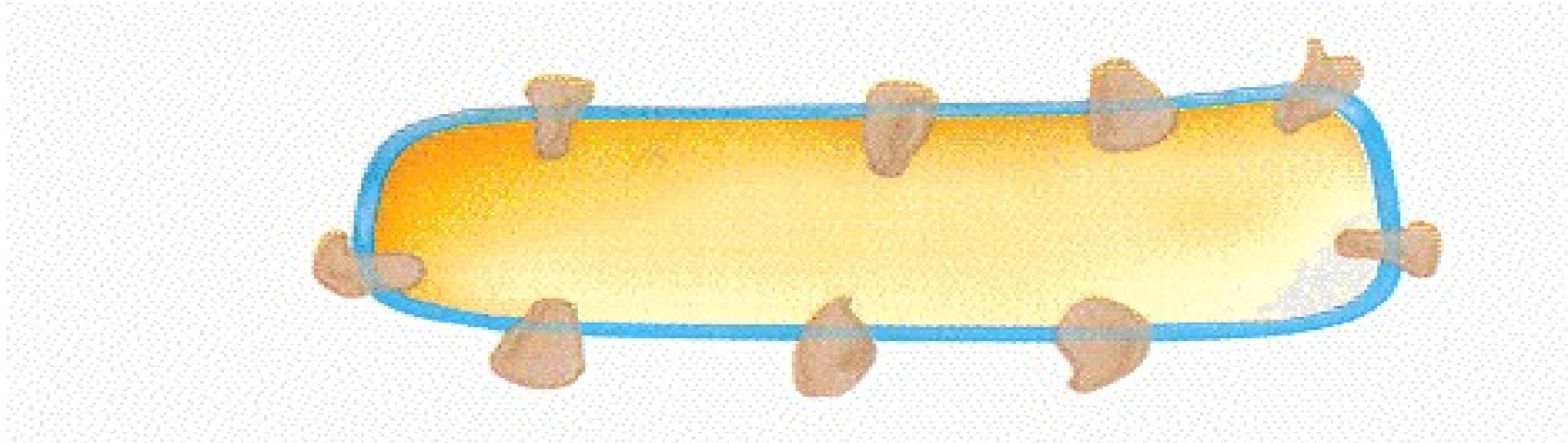




### Hlavní funkce cytoplasmatické membrány

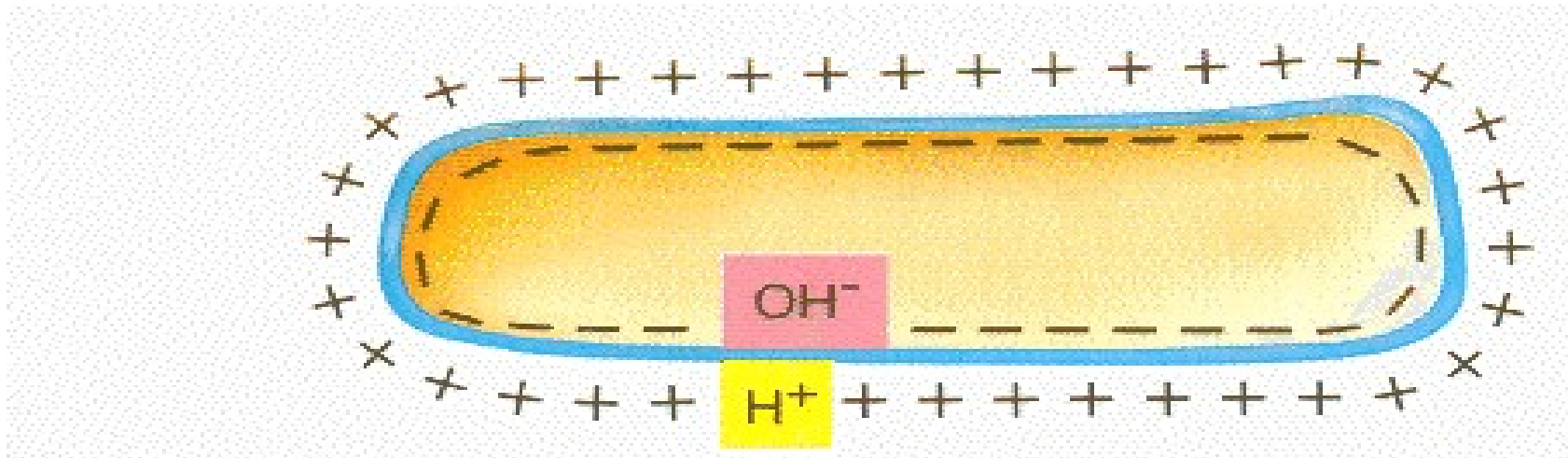
- (Semi)permeabilní bariéra – zabraňuje „vypuštění“ buňky a funguje jako vstupní brána pro transport živin dovnitř a ven z buňky





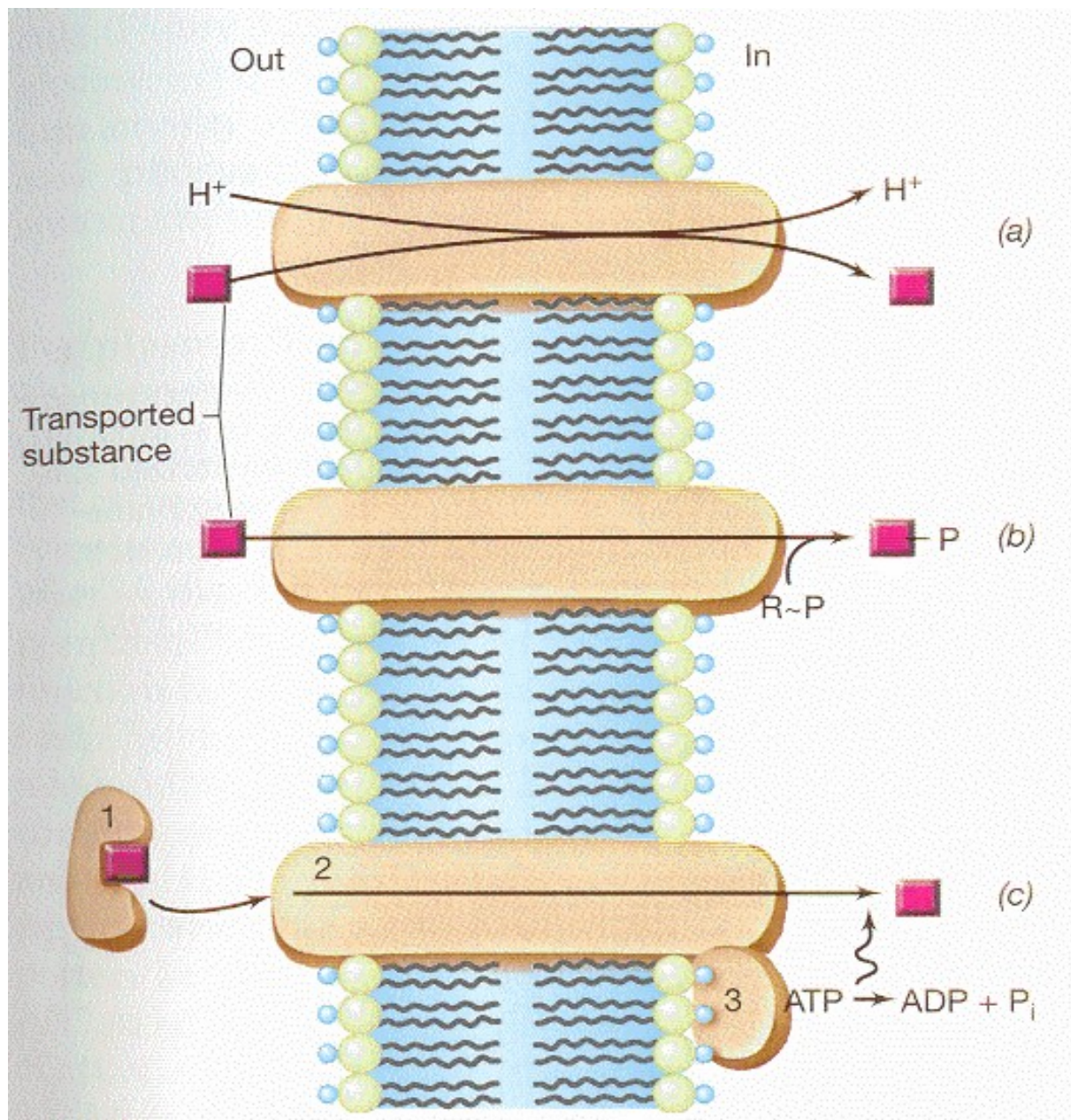
### Hlavní funkce cytoplasmatické membrány

- (Semi)permeabilní bariéra – zabraňuje „vypuštění“ buňky a funguje jako vstupní brána pro transport živin dovnitř a ven z buňky
- Proteinová výztuž – místo s integrálními proteiny (70 – 80% bílkovin membrány) podílejícími se na transportech látek, bioenergetice buňky a chemotaxi



## Hlavní funkce cytoplasmatické membrány

- (Semi)permeabilní bariéra – zabraňuje „vypuštění“ buňky a funguje jako vstupní brána pro transport živin dovnitř a ven z buňky
- Proteinová výztuž – místo s proteiny podílejícími se na transportech látek, bioenergetice buňky a chemotaxi
- **Zachovávání energie** – místo, kde se vytváří či využívá protonmotivní síla (tj. rozdíl v elektrochemické aktivitě vodíkových iontů na obou stranách membrány)



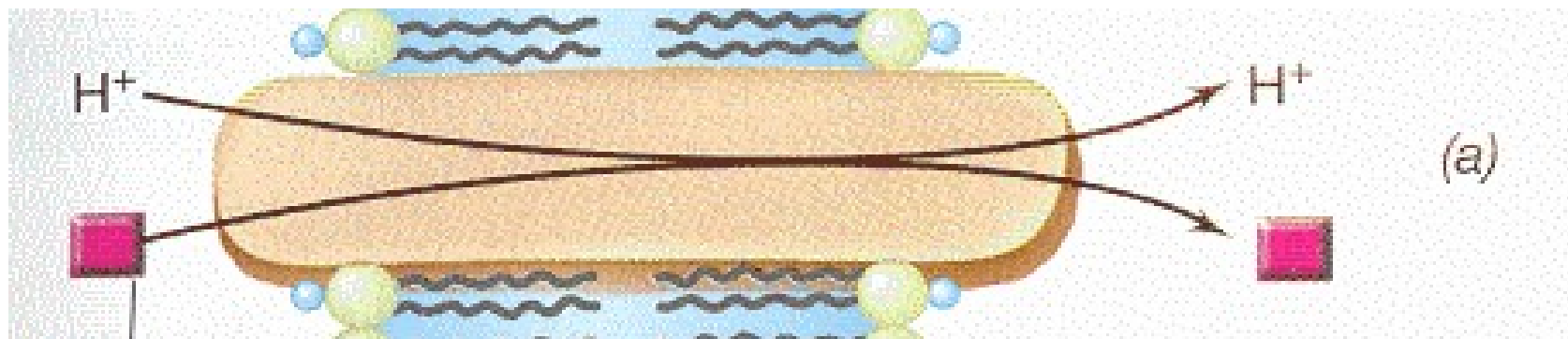
## Membránové transportní systémy

(a) Jednoduchý transport

(b) Translokace skupiny

(c) Systém ABC

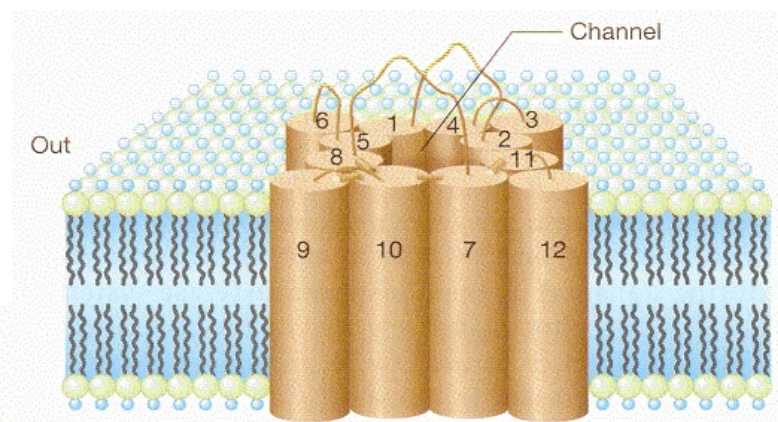




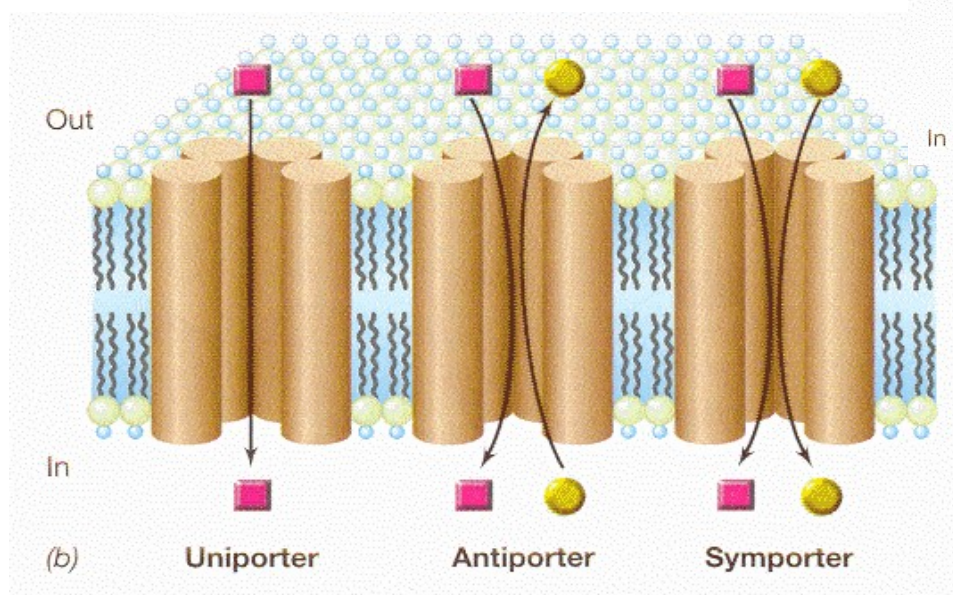
## Membránové transportní systémy

### (a) Jednoduchý transport

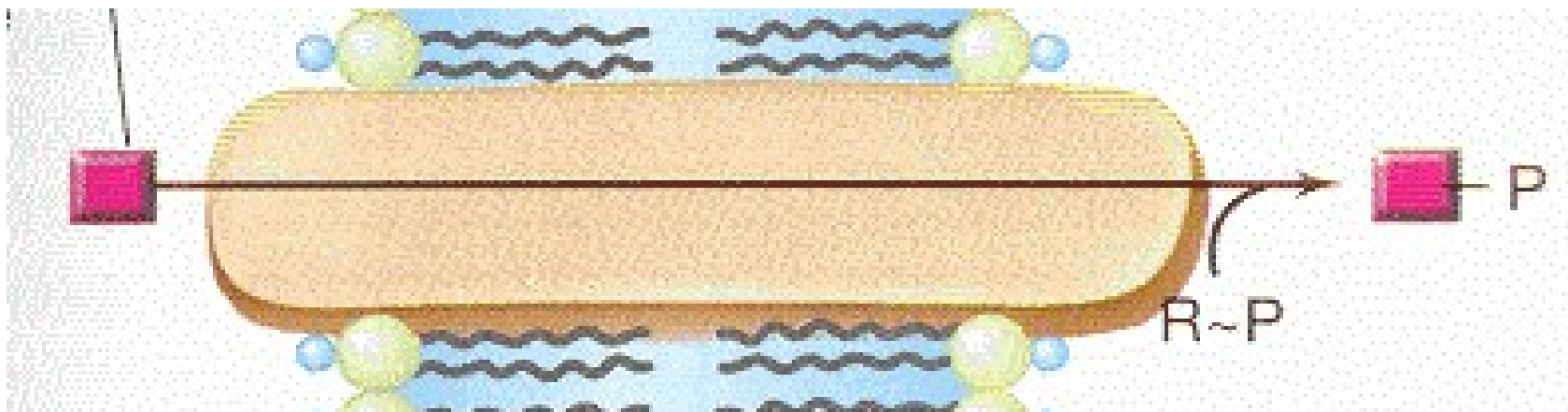
je řízen energií protonmotivní síly



transportní proteiny – 12 podjednotek



- (1) Uniport
- (2) Antiport
- (3) Symport

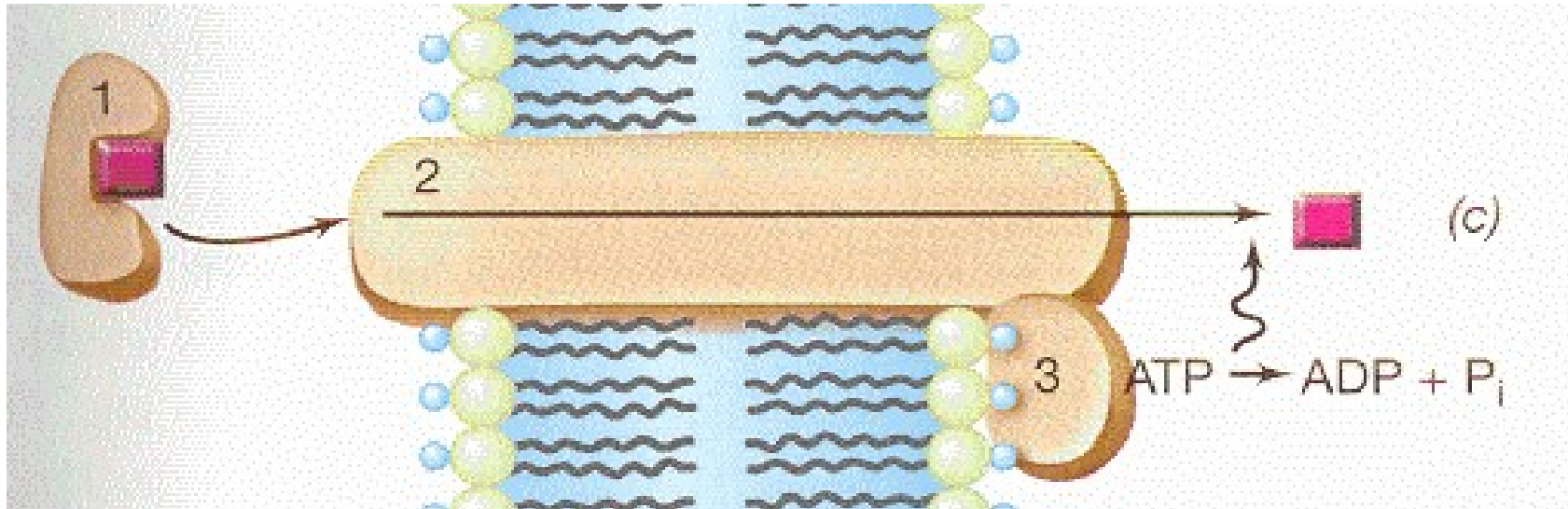


## Membránové transportní systémy

(a) Jednoduchý transport

**(b) Translokace skupiny**

např. fosfotransferázový systém – následuje chem. změna  
(fosforylace transportované substance)



## Membránové transportní systémy

(a) Jednoduchý transport

(b) Translokace skupiny

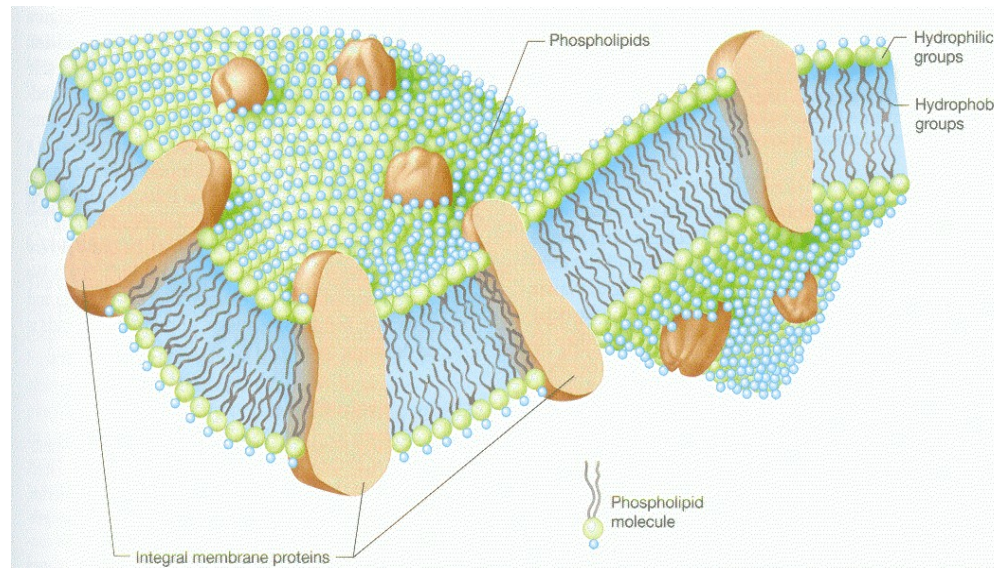
**(c) Systém ABC**

vazebný periplasmatický protein váže substanci k transportování (1), ta je transportována integrálním proteinem (2) a nutná energie je získána hydrolýzou ATP na proteinu (3)



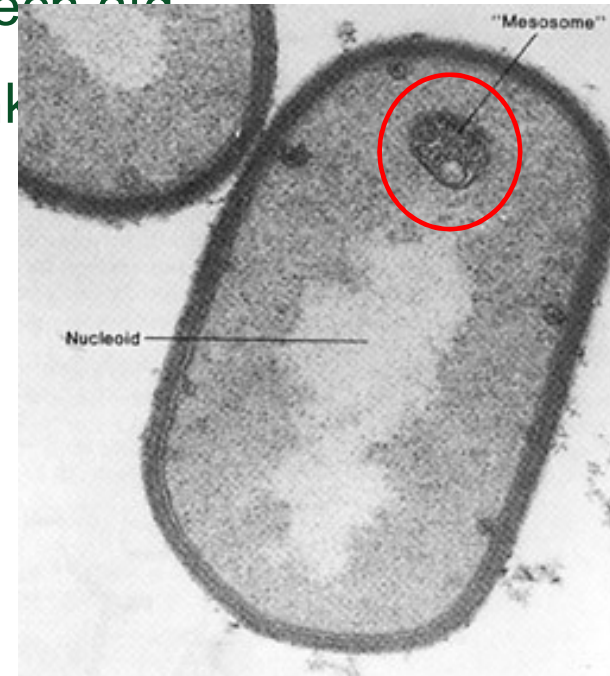
## Bakteriální buňka – cytoplasmatická membrána

- účastní se na exo(endo)cytóze, transportech látek uvnitř buňky, morfogenních procesech atd.
- udržuje osmotickou rovnováhu buňky

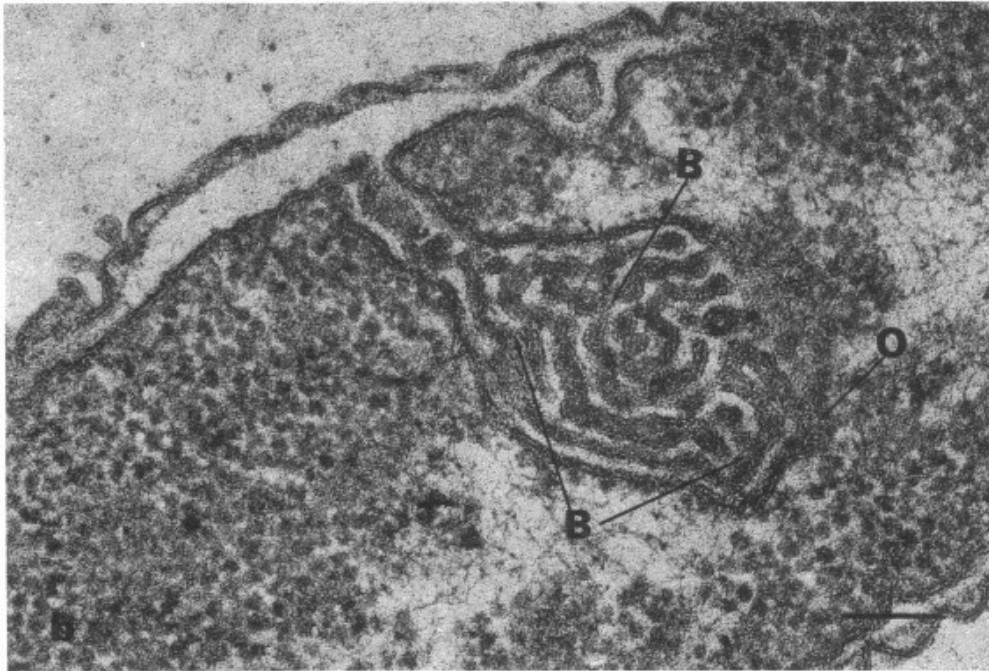


## Bakteriální buňka – cytoplasmatická membrána

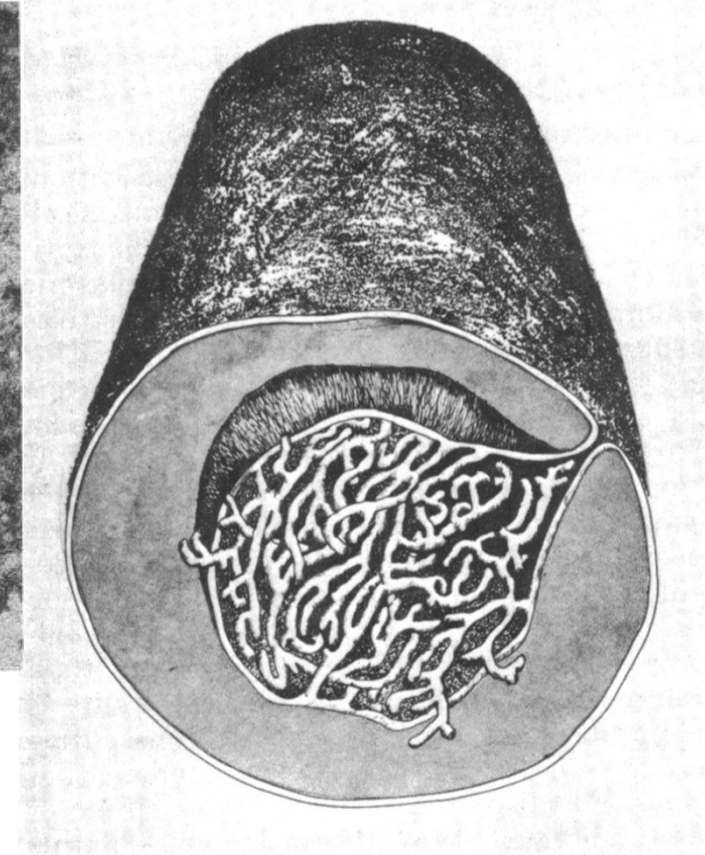
- účastní se na exo(endo)cytóze, transportech látek uvnitř buňky, morfogenních procesech atd.
- udržuje osmotickou rovnováhu buňky
  - invaginace membrány – mesosom
    - podíl na replikaci bakteriální DNA (chromosomu),
    - na tvorbě příčných stěn buněk, na sporulaci,
    - významné i pro dýchací procesy některých bakterií (azotobakter, nitrifikační a fotosyntetizující purpurové sírné bakterie)



An electron micrograph of a mesosome.



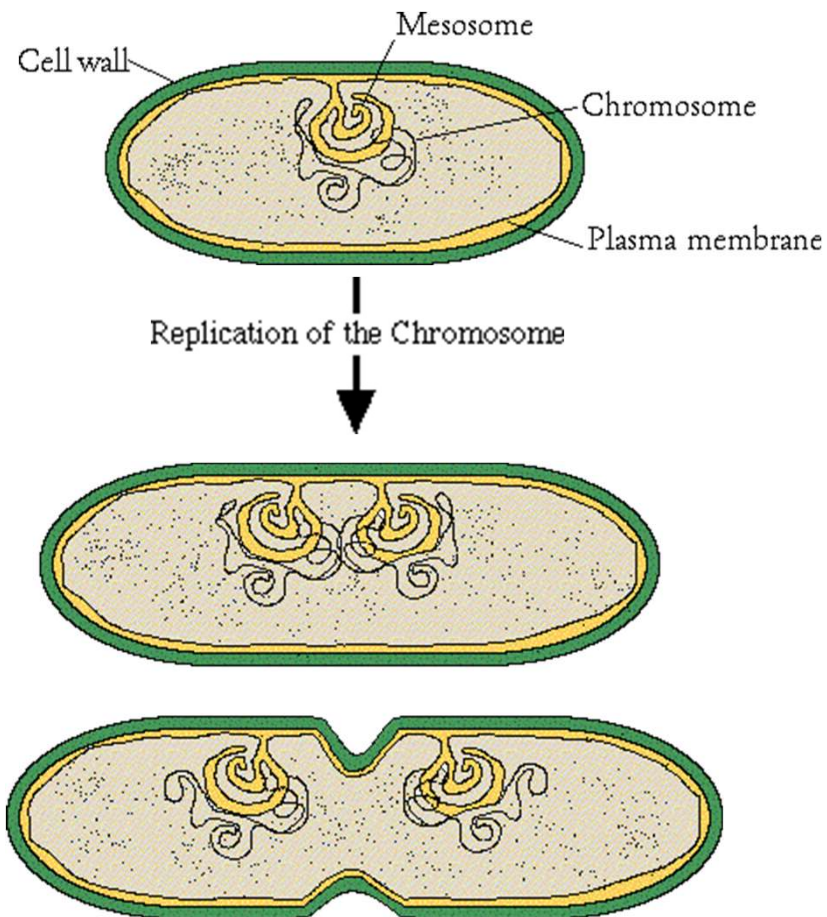
Mesosomes in unwashed cells of *Chromobacterium violaceum* strain CHRPP. (a) Note tubule extending from membrane sac invagination (O). (b) Cytoplasmic membrane invagination, origin of mesosomal tubules (O), and branching of tubules (B).



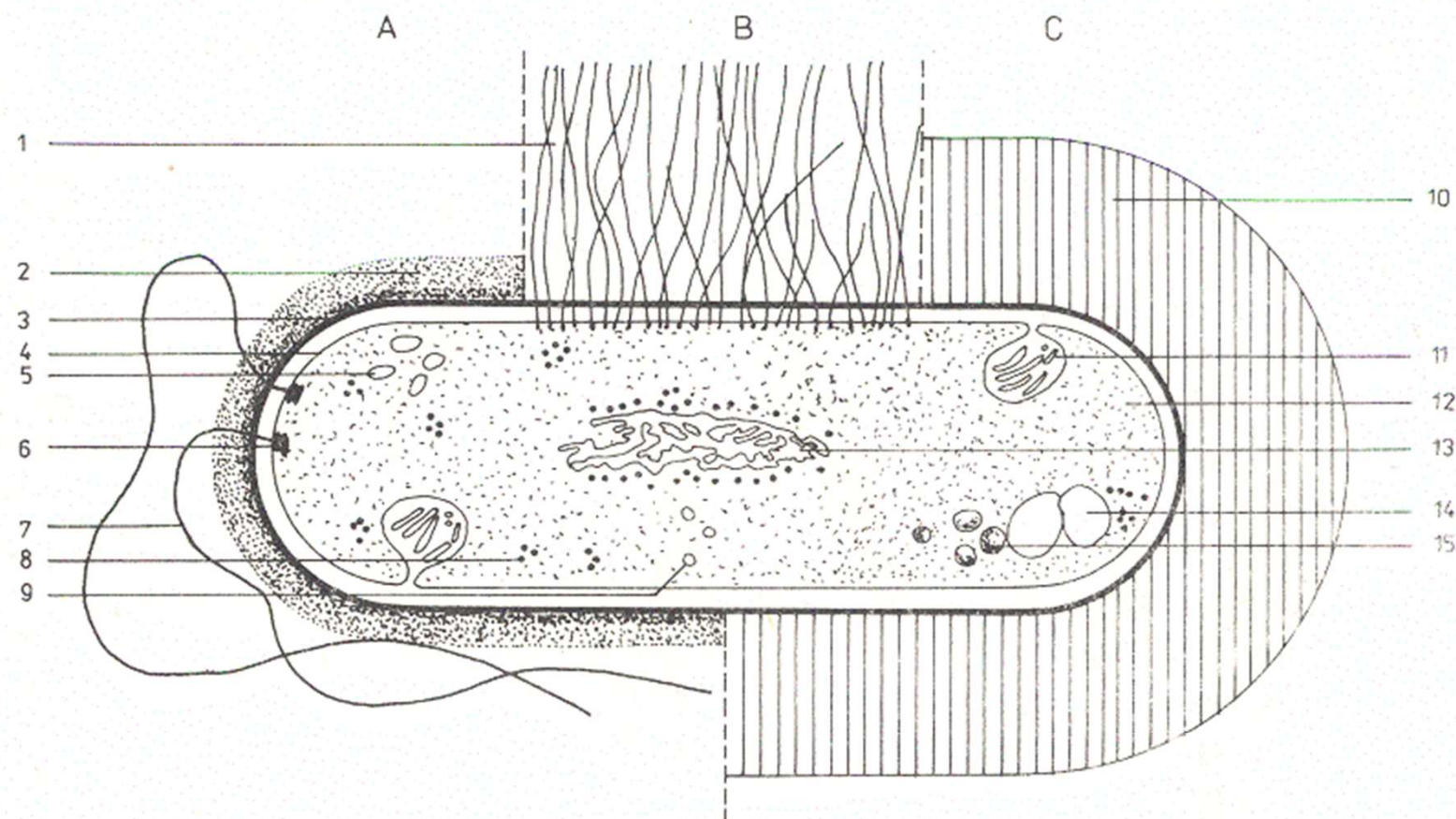
Artist's composite drawing of *Chromobacterium violaceum* mesosome as multiple branching tubular invaginations of the mesosomal sac, which is itself an invagination of the cytoplasmic membrane.

RUCINSKY AND COTA-ROBLES (1974)





- významné při separaci chromosomů
- vývojově příbuzné s jadernou membránou u eukaryot



6. Bakteriálna bunka — kombinovaná schéma (podľa G. MÜLLERA 1980)

A — so slizovou vrstvou a bičikmi, B — s fimbriami, C — s puzdrom

1 — fimbrie, 2 — slizová vrstva, 3 — bunková stena, 4 — cytoplazmová membrána (plazmalema), 5 — granulky kyseliny poly- $\beta$ -hydroxymaslovej, 6 — bazálne teliesko, 7 — bičíky, 8 — ribozómy, 9 — granulky glykogénu, 10 — puzdro, 11 — mezozóm, 12 — cytoplazma, 13 — bunkové jadro (jadrová hmota) s bakteriálnym chromozómom, 14 — granulky volutínu, 15 — lipidové kvapôčky

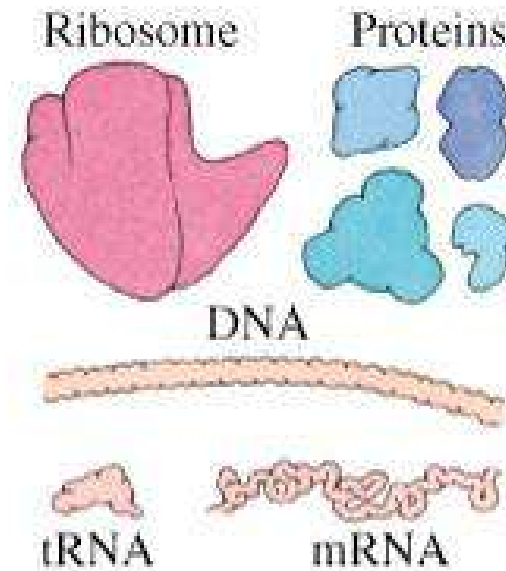
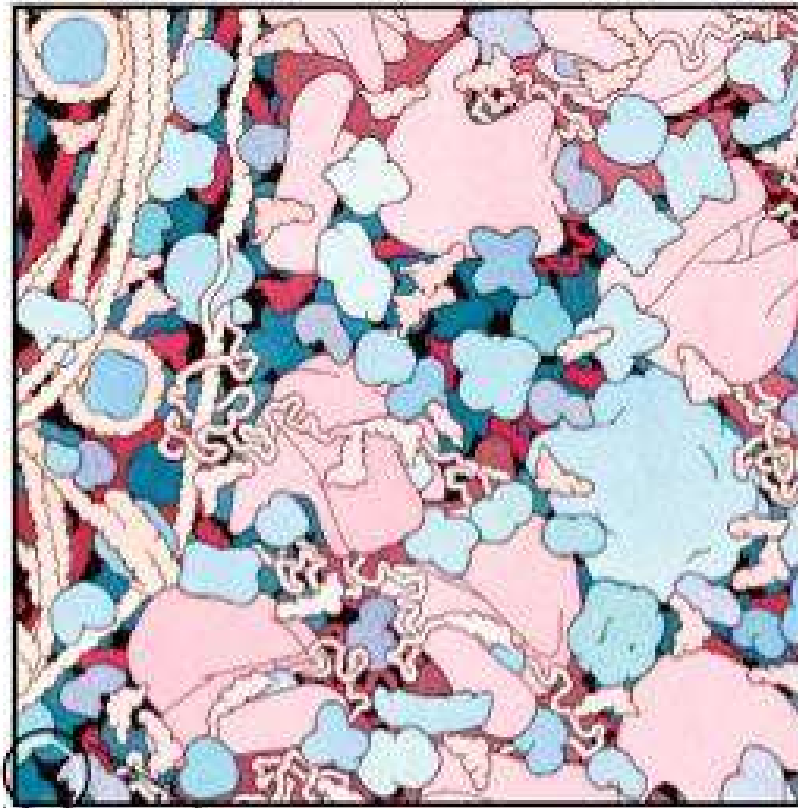
## Bakteriální buňka – cytoplasmatická membrána

- účastní se na exo(endo)cytóze, transportech látek uvnitř buňky, morfogenních procesech atd.
- udržuje osmotickou rovnováhu buňky
- invaginace membrány – mezosom
  - podíl na replikaci bakteriální DNA (chromosomu),
  - na tvorbě příčných stěn buněk, na sporulaci,
  - významné i pro dýchací procesy některých bakterií (azotobakter, nitrifikační a fotosyntetizující purpurové sírné bakterie)
- Prokaryota – cytoplasmatická membrána – musí plnit všechny základní funkce buňky



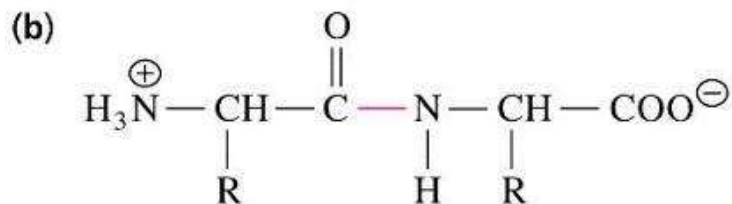
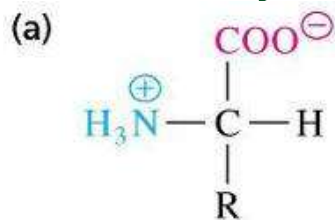
## Bakteriální buňka – Cytoplasma

- **Cytoplasma** - amorfní, bezstrukturní, koloidní roztok - proteiny,
- ribonukleové kyseliny, aminokyseliny, nukleotidy, soli organických kyselin, intermediární produkty metabolismu atd.



## Bakteriální buňka – cytoplasma

- základní funkce - katalýza syntézy aminokyselin (na ribosomech), nukleotidů, nukleových kyselin a polysacharidů, částečná degradace proteinů a uvolňování energie anaerobní glykolýzou
- vytváří příznivé prostředí pro funkci jaderné hmoty a ribosomů
- je acidofilní, zatímco jádro a jiné struktury mají zásaditou reakci
- v průběhu růstu čirá hmota, v mladých buňkách tekutá, ve starších se zahušťuje a objevují se vakuoly

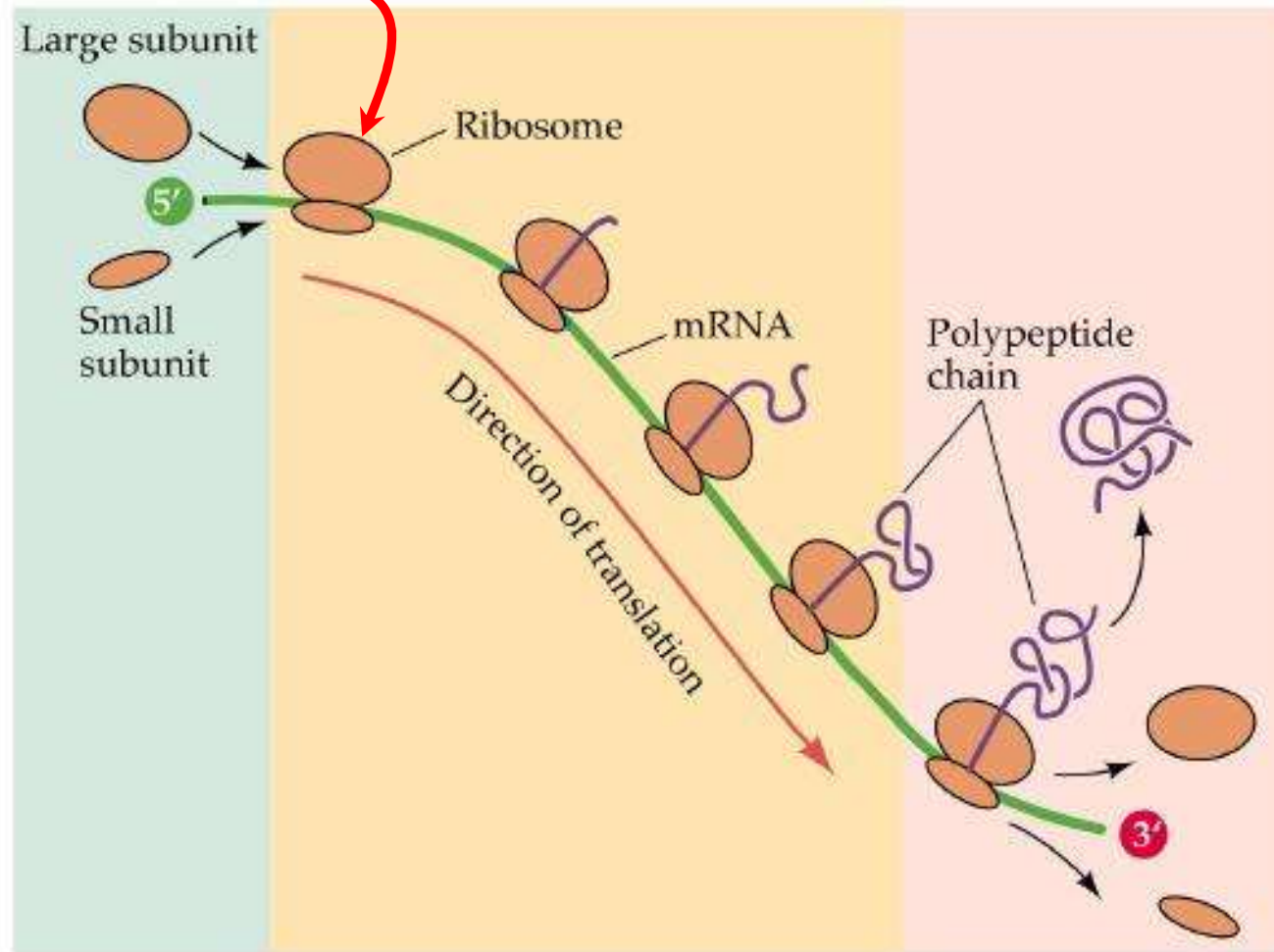


### Obecná struktura aminokyselin:

- (a) **aminoskupina**, **karboxylová sk.**,  
liší se bočními řetězci „R“
- (b) dipeptid vzniká vazbou aminosk.  
jedné aminokyseliny s karboxyl.  
sk. druhé aminokyseliny, čímž  
vzniká peptidová vazba.....  
....více AK .... až proteiny

## Bakteriální buňka – ribosomy

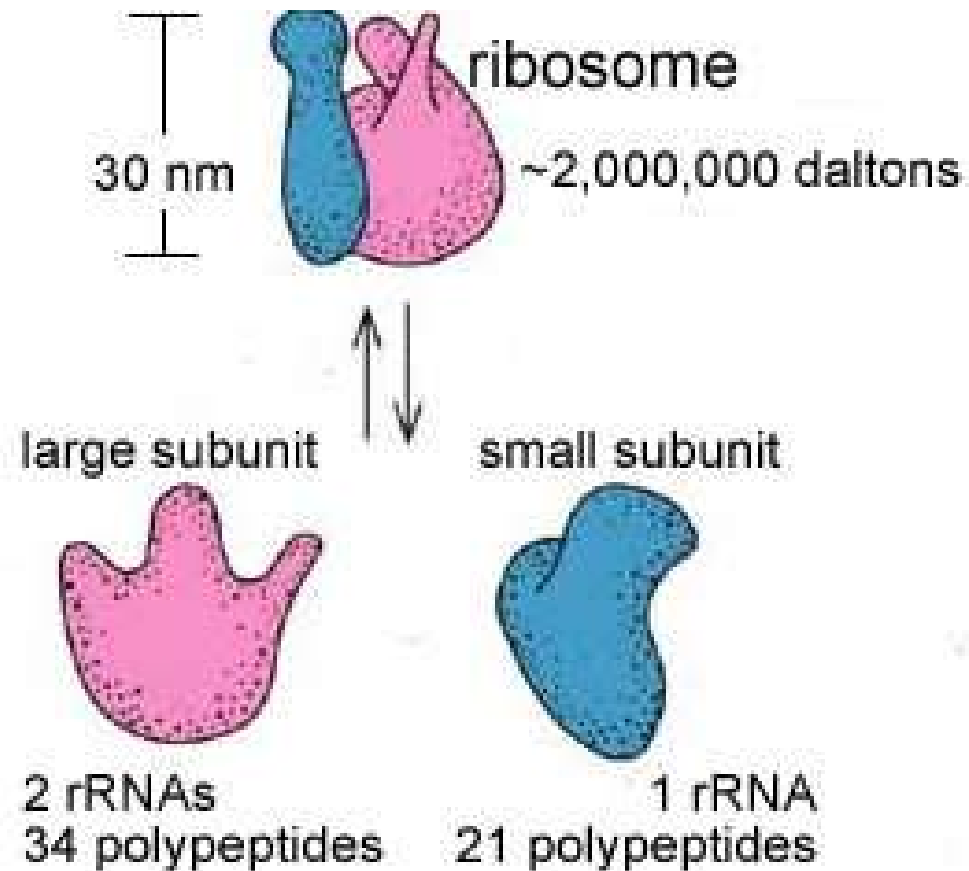
- **Ribosomy** - složité struktury - proteosyntéza





## Bakteriální buňka – ribosomy

- **Ribosomy** - složité struktury - proteosyntéza
- dvě podjednotky - větší 2/3, menší 1/3 mol. hmotnosti ribosomu, ribosomy eukaryot jsou o něco větší

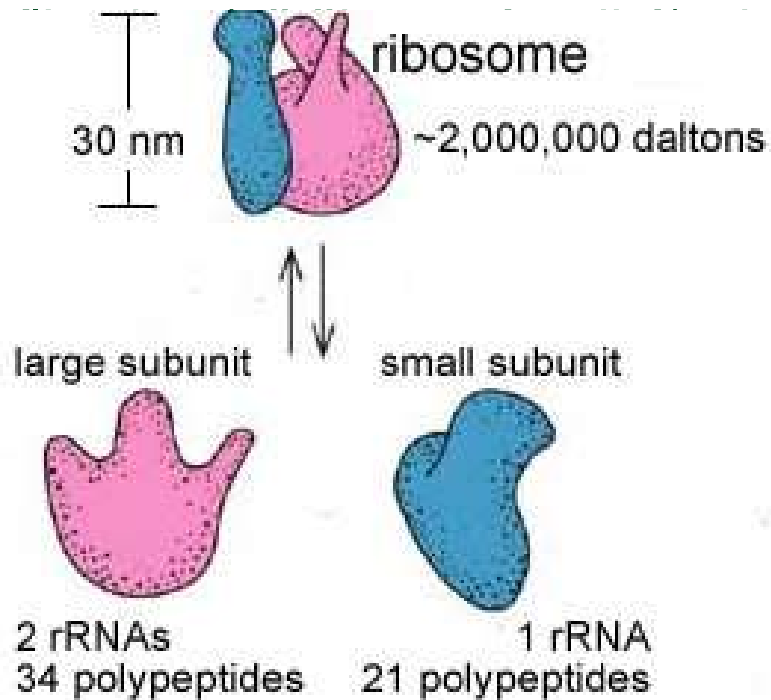


A unit of mass equal to  $1/12$  the mass of an atom of carbon 12, which is assigned a mass of 12. Also called *dalton*.

## Bakteriální buňka – ribosomy

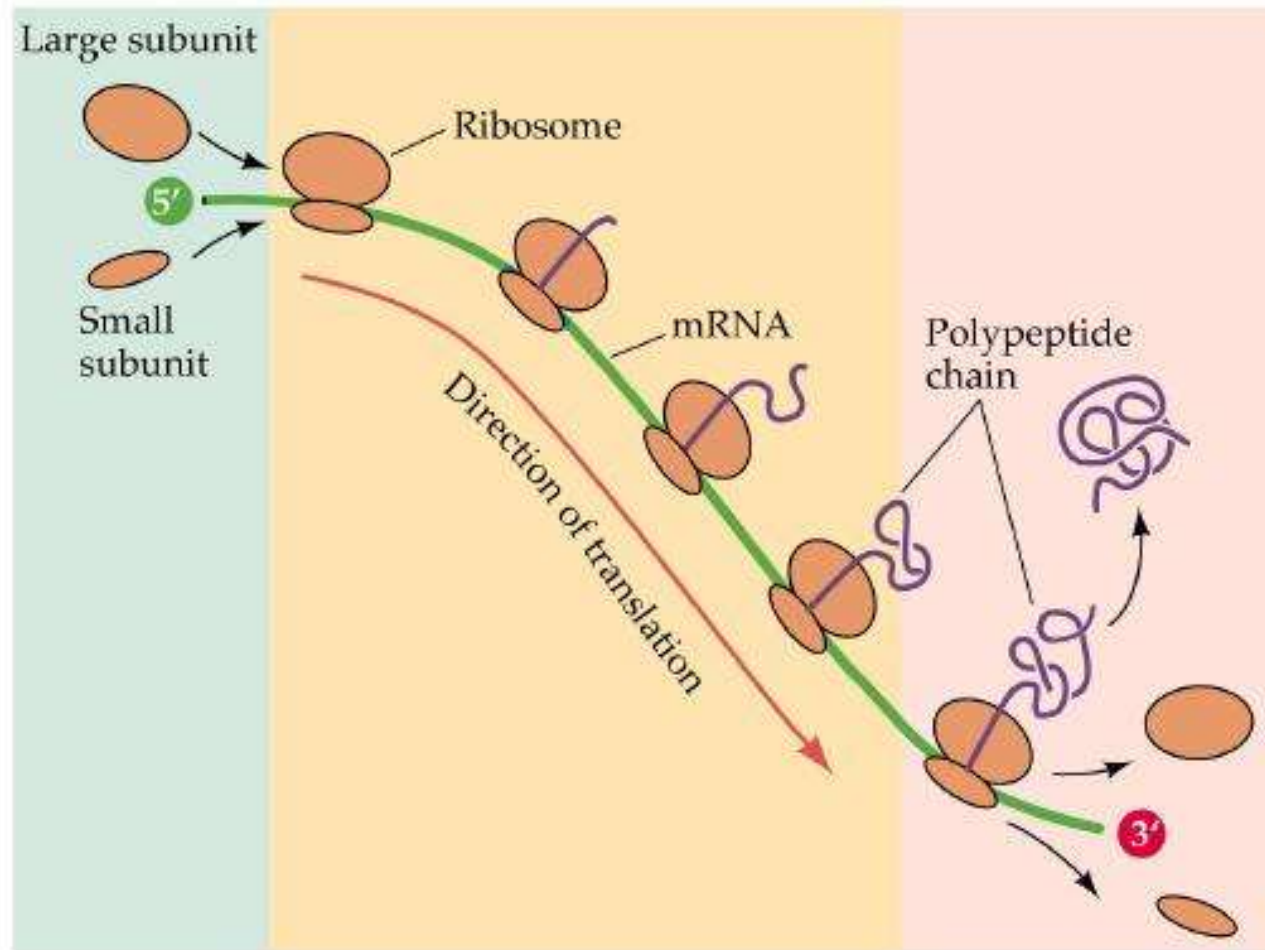
- z chemického hlediska - ribonukleotidové částice
- tři formy ribosomové ribonukleové kys. (rRNA) s rozdílnou mol. hm.
- ribosomové bílkoviny - rozdílná mol. hm.

- k
- část obou podjednotek



## Bakteriální buňka – ribosomy

- bílkoviny účast na biologické aktivitě ribosomů





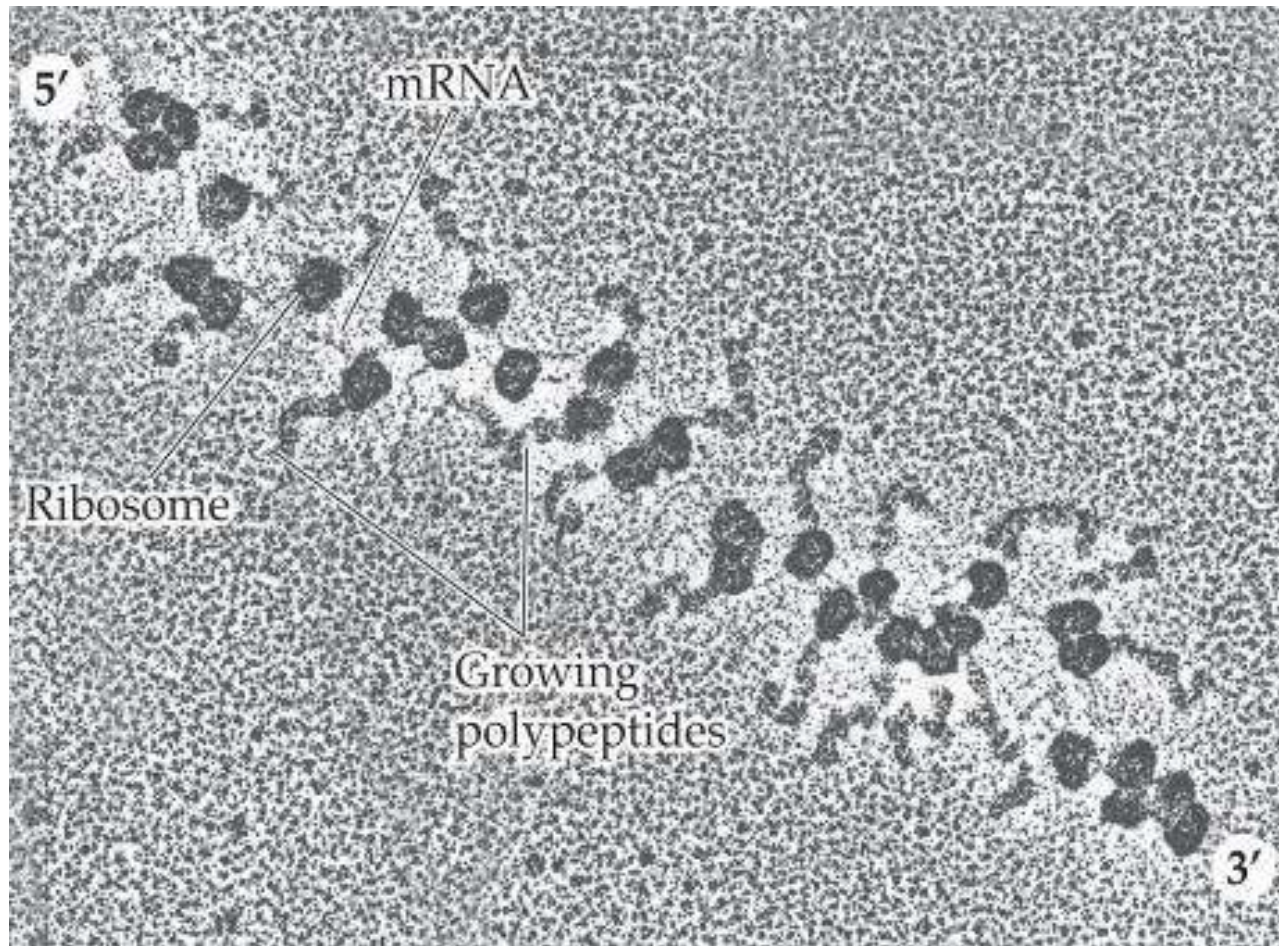
## Bakteriální buňka – ribosomy

- Na podjednotkách vazebná místa pro faktory syntézy bílkovin



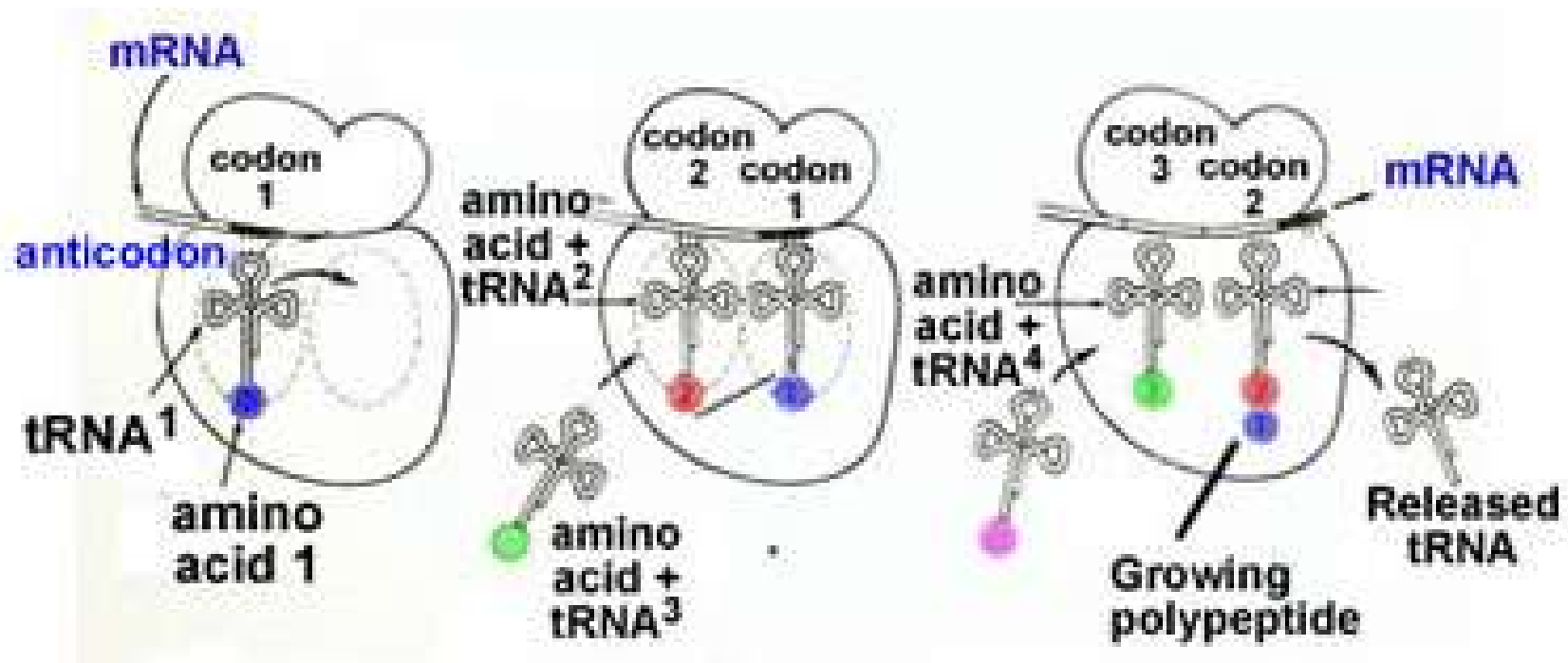
## Bakteriální buňka – ribosomy

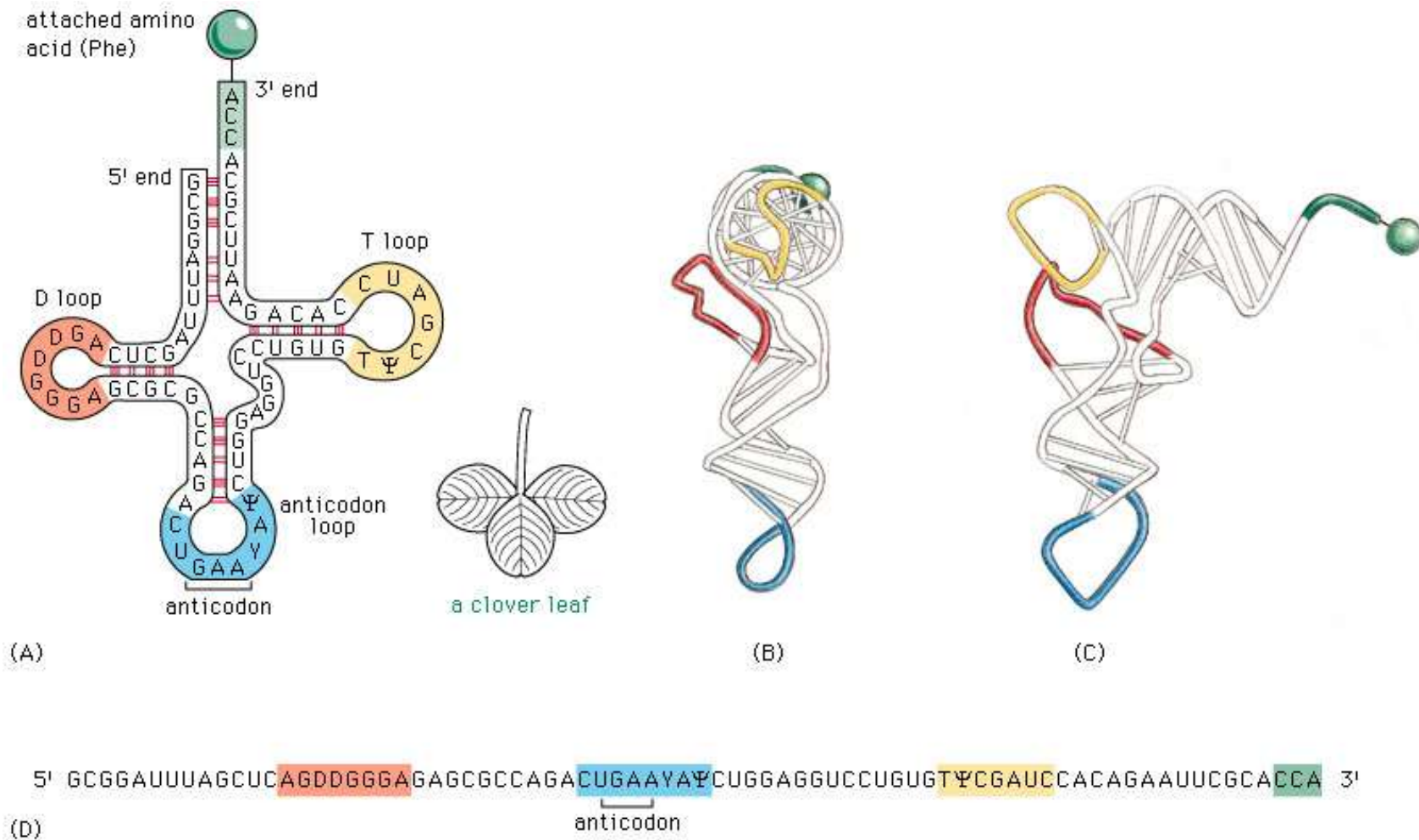
- na jednom vláknu NK více ribosomů - polysomy



## Bakteriální buňka – ribosomy

- z hlediska funkce - multienzymový komplex,
- katalyzuje vznik peptidové vazby





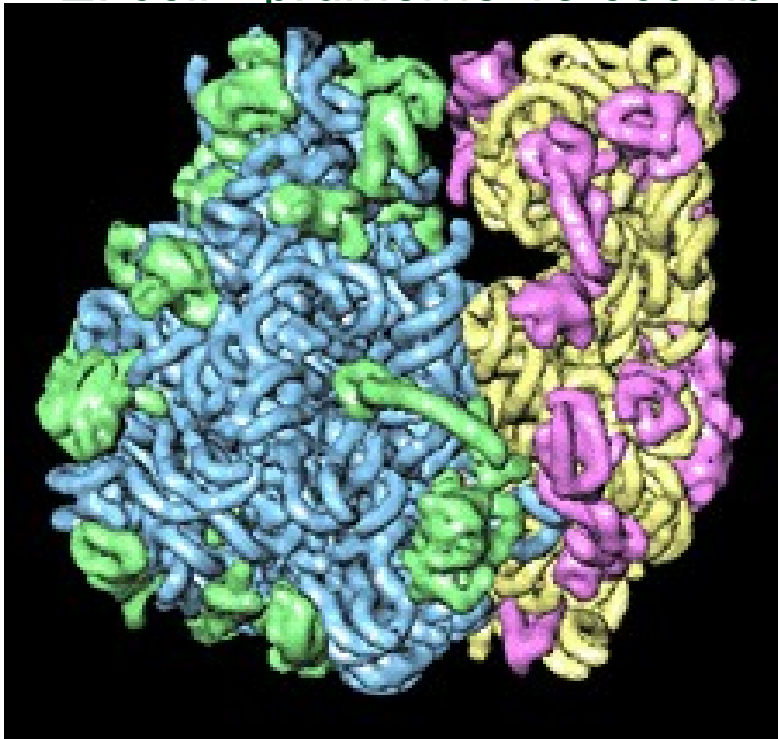
©1998 GARLAND PUBLISHING

tRNA (transferová, též iniciátorová) připomíná jetelový trojlístek. Nenosí štěstí, ale jednotlivé aminokyseliny k ribosomům.



## Bakteriální buňka – ribosomy

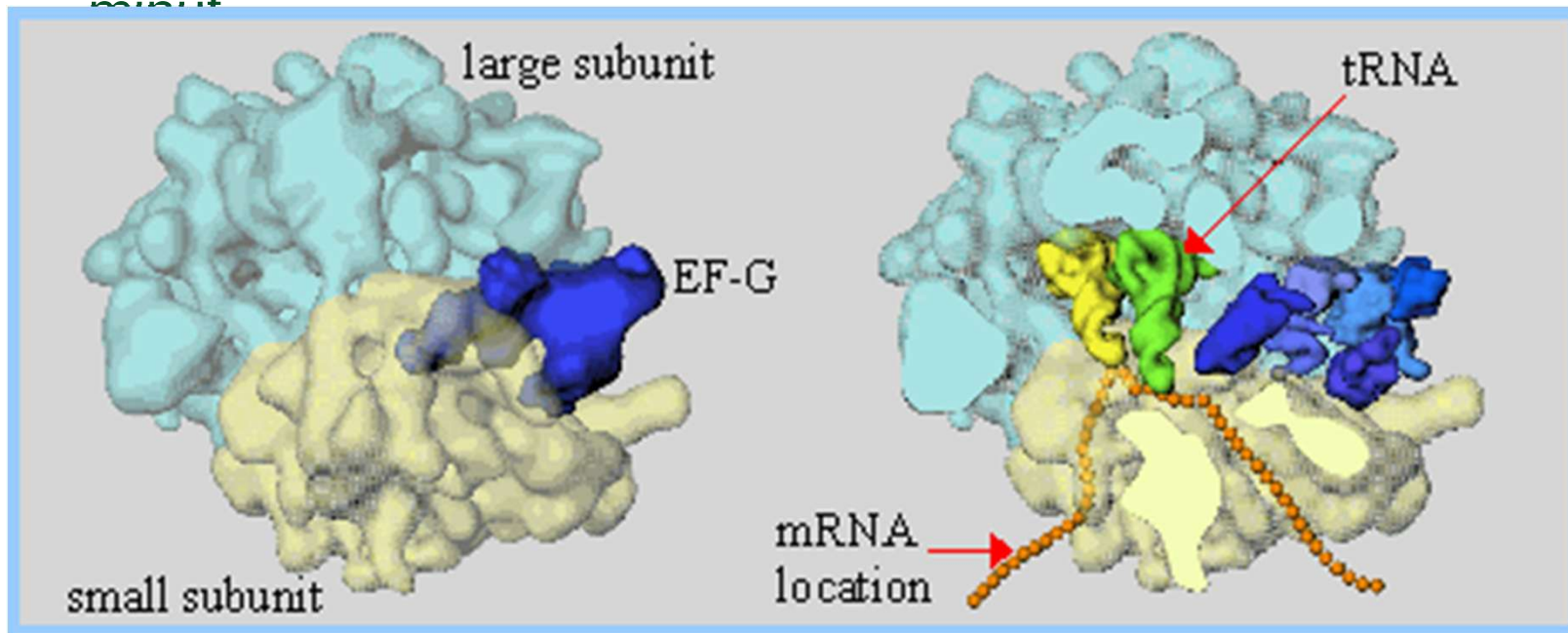
- Ribosomy (i polysomy) – volné nebo vázané na biomembránu
- částice, které jsou v buňkách nejhojněji zastoupené
- *E. coli* - průměrně 15 000 ribosomů (1/4 hmotnosti buňky)



Snímky ribozomu z *E. coli*,  
rekonstruovaný z mapy elektronové  
hustoty získané tří-dimenzionální  
kryoelektronovou mikroskopií  
Modrá a zelená: rRNA a proteiny  
podjednotky 50S, respektive, žluté a  
červené: RNA a proteiny 30S  
podjednotky.

## Bakteriální buňka – ribosomy

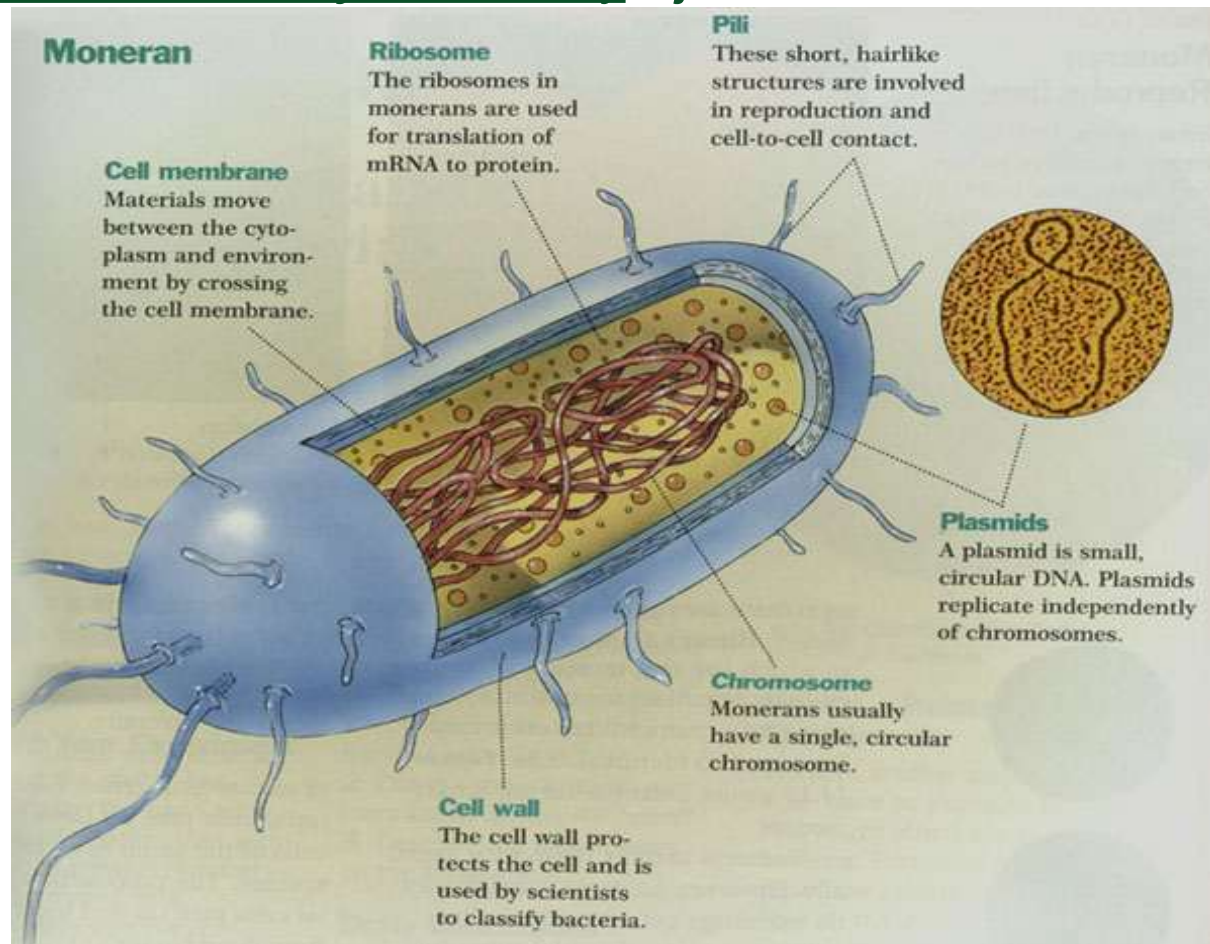
- vysoký obsah ribosomů ... vysoká rychlost syntézy buněčné hmoty
- v optimálních podmínkách – zdvojnásobení hm. již za 15 – 20 minut



E. coli ribosome

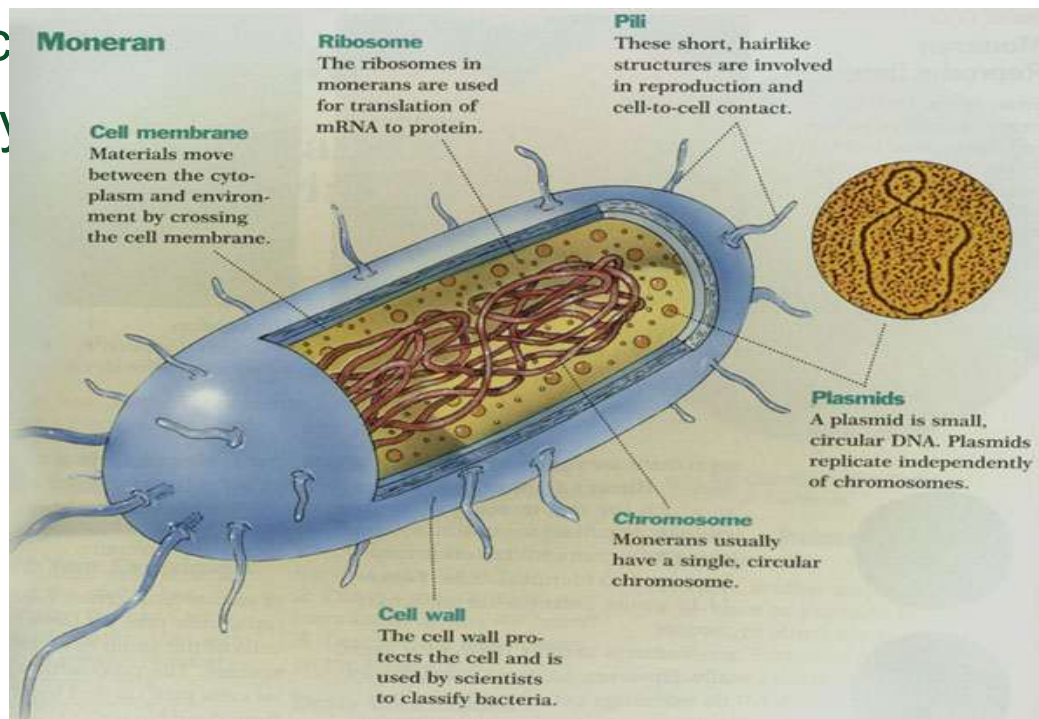
## Bakteriální buňka – nukleoid

- Nukleoid - jaderná hmota, oblast jádra
- tvoří asi 10 % objemu buňky - jediná molekula DNA



## Bakteriální buňka – nukleoid

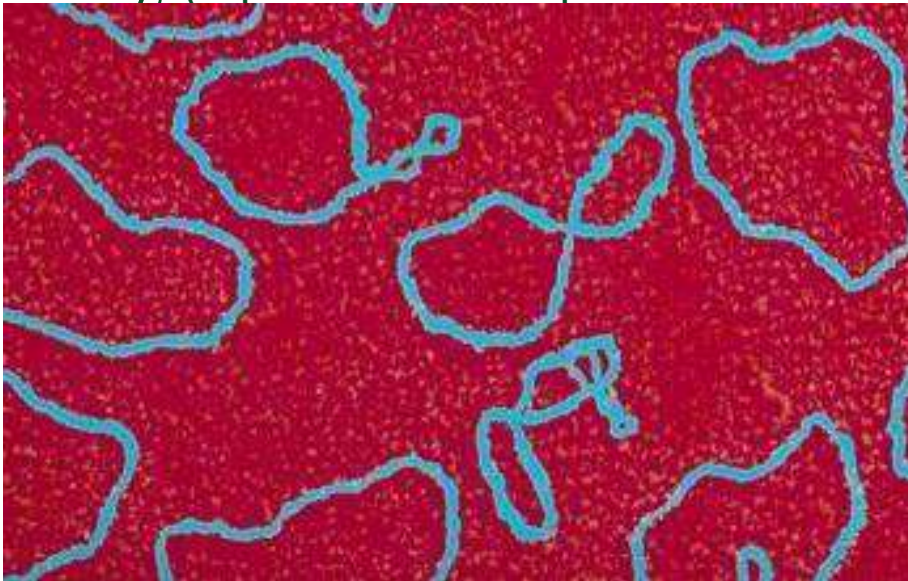
- Makromolekula dvojzávitnicové DNA - jediný bakteriální chromosom
- DNA - kruhový (prstencový tvar), rel. hm.  $2,5 \cdot 10^9$ , délku cca 1 mm
- Prakticky všechny prokaryotické buňky obsahují kruhový chromosom a plasmidy.





## Bakteriální buňka – nukleoid

- Chromosom se určitým místem připojuje na CPM, resp, mesosom
- Prokaryota - zpravidla 1chromosom
- více chromosomů - rychlejším dělením než rychlost dělení buňky, (replikace DNA neprobíhá totiž současně s buněčným dělením)
- y, (včleněn do chrom.-



Bakteriální plasmidy

## Bakteriální buňka – inkluze, vakuoly

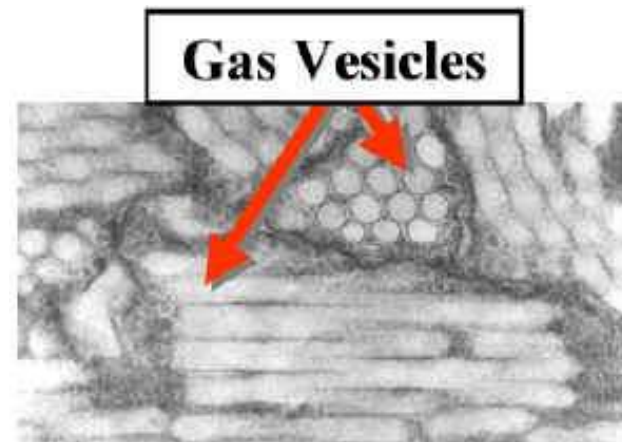
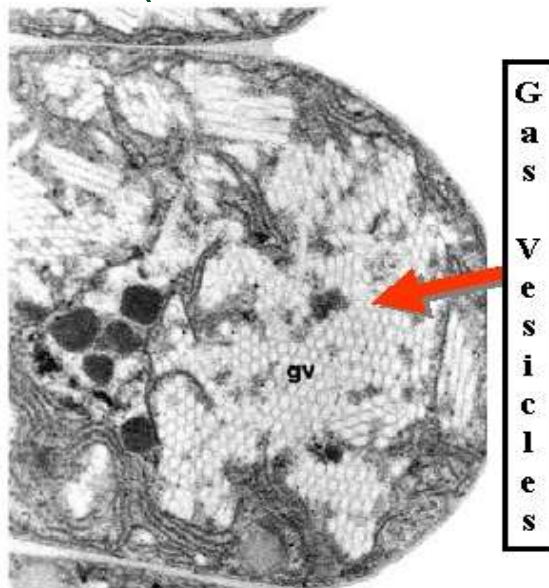
- **Inkluze** – korpuskulární útvary nejčastěji granule (zásobní látky?)
- tvorba a množství závisí na povaze prostředí (např. poměr C:N) a na metabolické aktivitě buněk
- Volutin – vytváří granulky obsahující Na-polymetafosfát  
(zdroj fosforu a volné, biochemicky využitelné energie)
- glykogen, amylopektin (v prostředí s dostatkem C, nedostatkem N)
- granulky kyseliny poly- $\beta$ -hydroxymásečné v buňkách aerobních druhů *Bacillus* a *Pseudomonas* a v buňkách fototrofních bakterií



*Sprillum volutans*, bakterie s amfítrichálnými bičíky a volutinovými granulemi polyfosfátu.

## Bakteriální buňka – inkluze, vakuoly

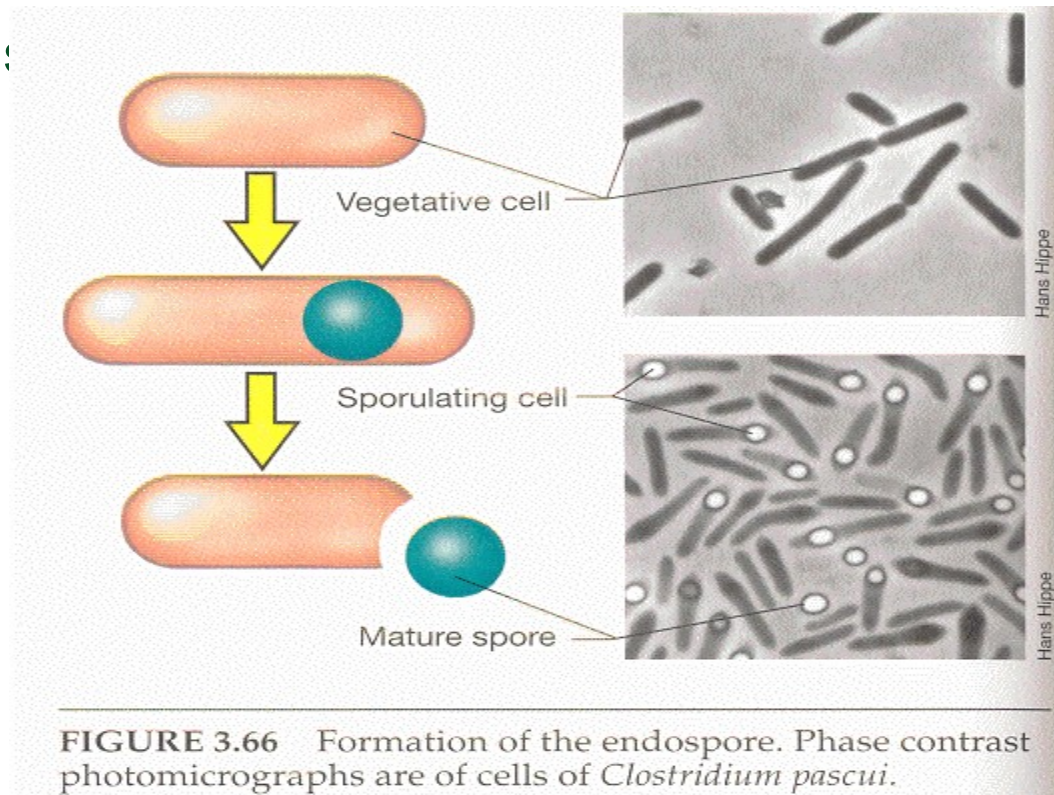
- Ve fototrofních a purpurových sirných bakteriích, ale i v některých jiných bakteriích se vyskytují **plynové vakuoly**.
- Jednoduchá membrána proteinové povahy je pevná, nepropouští vodu, ale pouze plyny
- V bakteriálních buňkách vznikají ale nejčastěji tzv. **nefunkční vakuoly** stárnutím buněk a vlivem nepříznivých podmínek vnějšího prostředí (dochází k tzv. vakuolizaci buněk)





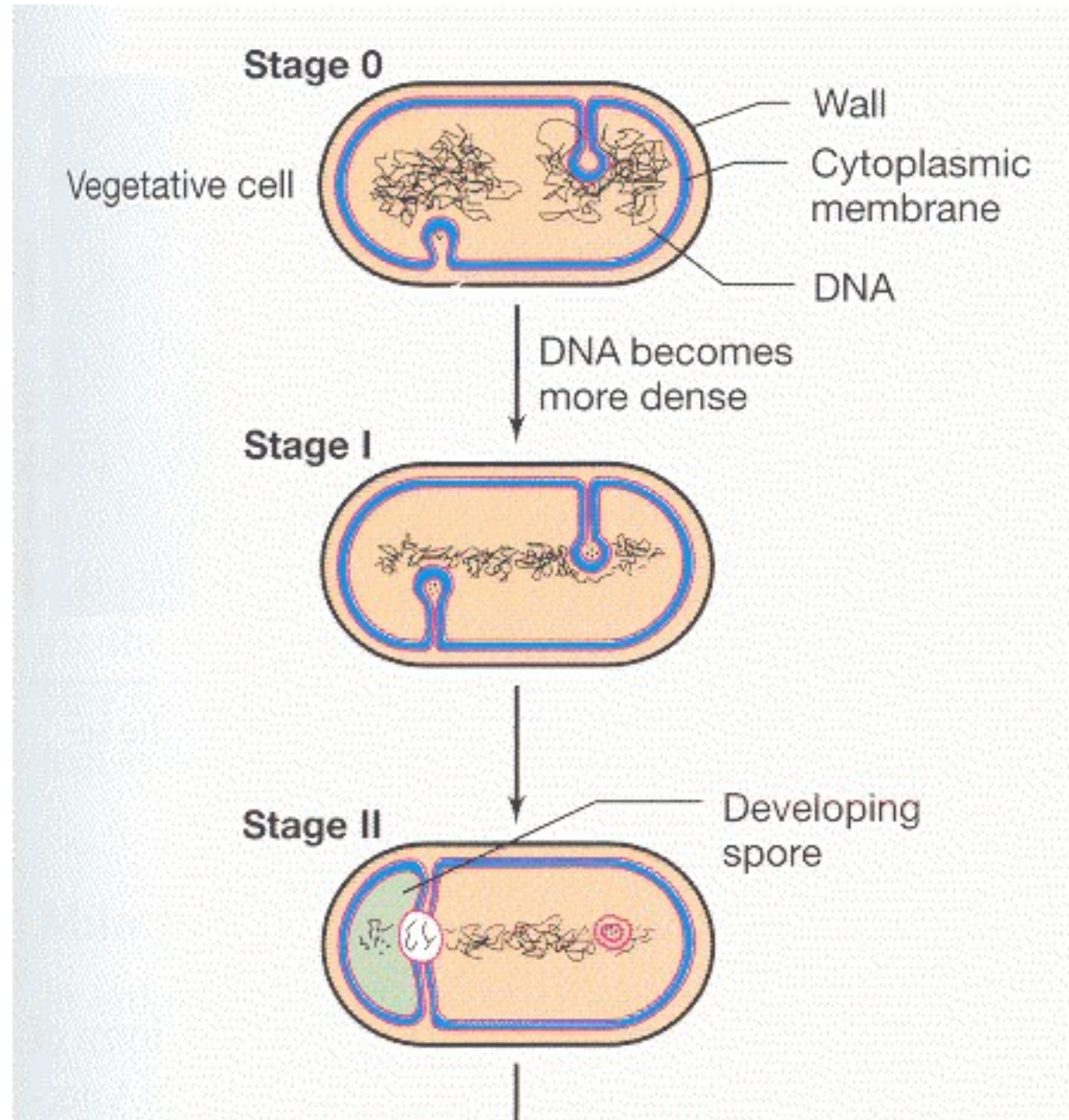
## Bakteriální buňka – inkluze, vakuoly

- **Endospory** – trvanlivé a odolné formy
- především G<sup>+</sup> rody *Bacillus* a *Clostridium* ve zhorš. podmínkách
- Hypobióza redukováný metabolismus
- Tvorba : (v kult.) živovaných

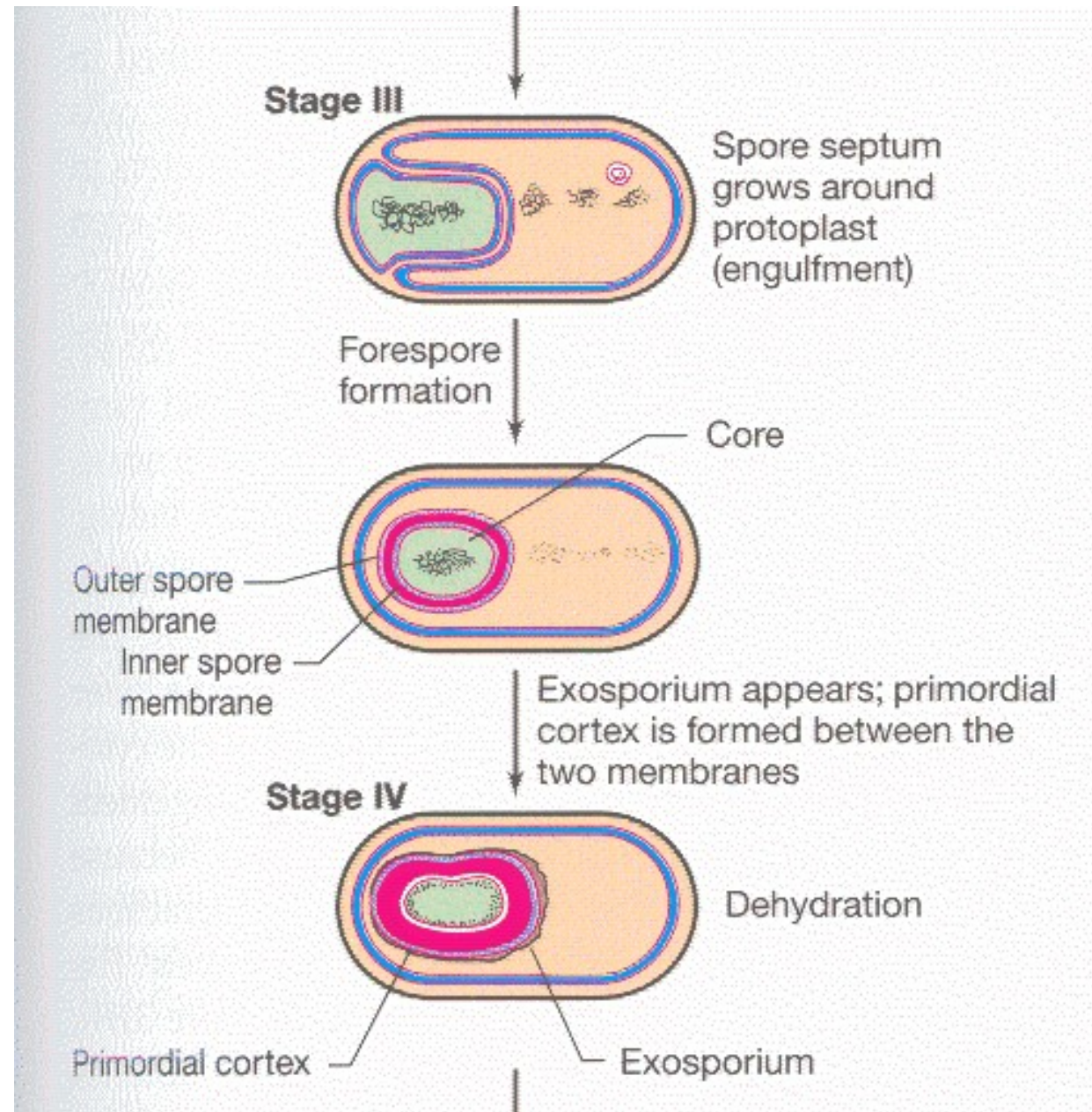


## **Bakteriální buňka – endospóry**

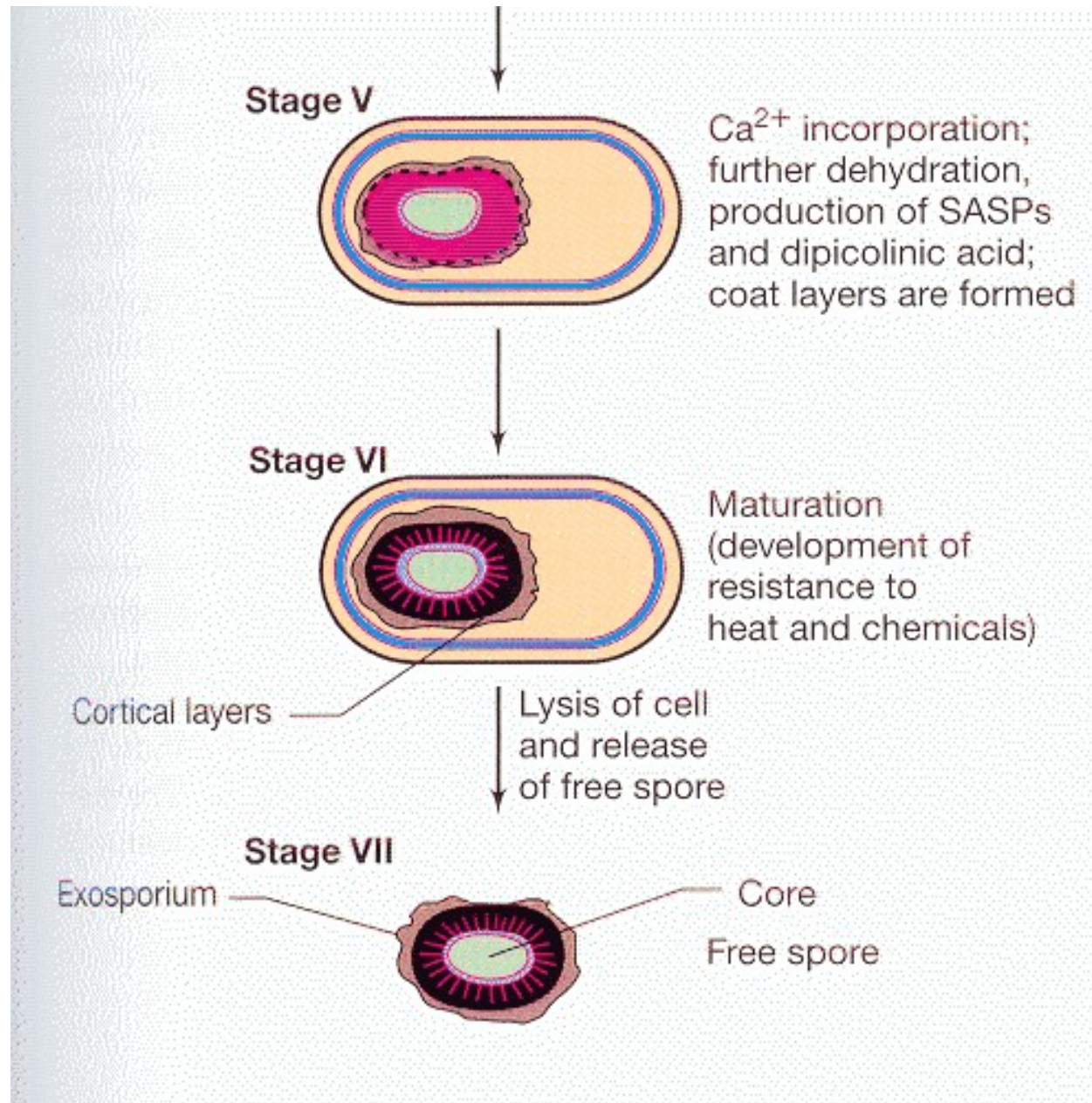
- Sporulace (sporogeneze) je sled strukturních a biochemických změn
- 1. nejprve se rozdělí nukleoid (replikace DNA)
- 2. chromosom putuje do místa vzniku budoucí spory
- 3. tvorba membrány - sporové septum (příhrádka)
- 4. protoplast spory, od cytoplasmy buňky oddělený vlastní memb.
- 5. vnější obal spory (kortex) a nakonec plášť
- 6. spora dozrává a zbytek mateřské buňky (sporangium) se oddělí
- 7. některé druhy mají ještě další obalovou vrstvu – exosporium







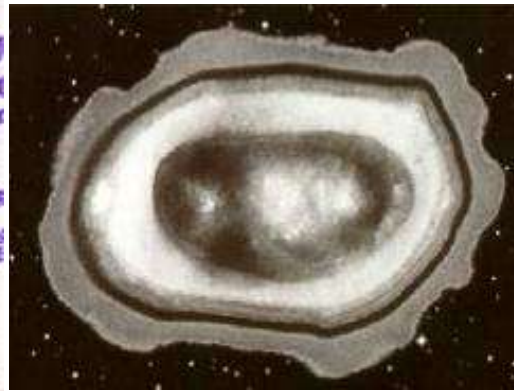
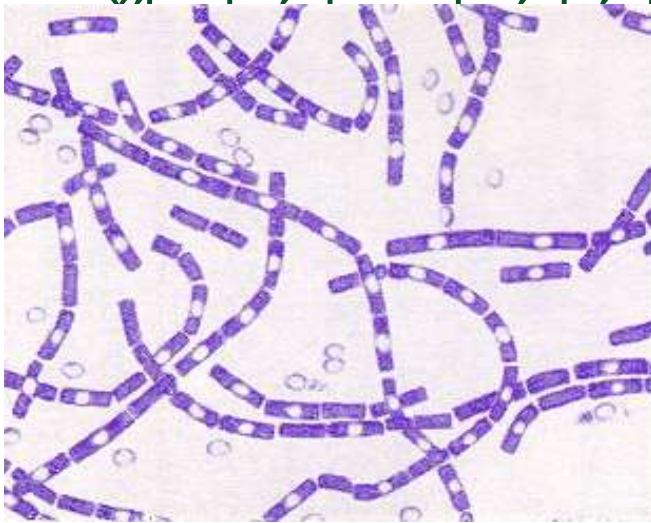




small acid-soluble  
spore proteins  
(SASPs)

## Bakteriální buňka – endospóry

- termorezistence - účast iontů vápníku, snížení obsahu vody (asi 15%)
- Spory obsahují i enzymy, ze kterých je část termorezistentní,
- Enzymatické pochody pozastavené - přítomné enzymy jsou vázány na velké inaktivní proteinové komplexy
- Spory mohou velmi dlouhou dobu v tomto stadiu, ovšem není to nevyhnutelná fáze jejich individuálního vývinu, poté – v  
vých - germinace – klíčení



## Kontrolní otázky

1. **Peptidoglykan**
2. **G- bakterie**
3. **G+ bakterie**
4. CPM, monofýlie, jednotkový princip
5. **CPM stavba**
6. Úkony uskutečňované bílkovinami CPM
7. **Mesosom**
8. **Cytoplasma bakterií**
9. **Bakteriální ribosomy**
10. **Nukleoid**
11. Inkluze, vakuoly
12. **Bakteriální sporulace**

### Dostupná videa:

Fluid Mosaic Model

Ribosome in action

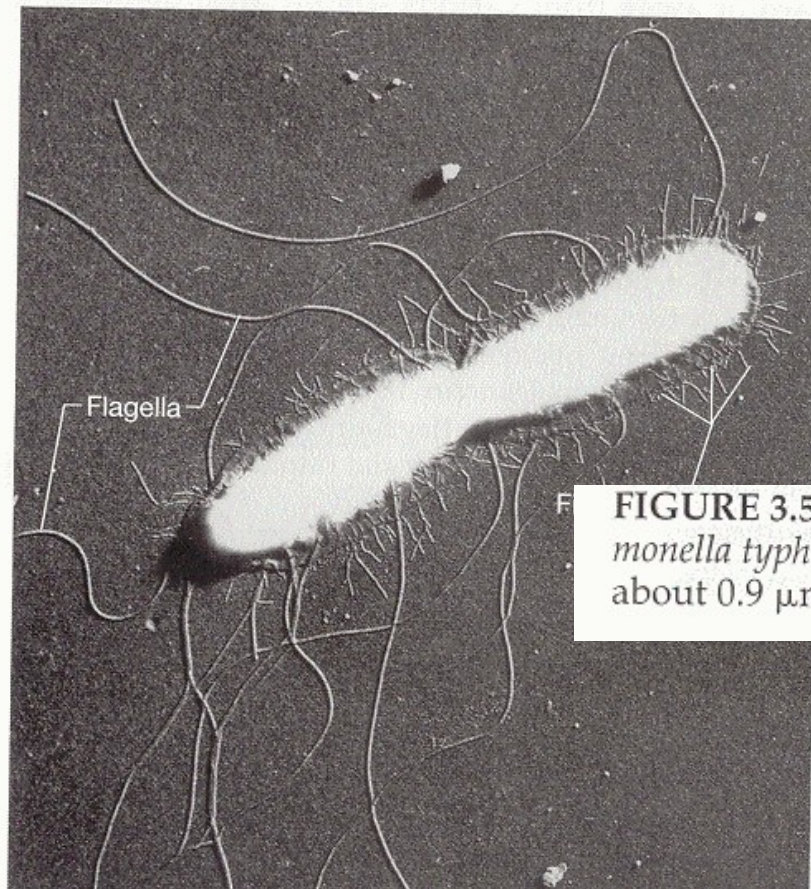
From RNA to Protein Synthesis

Bacterial Spore Formation Animation Video



## Bakteriální buňka – bičíky

- **bičíky** - tenká vlákna
- bazální disk
- tloušťka od 10 – 20 nm. délka ..., počet od 1 – 100



**FIGURE 3.53** Electron micrograph of a dividing cell of *Salmonella typhi*, showing flagella and fimbriae. A single cell is about 0.9  $\mu\text{m}$  in diameter.

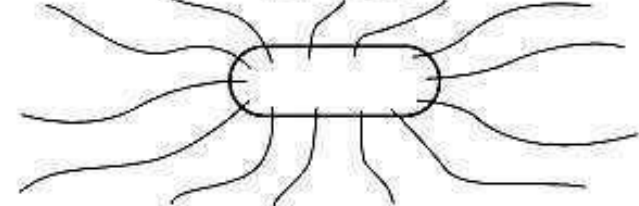


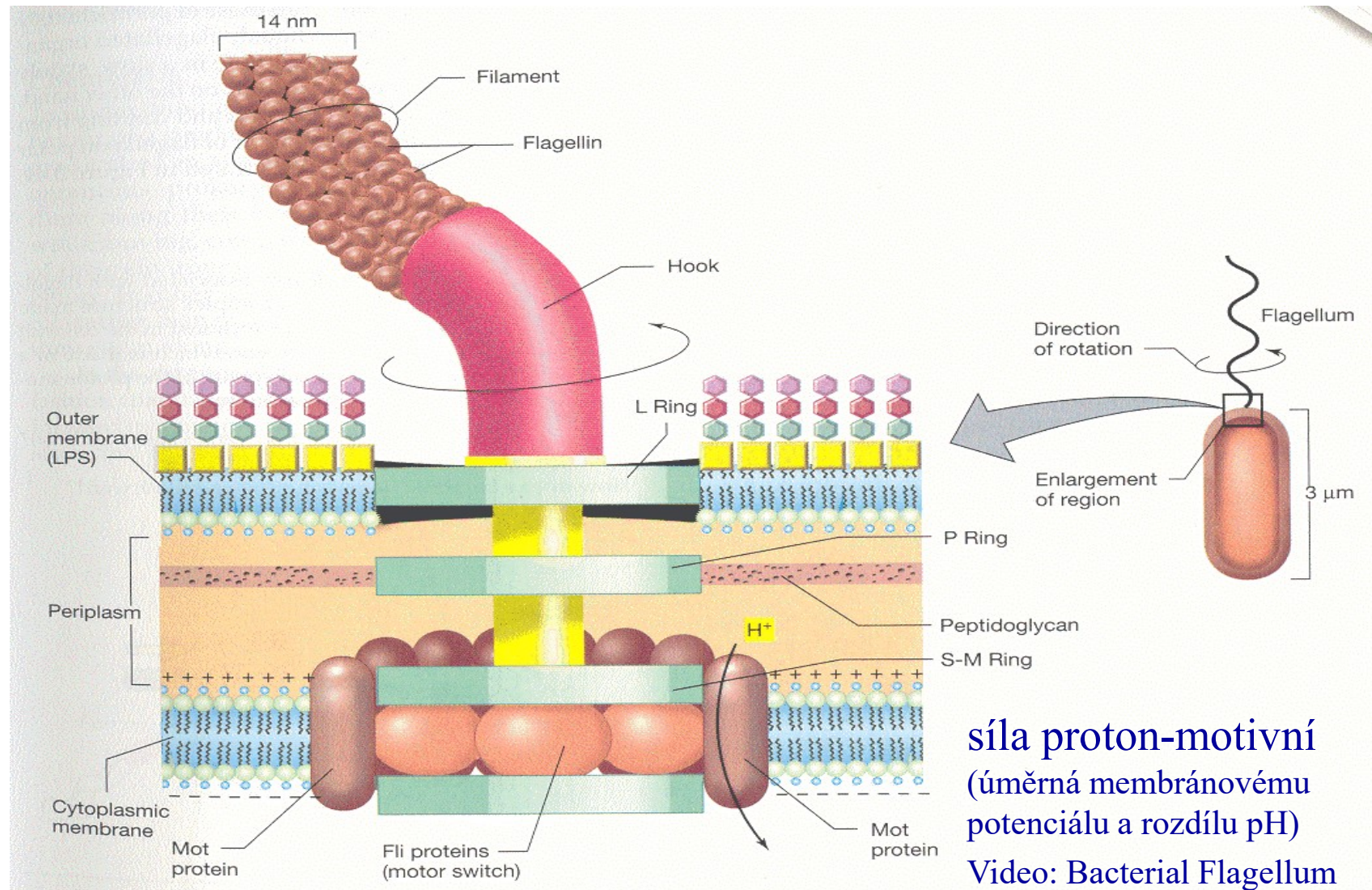
## Bakteriální buňka – bičíky

- Bakteriální bičík je pevná struktura šroubovitého tvaru, která se točí, pohání buňku vpřed a tedy tlačí. Má tloušťku asi 20 nm a délku až 20  $\mu\text{m}$ , což může být i desetinásobek délky bakterie. Pohyb bakterie se nazývá taxie a může mít mnoho forem. Bakterie dokáže pomocí bičíku překonat deset délek svého těla během jedné sekundy.
- Bakteriální bičík je dutá trubice tvořena globulárním proteinem flagelinem. Flageliny jsou poskládány v levotočivé šroubovici, do které se skládají procesem self-assembly („spontánní skládání“). Při růstu flageliny putují dutou trubicí bičíku až na jeho konec, kde se připevňují a bičík tím prodlužují. Bičík je těsně nad plasmatickou membránou upevněn pružným háčkem („hook“), který ho spojuje s komplexem proteinů tvořícím motor. Tento motor je fixován v membráně a využívá energie protonové pumpy. Je to skupina proteinů pracujících jako rotor a stator motoru. Přepínání otáčivého pohybu bičíku po (clockwise - CW) a proti (CCW – counter-CW) směru hodinových ručiček zajišťuje protein FLI. Lze toho využít při plavbě za atraktans (něčím, co bakterii přitahuje), kdy bakterie plave 1 sekundu CCW a 1/10 sekundy stojí díky CW na místě a vyhodnocuje, zda se

## Bakteriální buňka – bičíky

- 1. Atricha bez bičíku
- 2. Monotricha dopředu s malými odchylkami na obě strany
- 2. Lofotricha vlnovitý a to buď dopředu, nebo dopředu i dozadu
- 3. Amfitricha přímočarý dopředu i dozadu

| Structure                                                                            | Flagella Type | Example                         | (btilis) |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|----------|
|     | Monotrichous  | <i>Vibrio cholerae</i>          |          |
|    | Lophotrichous | <i>Bartonella bacilliformis</i> |          |
|  | Amphitrichous | <i>Spirillum serpens</i>        |          |
|  | Peritrichous  | <i>Escherichia coli</i>         |          |

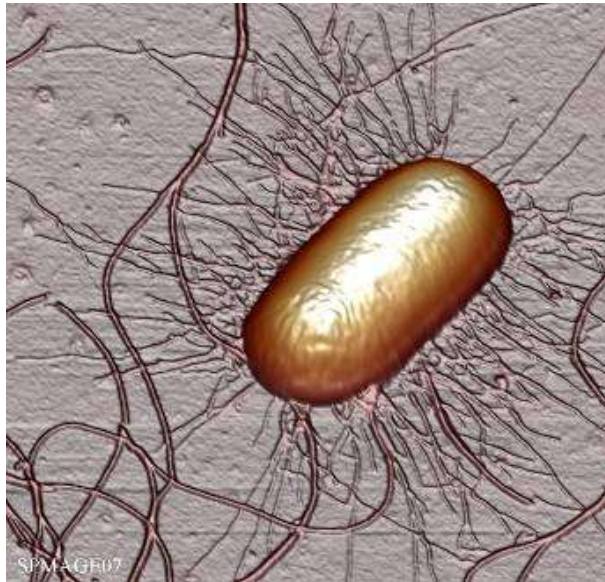


**FIGURE 3.48** Structure of the prokaryotic flagellum and attachment to the cell wall and membrane in a gram-negative bacterium. The L ring is embedded in the LPS, and the P ring in peptidoglycan. The S-M ring is embedded in the cytoplasmic membrane. The Mot proteins function as the flagellar motor, whereas the Fli proteins function as the motor switch. The flagellar motor rotates the filament to propel the cell through the medium.



## Bakteriální buňka – bičíky

- Aktivní pohyb - počáteční fáze růstu,
- starší bičíky ztrácí, ne však svou životnost,
- pohyblivost - vnější činitelé
- globulární bílkovina flagelin



prostředí

*Escherichia coli*

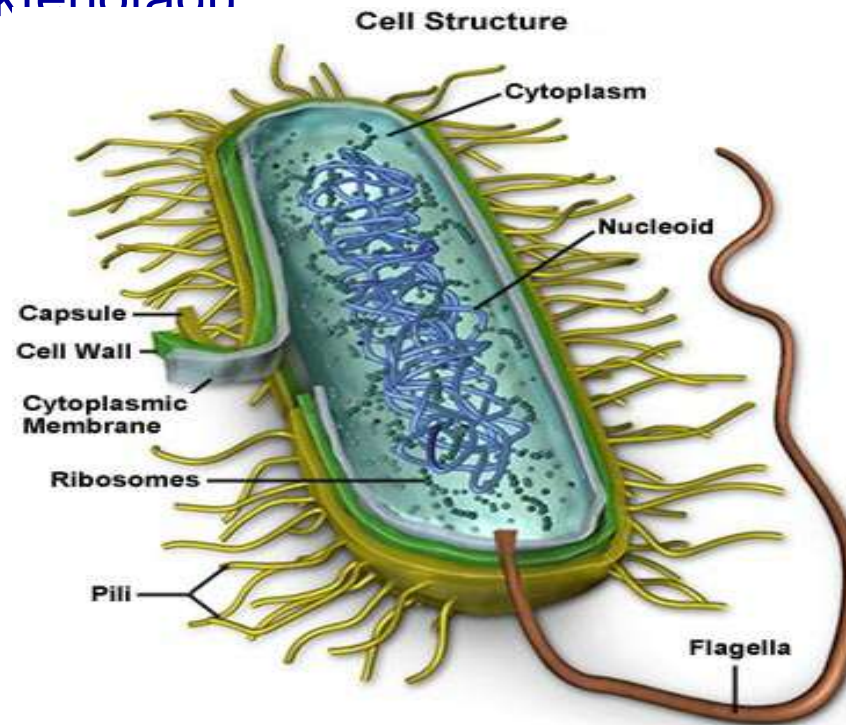
Dobře viditelné jsou struktury bičíků a fimbrií. Buňka je asi 1.9 $\mu$ m dlouhá a 1 $\mu$ m široká. Šířka fimbrií je asi 20nm a bičíků asi 30nm.

Foto - Mr Ang Li. National University of Singapore (Singapore)



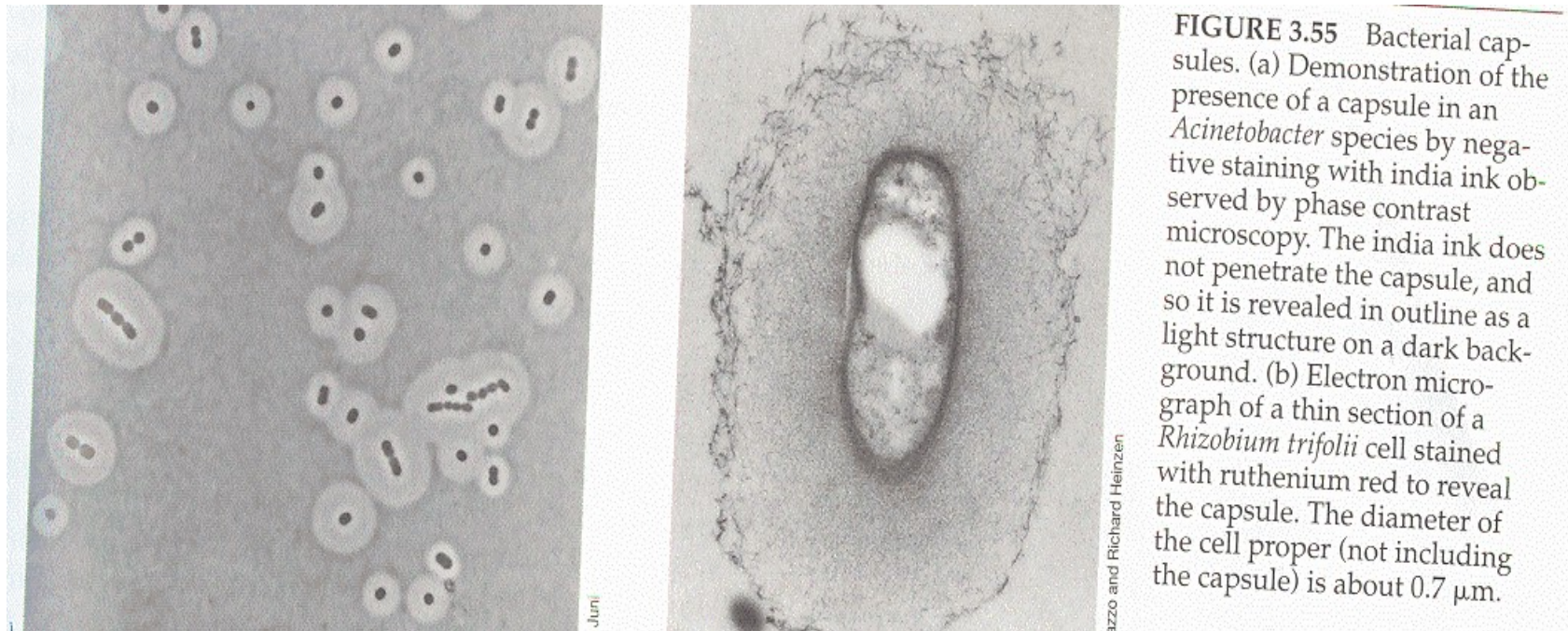
## Bakteriální buňka – fimbrie

- **Fimbrie (pilusy)** polymer z bílkovin (závitnice)
- u některých G-
- přichycení
- patogenní - virulentní s fimbriemi – *Neisseria gonorrhoeae*
- adsorpce bakteriofágů



## Bakteriální buňka – slizy a pouzdra

- **slizová** vrstva - polymer vysoké viskozity, nemá tvar ani strukturu
- může být smyt
- **zooglea** více buněk - chrání je hygroskopicitou před vysycháním
- **Pouzdra** mají strukturu - polymery polysacharidů, polypeptidů



## Bakteriální buňka – slizy a pouzdra

- **slizová** vrstva - polymer vysoké viskozity, nemá tvar ani strukturu
- může být smyt
- **zooglea** více buněk - chrání je hygroskopicitou před vysycháním
- **Pouzdra** mají strukturu - polymery polysacharidů, polypeptidů
- pouzdra pod 0,2nm **mikropouzdra** (mikrokapsuly)
- pouzdrová hmota je citlivá na různé enzymy
- autoenzymy rozklad hmoty pouzdra
- pouzdro není nevyhnutelné
- dobrá ochrana, před fagocytózou, buňky virulentnější

## System bakterií vycházející z fyz. a chem. vlastností, Gramova barvení, tvaru, vztahu ke kyslíku a jejich

- ♦ 1. G- aerobní tyčinky (*Pseudomonas*, *Brucella*, *Francisella*)
- ♦ 2. G- fakultativně anaerobní tyčinky
  - ♦ a. neštěpí laktózu (*Salmonella*)
  - ♦ b. štěpí laktózu (*Escherichia*)
  - ♦ c. *Vibrionaceae* (*Vibrio cholerae*)
- ♦ 3. G- anaerobní tyčinky (*Fusobacterium*)
- ♦ 4. G- koky a kokobakterie
- ♦ 5. G+ koky (*Streptococcus*)
- ♦ 6. G+ sporulující tyčinky (*Bacillus anthracis*, *Clostridium tetani*, *Bacillus subtilis*)
- ♦ 7. G+ nesporelující tyčinky (*Lactobacillus acidophilus*, *bifidus*)
- ♦ 8. Korynebakteria, mykobakteria, nocardie, aktinomycety
- ♦ 9. Spirochety (*Borrelia*, *Treponema*, *Leptospira*)
- ♦ 10. Mykoplasmy (malé bakterie bez pevné bakteriální stěny, přechod mezi bakteriemi a rickettsiemi)
- ♦ 11. Rickettsie a chlamydie - G- bakterie (*Rickettsia prowazekii* - skvrnitý tyfus, *Coxiella burnetii*).



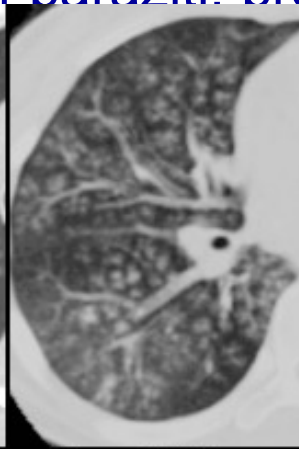
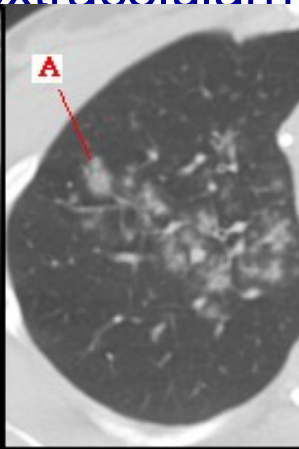
## Aktinomycety

- absence jádra, organizace buněk, složení buněčných stěn, metabolismus N, citlivost na protibakteriální antibiotika a fágy)
- mycelium, hyfy – cca 1 $\mu$ m - bez přehrádky - jediná rozvětvená buňka, spory, sporofory, druhově typické
- většina saprofytická, některé parazitují, aktinomykózy – chronické (nejčastěji plíce)
- *Mycobacterium leprae* (malomocenství), *M. diphtheriae* (záškrt)
- důležití zástupci půdních organismů
- antibiotika (streptomycin, aktinomycetin, aureomycetin,

# Mykoplasmy, Rickettsie

## Mykoplasmy

- nejmenší mikroorg., nemají buněčnou stěnu
- biosyntetické možnosti limitované
- reprodukují se přehrádečným dělením, fragmentací, pučením
- živočišné - extracelulární paraziti. přenos dotyk či aerosol



35-year-old woman with *Mycoplasma pneumoniae* and a normal radiograph (left). HRCT scan (middle) shows numerous centrilobular densities in the right upper lobe (A). HRCT scan (right) in a different patient with more widespread infection with *Mycoplasma*.

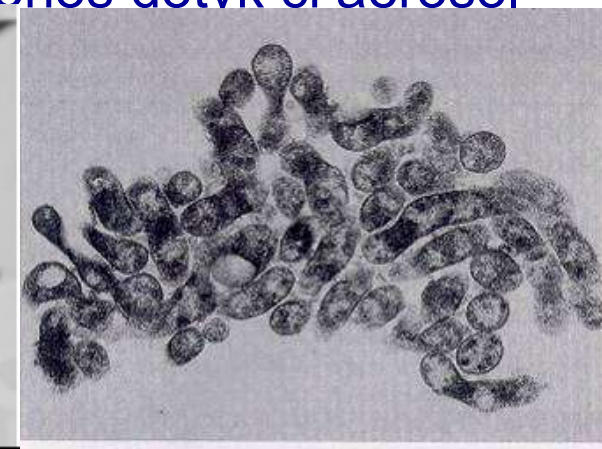
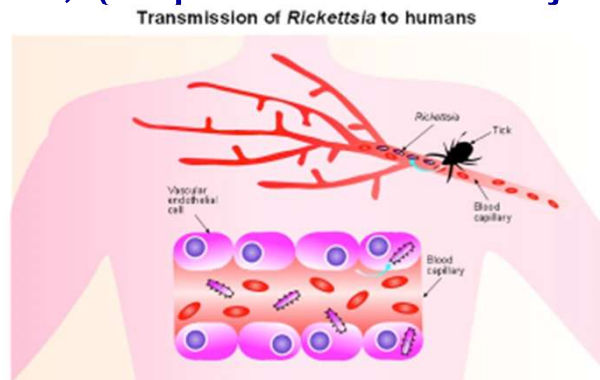


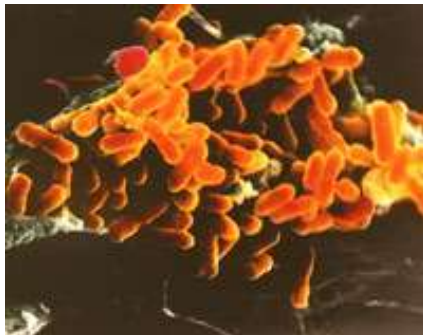
Fig. 17-83 *Mycoplasma*. Electron micrograph of *Mycoplasma pneumoniae*. The cell lacks a cell wall and is bounded by a cytoplasmic membrane that has a trilaminar structure.

# Mykoplasmy, Rickettsie

**Rickettsie** - obligátní vnitrobuněčný parazit (0,1  $\mu\text{m}$  šířka a 1-4(10)  $\mu\text{m}$  délka), má buněčnou stěnu (citlivé na penicilín a jeho analogy), aktivní pouze v hostitelských buňkách, přenos hmyzími parazity (klíšťata, vši, blechy) do krve, původce různých forem tyfu. Výskyt také ve vodivých pletivech rostlin, (např. zakrslost vojtěšky).



immunopaedia.org



Původce tyfu *Rickettsia prowazekii* je zajímavá jak z lékařského hlediska tak i hlediska ryze biologického, protože patří do skupiny mikroorganismů, jejichž dávní předci se zřejmě podíleli na vzniku mitochondrií eukaryontních organismů.



## Sinice (*Cyanobacteria*)

- autotrofní, fotolitotrofní prokaryotické org.
- chlorofyl (voda - donor el., na světle uvolňují O<sub>2</sub>)
- některé poutají N<sub>2</sub>
- zákl. stavba - jednobuněčná, kulovité nebo tyčinkovité





## **Sinice (*Cyanobacteria*)**

- autotrofní, fotolitotrofní prokaryotické org.
- chlorofyl (voda - donor el., na světle uvolňují O<sub>2</sub>)
- některé poutají N<sub>2</sub>
- zákl. stavba - jednobuněčná, kulovité nebo tyčinkovité
- polysacharidový sliz - agregáty jednobuněčných sinic
- plynové vakuoly a granule
- jednobuněčné se množí dělením,
- přisedlé formy uvolňováním exospor
- mnohobuněčná vlákna – pospojovaná společnou stěnou



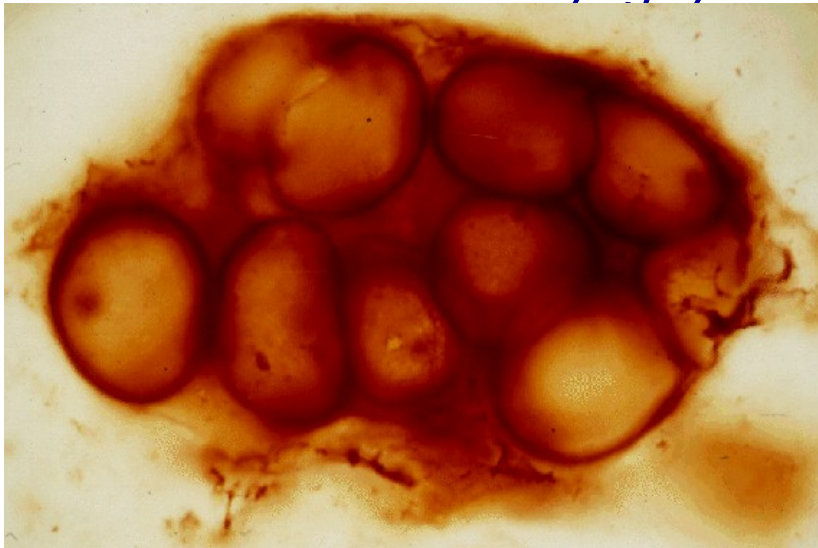
## Sinice (*Cyanobacteria*)

- autotrofní, fotolitotrofní prokaryotické org.
- chlorofyl (voda - donor el., na světle uvolňují O<sub>2</sub>)
- některé poutají N<sub>2</sub>
- zákl. stavba - jednobuněčná, kulovité nebo tyčinko
- polysacharidový sliz - agregáty jednobuněčných s
- plynové vakuoly a granule
- jednobuněčné se množí dělením,
- přisedlé formy uvolňováním exospor
- mnohobuněčná vlákna – pospojovaná společnou stěnou
- **hormogonie** – rozmnožování, pigmenty, cyanotoxiny
- **Nostoc** - heterocysty, akineta,
- vláknité - plazivý pohyb (vylučování slizu) do okolí buněk



## Sinice (*Cyanobacteria*)

- „architekti Zemské atmosféry“
- nejstarší fosílie – z hornin Archeanu 3,5 mld let
- nejstarší horniny 3,8 mld. Let
- chemické fosílie – rozkladné produkty pigmentů
- Bitter Springs chert, stř. Austrálie (pozdní Proterozoikum, 850 million let), vlevo kolonie chrookokální, vpravo vláknitá *Palaeolyngbya*.





- ❑ vrstvený stromatolite, produkovaný aktivitou prehistorických sinic,
- ❑ vrstvy byly vytvořeny vysráženým uhličitánem vápenatým nad rostoucí spleť vláknitých sinic;
- ❑ procesem fotosyntézy došlo k vyčerpání  $\text{CO}_2$  v okolní vodě a k iniciaci srážení.



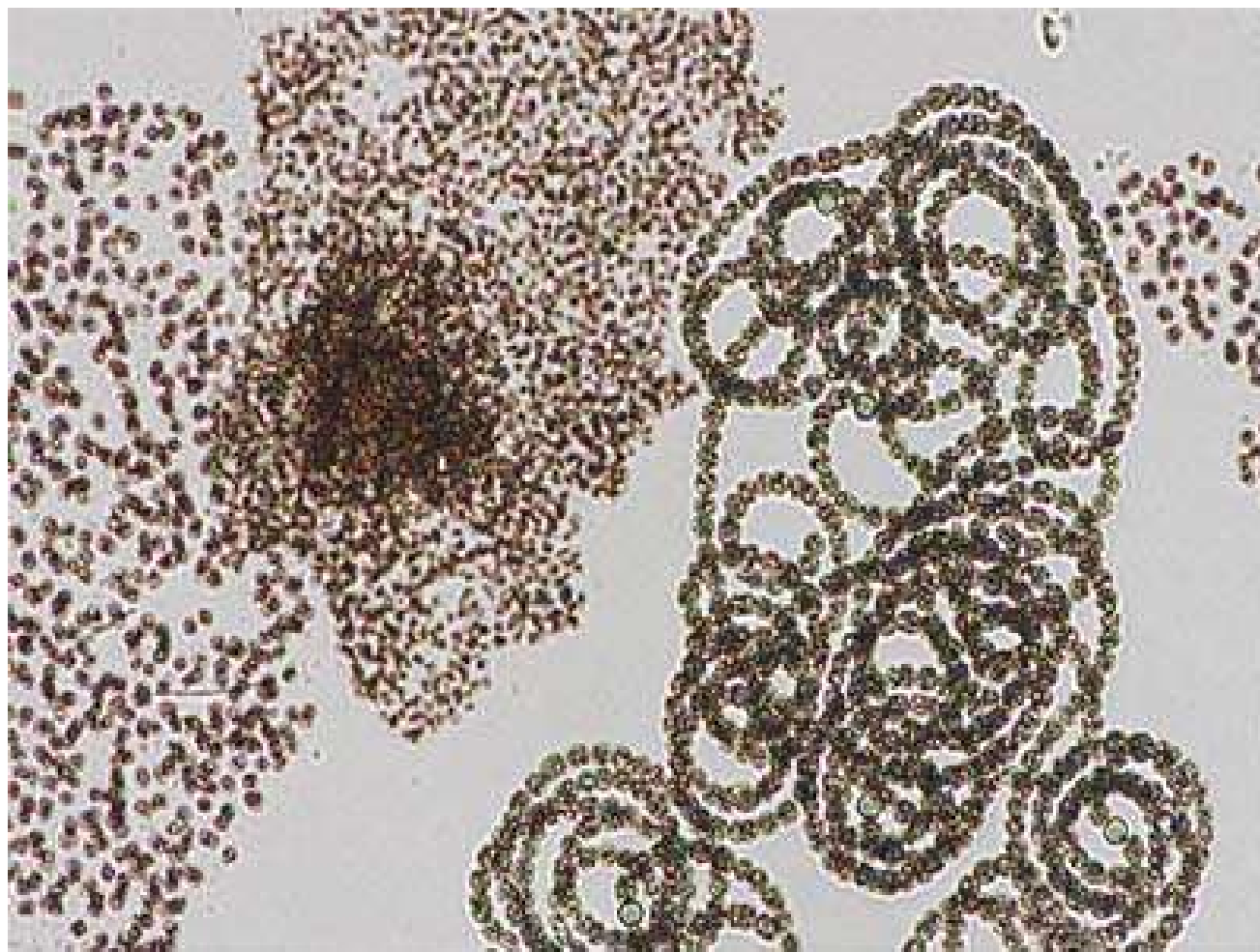


- o This process still occurs today;
- o Shark Bay in western Australia is well known for the stromatolite "turfs" rising along its beaches.
- o In some cases, the stromatolites were infiltrated with a mineral-rich solution which fossilized the bacteria along with the layers, but more often only the layers are preserved.



Цианобактерии процветают и в современной биосфере (левая фотография). Кое-где они образуют постройки, напоминающие древние строматолиты. На правой фотографии показаны современные строматолиты из залива Шарк-бей на севере Австралии.

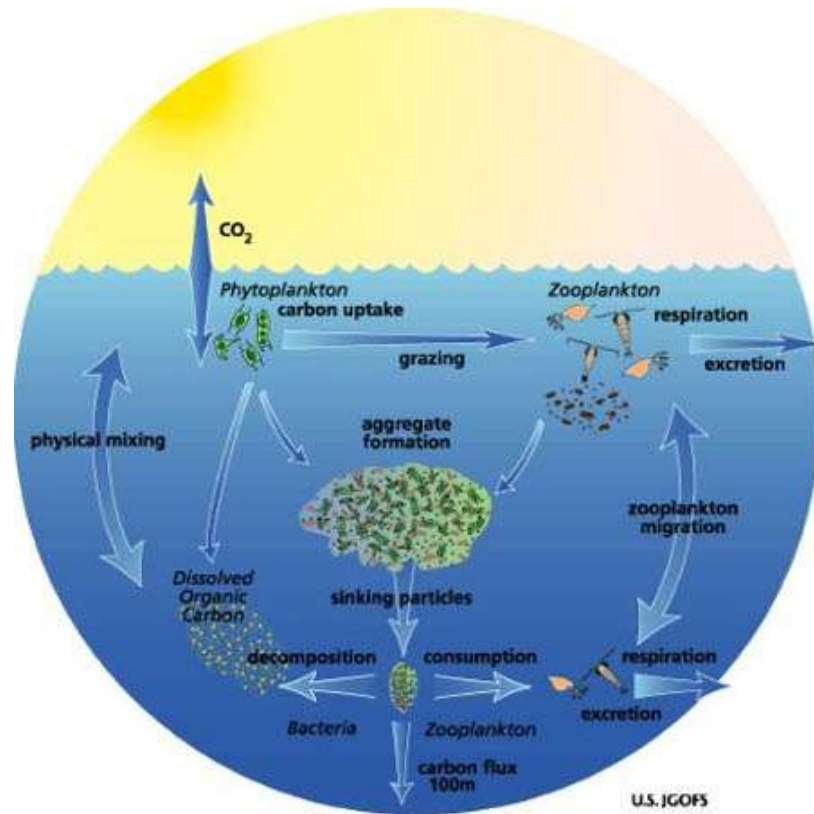
Současné podoby stromatolitů – napravo v řezu



Mikroskopický snímek běžných původců vodních květů  
- rody *Microcystis* a *Anabaena*



## Koloběh látek ve vodním ekosystému





## Koloběh látek v obohaceném vodním ekosystému

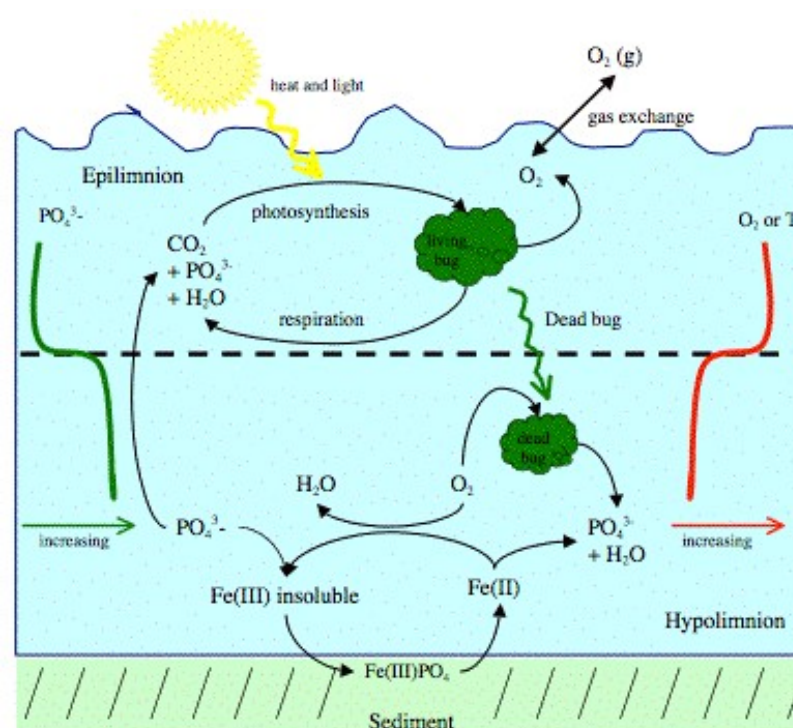
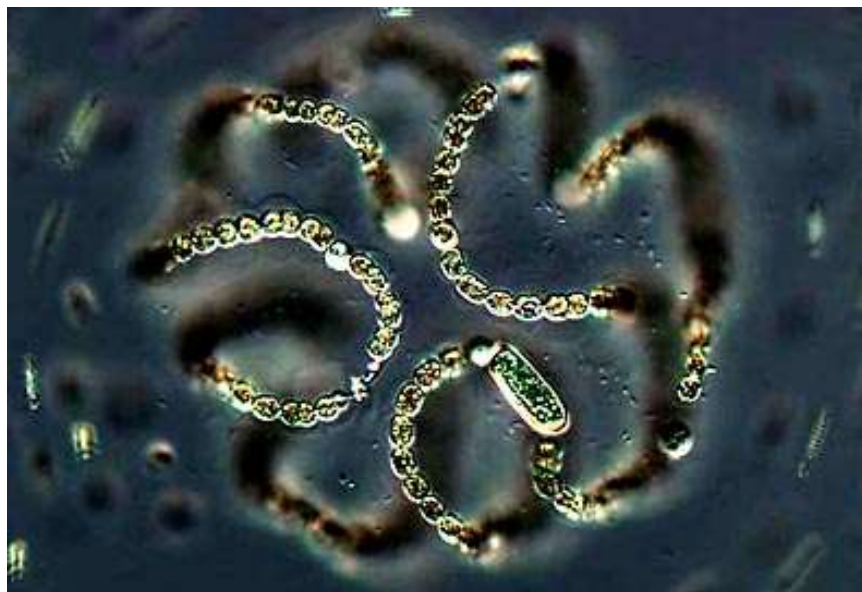


Figure 1. Schematic of phosphorus cycling in a temperate lake.

Ve srovnání s ostatními českými přehradami patří brněnská nádrž mezi deset nejhorších, pokud jde o výskyt sinic," uvedl Blahoslav Maršálek z Botanického ústavu Akademie věd.

Brněnská přehrada je živnou půdou pro sinice zejména proto, že do ní přitéká **padesát šest tun fosforu**, které se do vodního toku dostávají z povodí řeky Svatky.

Dosavadní opatření proti sinicím ve světě byla z osmdesáti procent neúspěšná, z patnácti procent úspěšná jen po určitou dobu. Jen v pěti procentech byl úspěch trvalý, a to tam, kde se uskutečnila opatření v celém povodí vodní nádrže.



*Koloniální vláknitá sinice  
Anabaena lemmermannii,  
Lipno, červenec 2004*



*Anabaena scheremetievi 400x*



*Přehrada Sedlice u Želivy,  
srpen 2003*

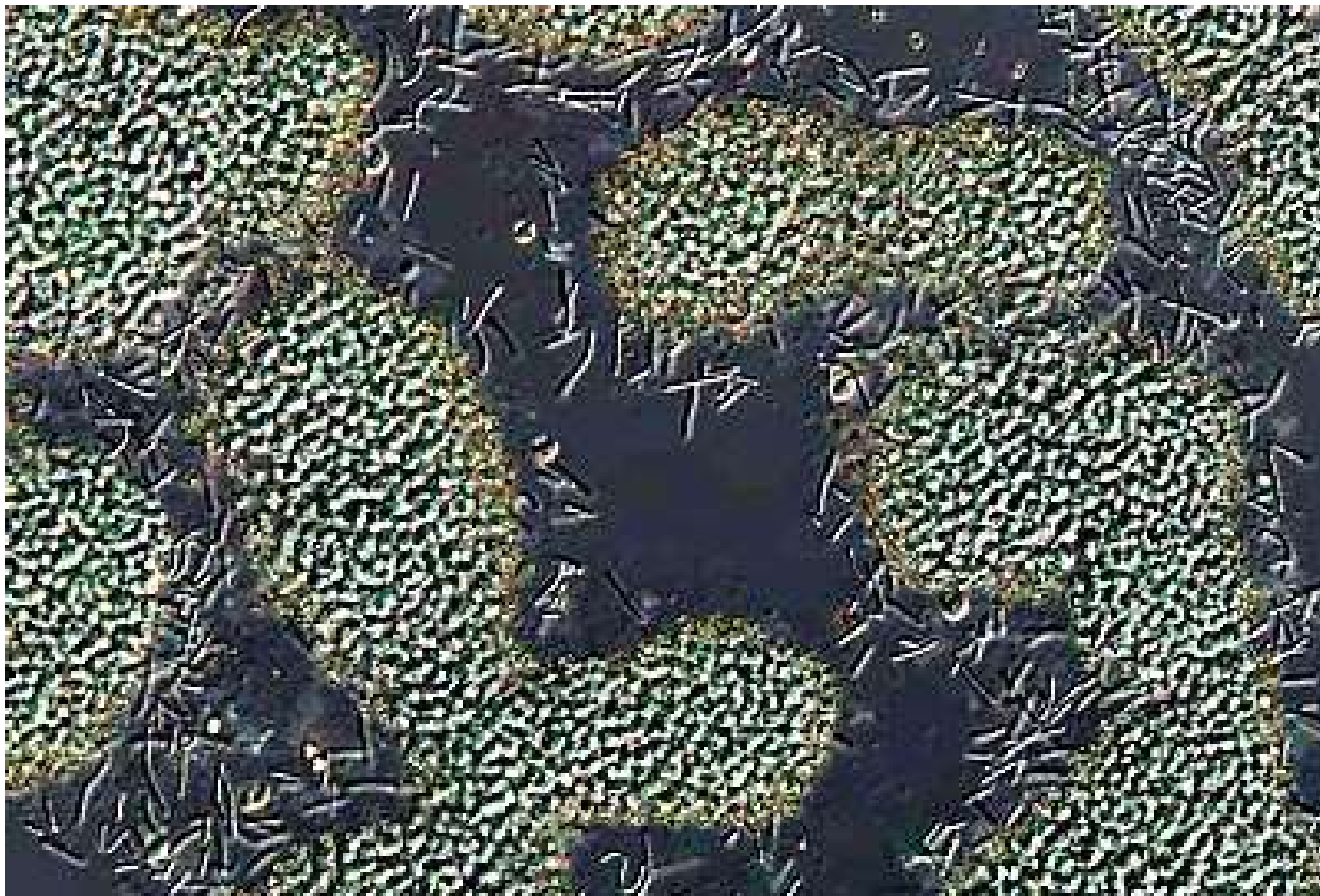




*Otavské rameno nádrže  
Orlík, červenec 2004*



22. července 2003 byl vodní květ na Brněnské přehradě  
až pod mostem u Veverské Bitýšky

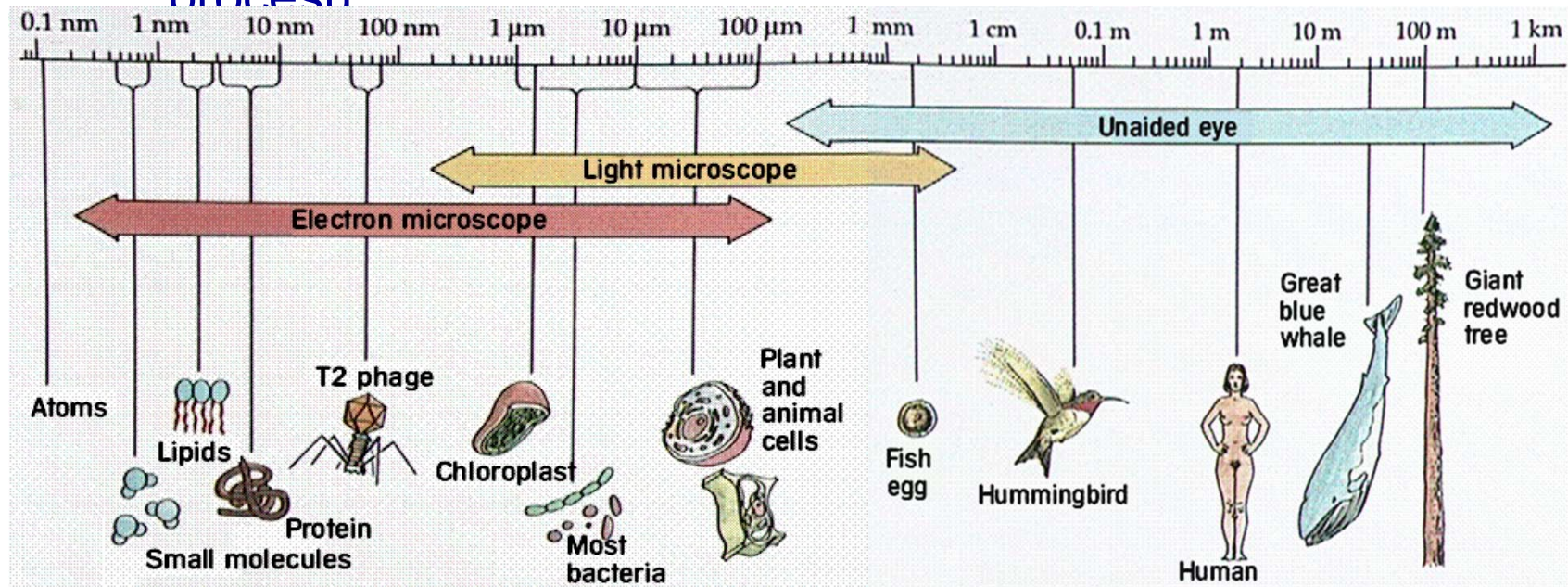


*Koloniální sinice Microcystis aeruginosa patří mezi nejrozšířenější a nejnebezpečnější sinice, Brněnská přehrada, červenec 2004*

## Eukaryotické organismy

- jádro, jiná struktura chromozomů, membránová soustava,
- biomembrány selektivně propustné,
- ohraničené reakční prostory - kompartmenty
- Kompartimentace - metabolická funkce a koordinace

procesů

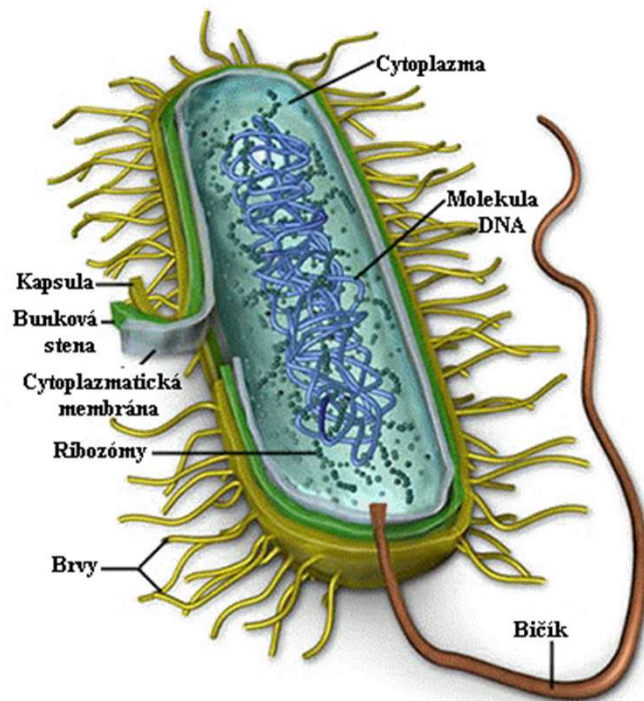


Velikostní porovnání



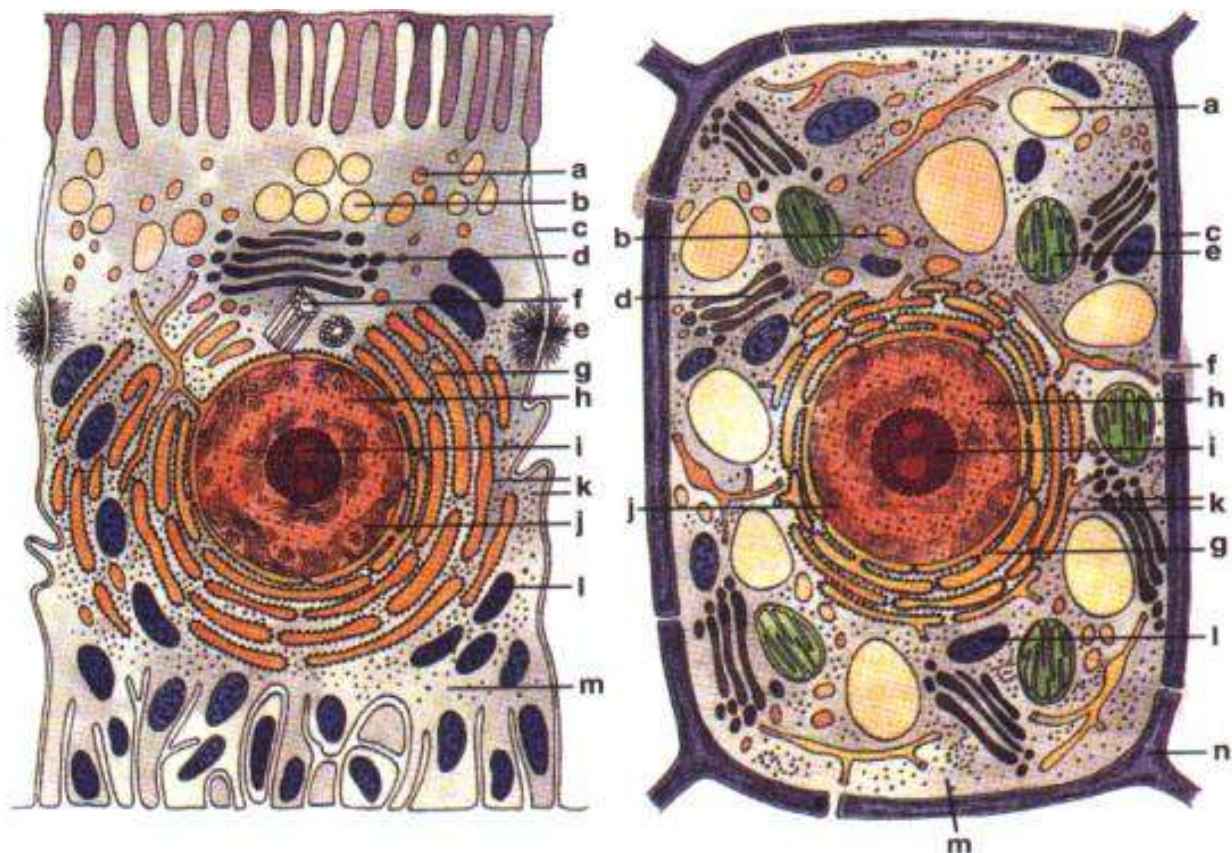
## Prokaryotické organismy – základní charakteristiky

- jednodušší stavba,
- Jediná membrána – cytoplasmatická  
zastupuje funkce membrán organel (dýchání, fotosyntéza) a reguluje příjem a výdej látek.



### **Všeobecná struktura:**

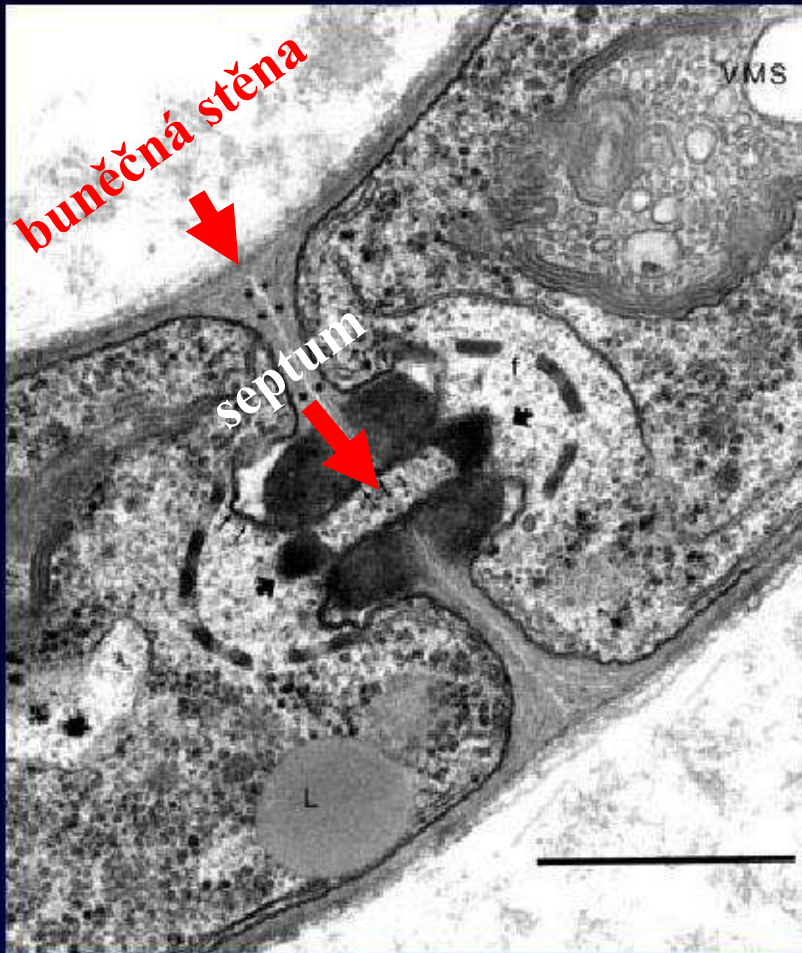
buněčné povrchy - pouzdro,  
buněčná stěna, cytoplasmatická  
membrána cytoplasma, molekula  
DNA (jádro není oddělené od  
cytoplasmy membránou)  
ribosomy inkluze pohybové



a - lysosom, b - sekreční váček, c - plasmatická membrána, d – Golgiho komplex, e – **desmosom (propojení buněk)**, f - centriol, g - endoplasmatické retikulum, h - jádro, i - jadérko, j - chromatin, k - ribosomy, l - mitochondrie, m - základní cytoplasma.

## B) Schéma rostlinné buňky:

a - **vakuola**, b - váček, c - plasmatická membrána, d - diktyosom (Golgiho tělísko), e - **plastid**, f - **plasmodesma**, g - endoplasmatické retikulum, h - jádro, i - jadérko, j - chromatin, k - ribosomy, l - mitochondrie, m - základní



Fungi always are surrounded by a *cell wall* different in composition from the cell walls of bacteria. Fungal cell walls are made of a carbohydrate called *chitin* (also found in insects). This cross-section of two cells and the septum between them is magnified about 10,000x. . .

## Buněčná stěna

rostlinné, bakteriální a  
houbové buňky,

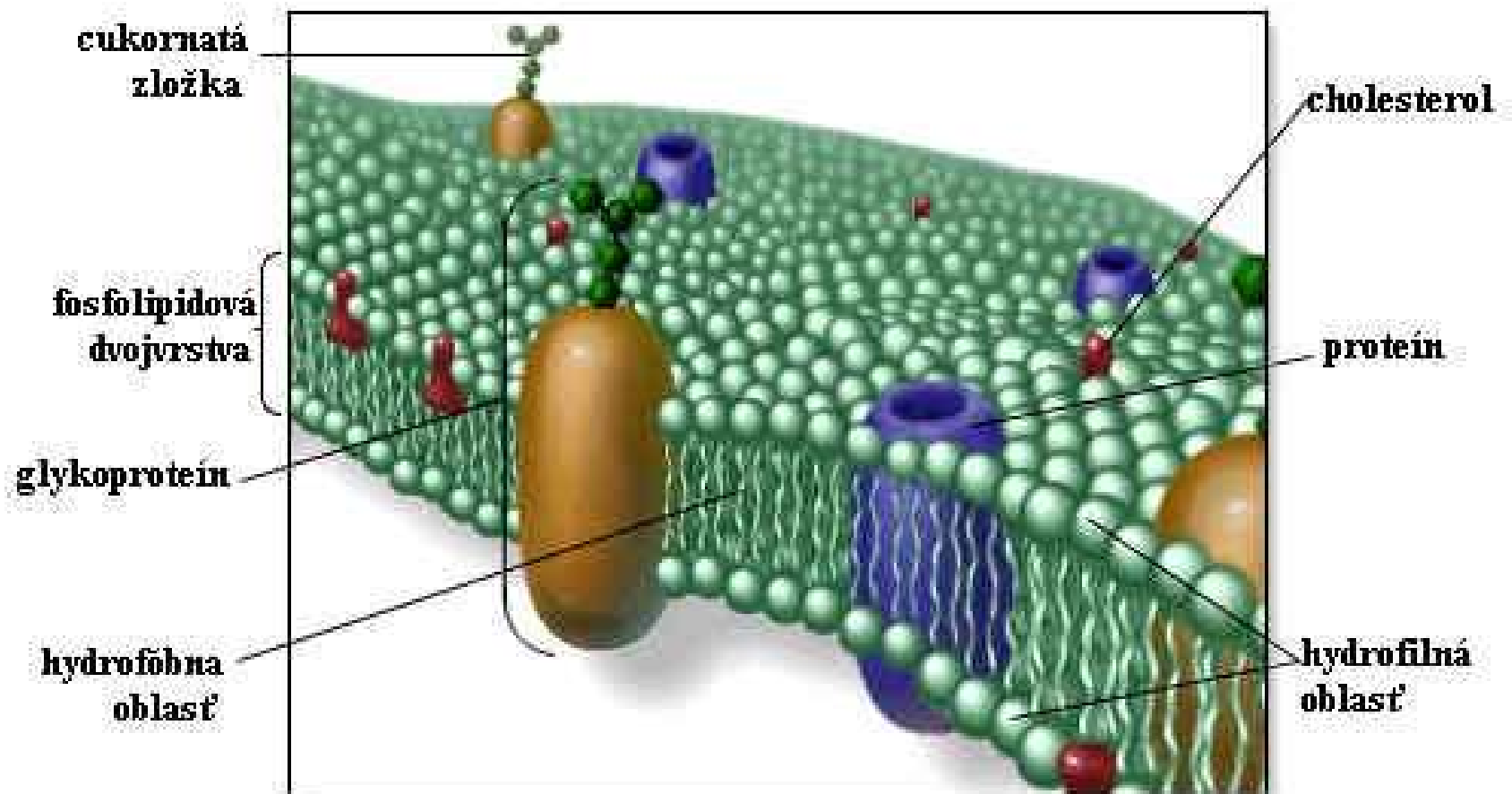
tvár a pevnost buněk,

buněčná stěna u rostlin -  
zejména celulóza,

celulóza má micelární  
strukturu – propustná,

u hub - chitin

chitin - i u živočichů

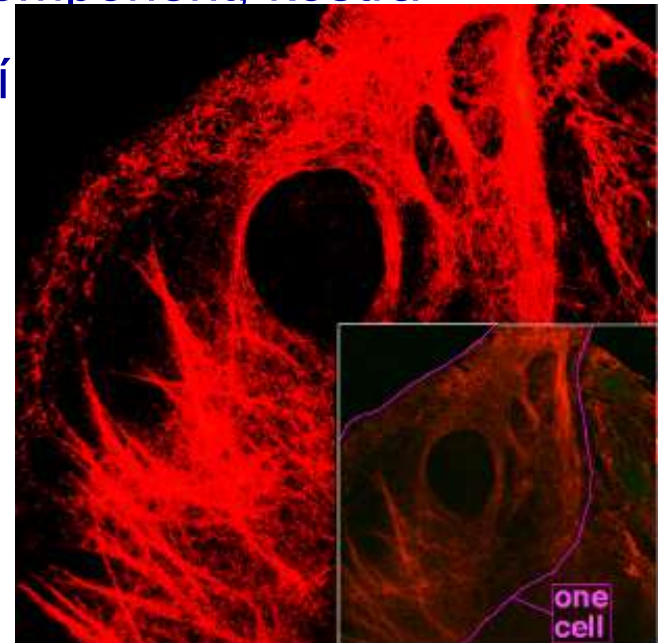


CPM - složená z dvoujvrstvy lipidů a bílkovin, ty jsou **integrální** a **periferní**

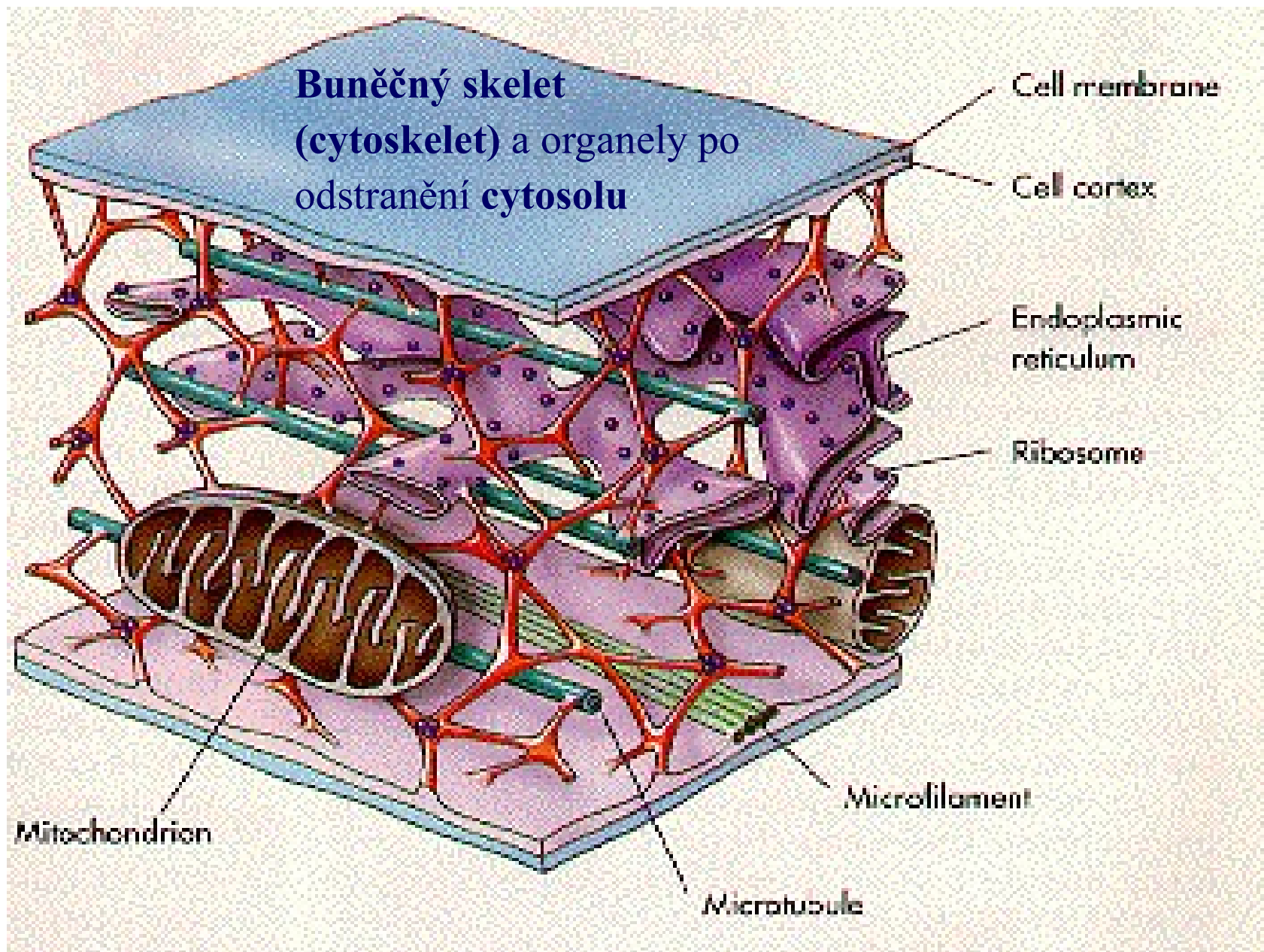


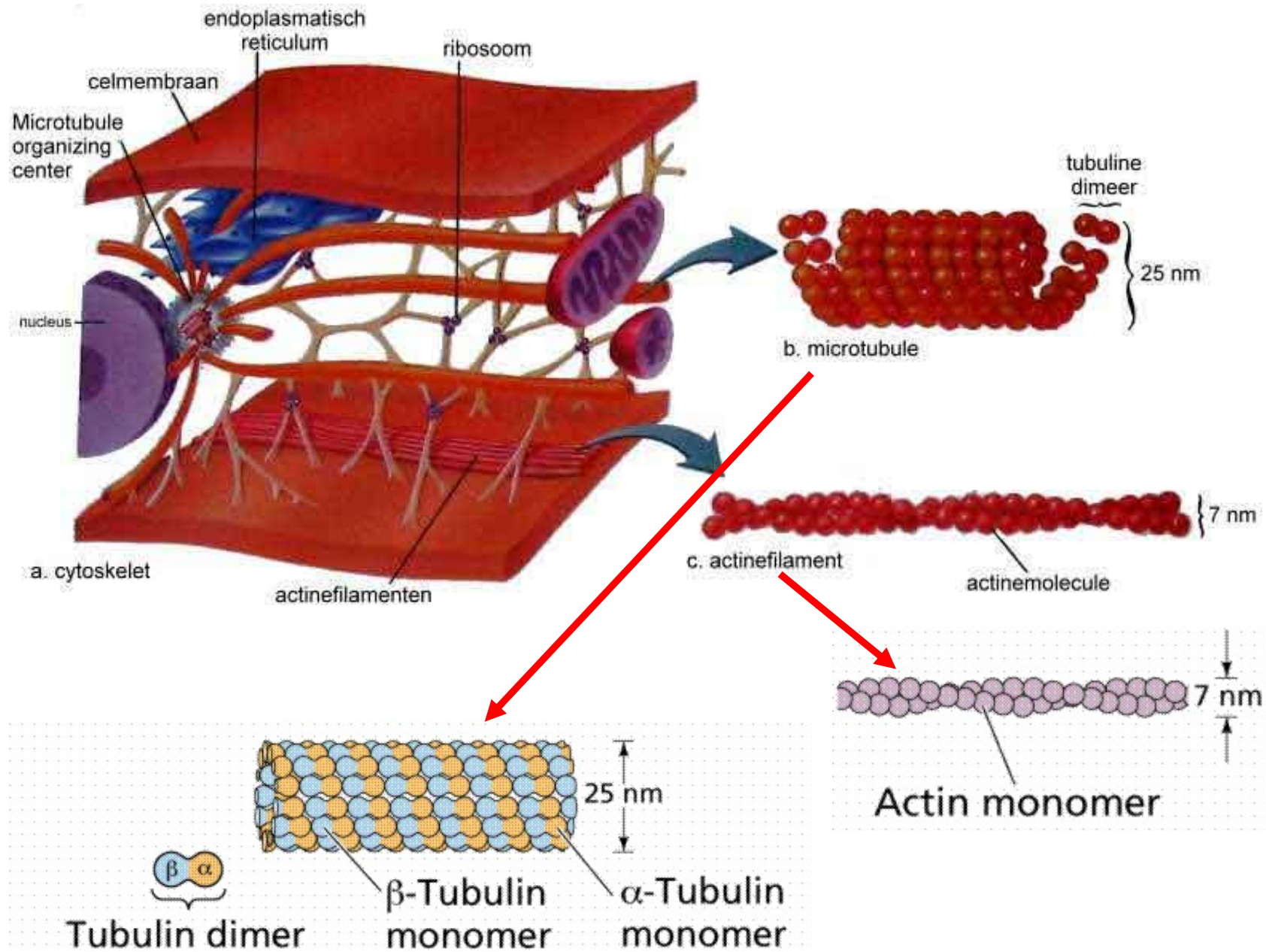
# Cytoplasma

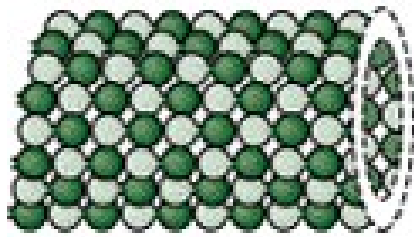
- před objevem el. mikroskopu – **protoplasma** – živá tekutina (tehdy znali vědci pouze největší organely (např.jádro))
- v současnosti – tekutá část - **cytosol**; včetně organel - **cytoplasma**
- buněčný skelet - proteinová vlákna a tubuly,  
funkce: transport látek, buněčných komponent, kostra
- mikrotubuly, mikrofilamenty a střední filamenty).



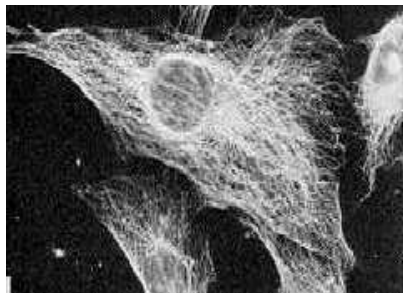
**Buněčný skelet  
(cytoskelet) a organely po  
odstranění cytosolu**







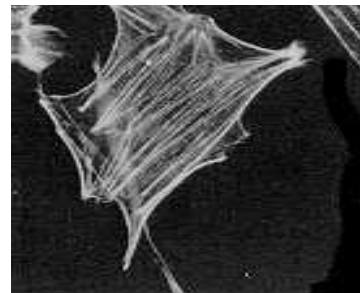
### **Mikrotubuly**



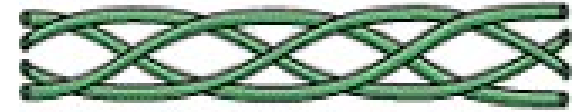
- ☐ dlouhé rourky na povrchu buňky,
- ☐ schopnost kontrakce,
- ☐ součást dělicího vřeténka (význam při dělení buňky)



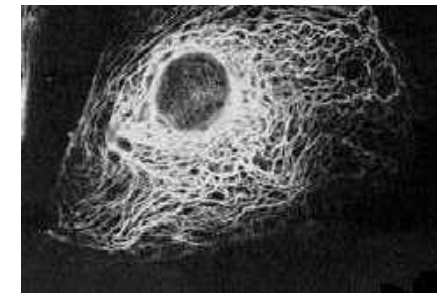
### **Mikrofilamenty**



- ☐ jemná vlákna,
- ☐ schopnost kontrakce,
- ☐ pohyb cytoplasmy a buňky



### **Intermediální fil.**

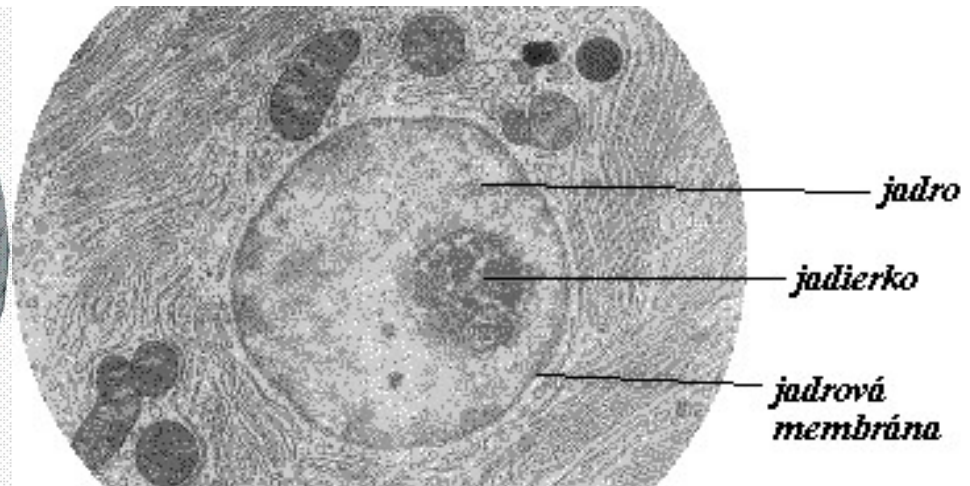
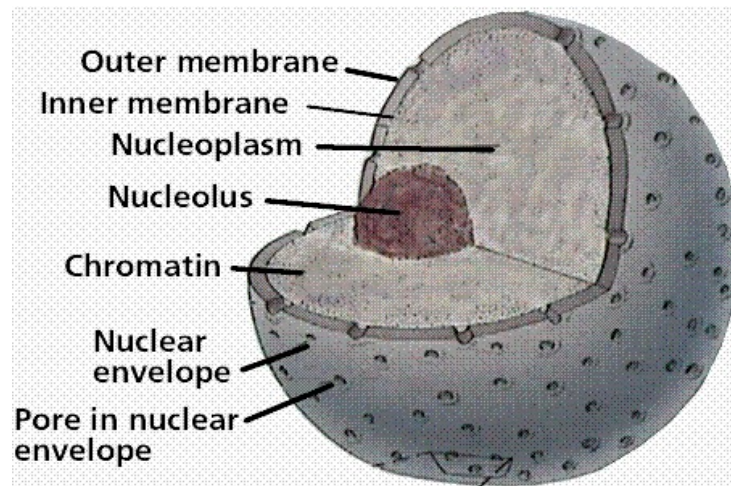


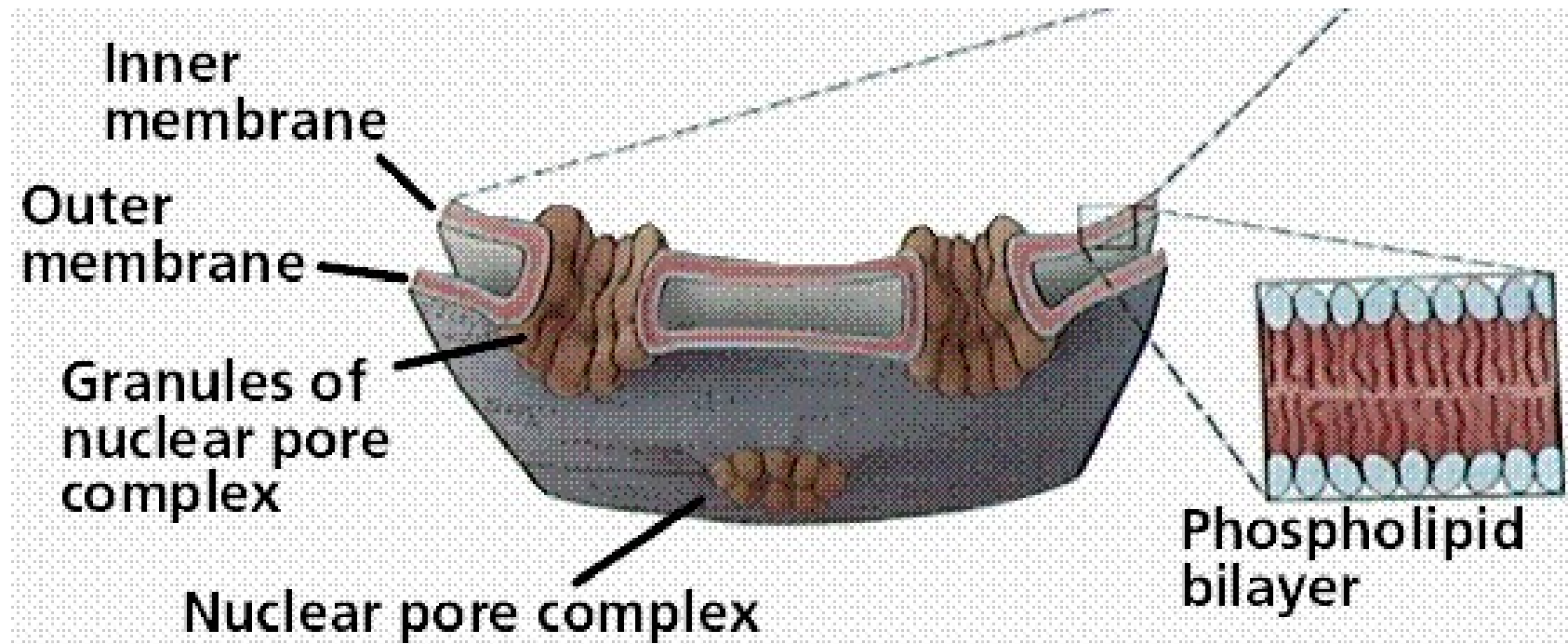
- ☐ přechodná vlákna,
- ☐ bez schopnosti kontrakce,
- ☐ zpevňovací funkce, odolné vůči tlaku a tahu.



## Buněčné jádro (nucleus)

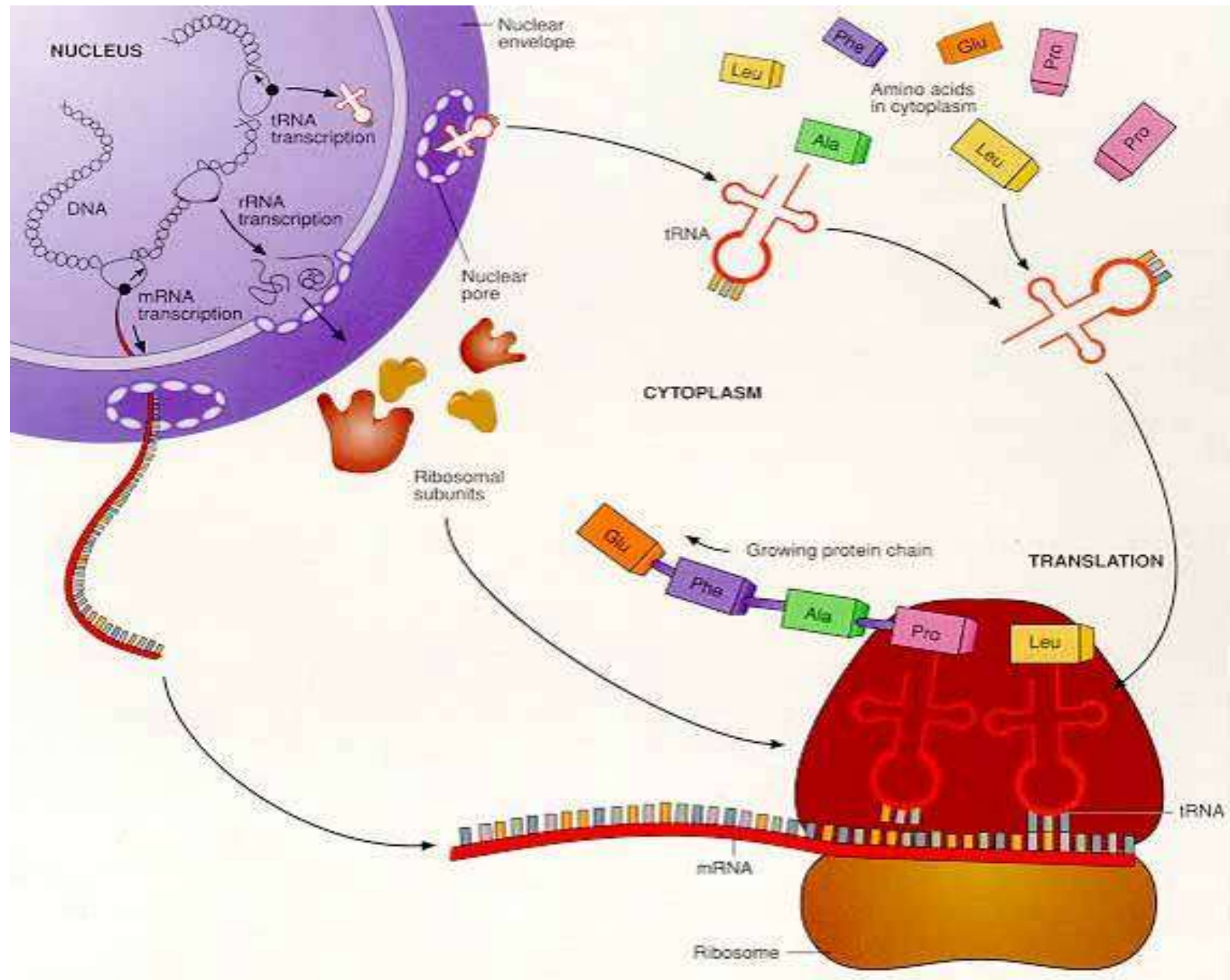
- jádrová hmota – nukleoplasma s chromatinem a jadérkem
- chromatin - tvořený DNA, RNA a bílkovinami (při dělení – chromosomy),
- jadérko (nucleolus) - tvořeno RNA, bílkovinami a malým množstvím DNA,
- jadérko - místo tvorby RNA, po uvolnění do cytoplasmy a spojení s bílkovinami - ribosomy





## Jádro buňky

- membrána - **karyoplast** (dvojitá, perinukleární prostor),
- póry (RNA a chemikálie dovnitř i ven, zatímco DNA nikoliv)



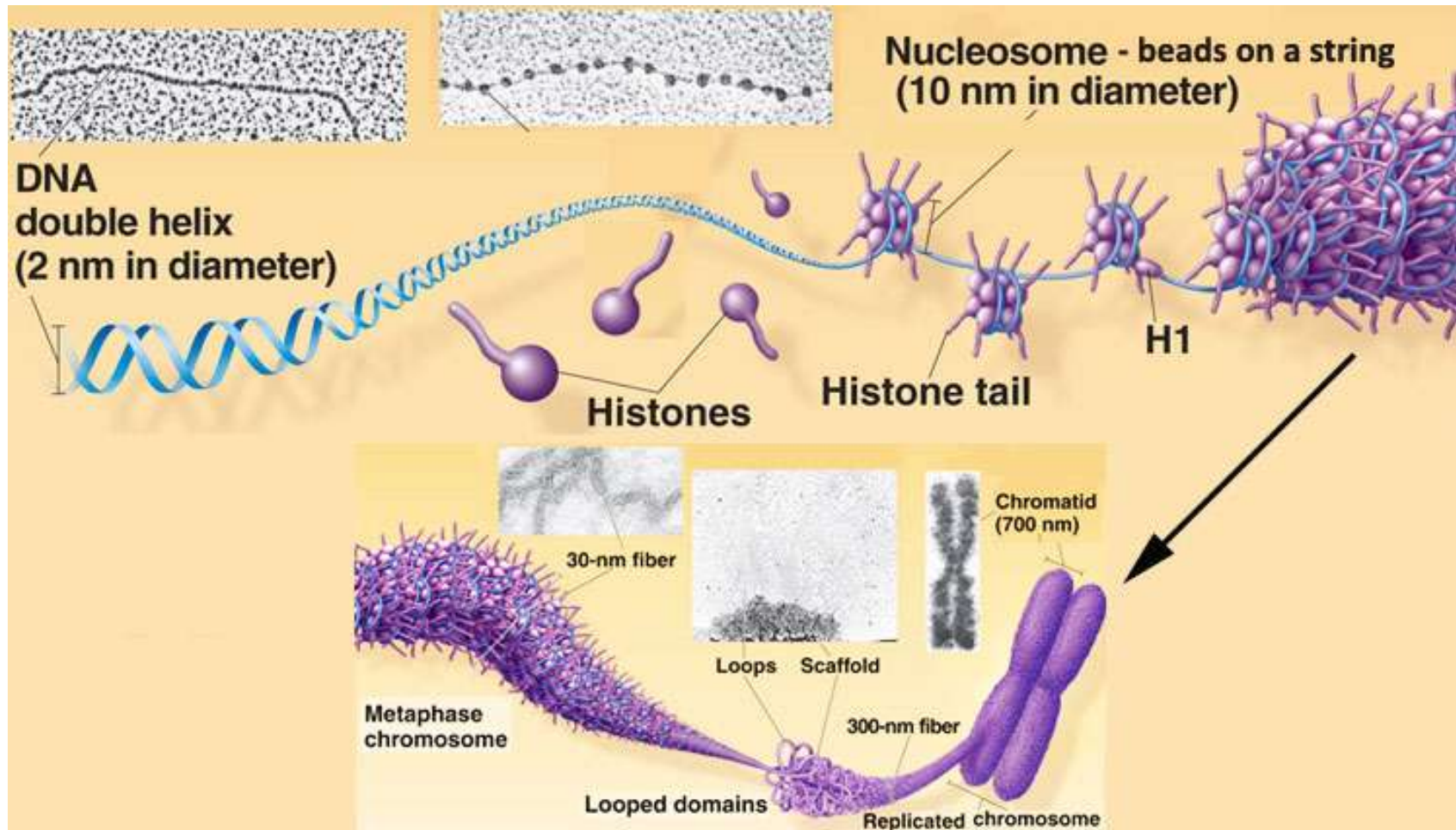
# Chromosomy

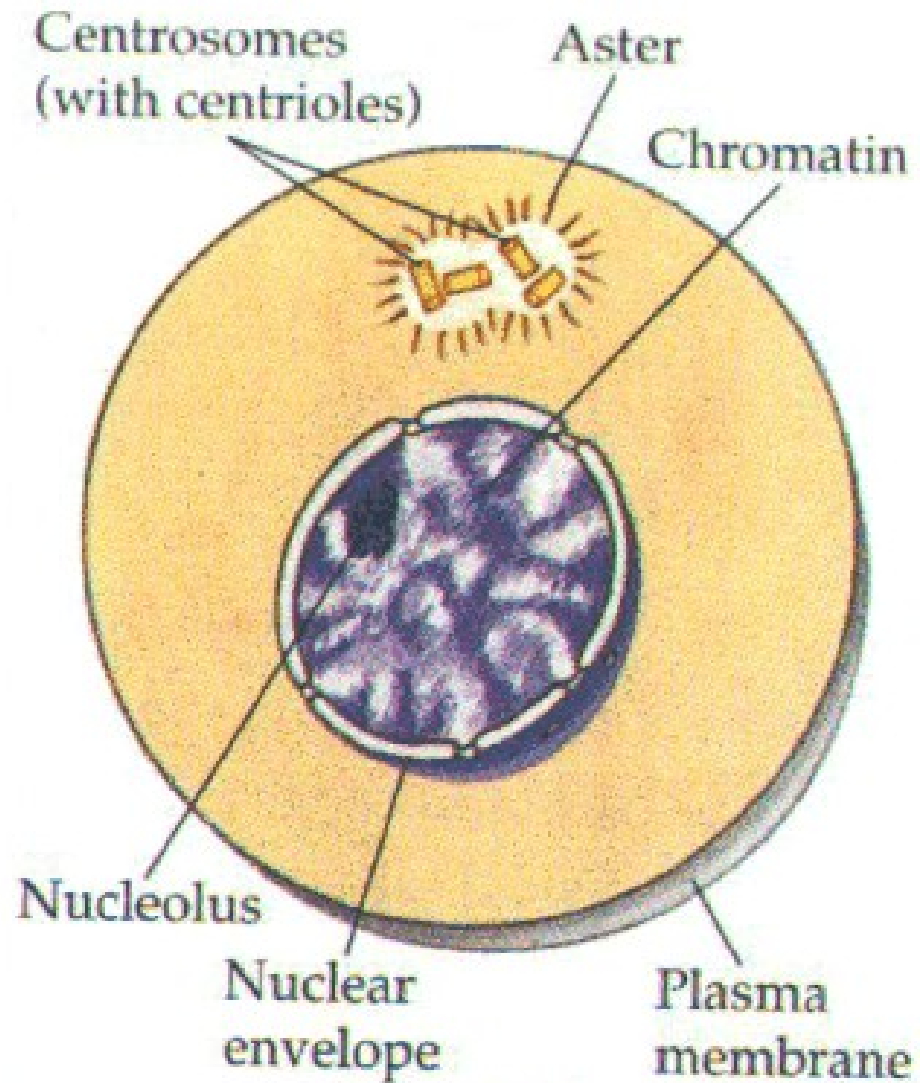
- DNA+bílkovina ... chromatin
- chromatidy, centromera
- na centromeru - mikrotubuly děl. vř.

DNA je součástí chromozómov



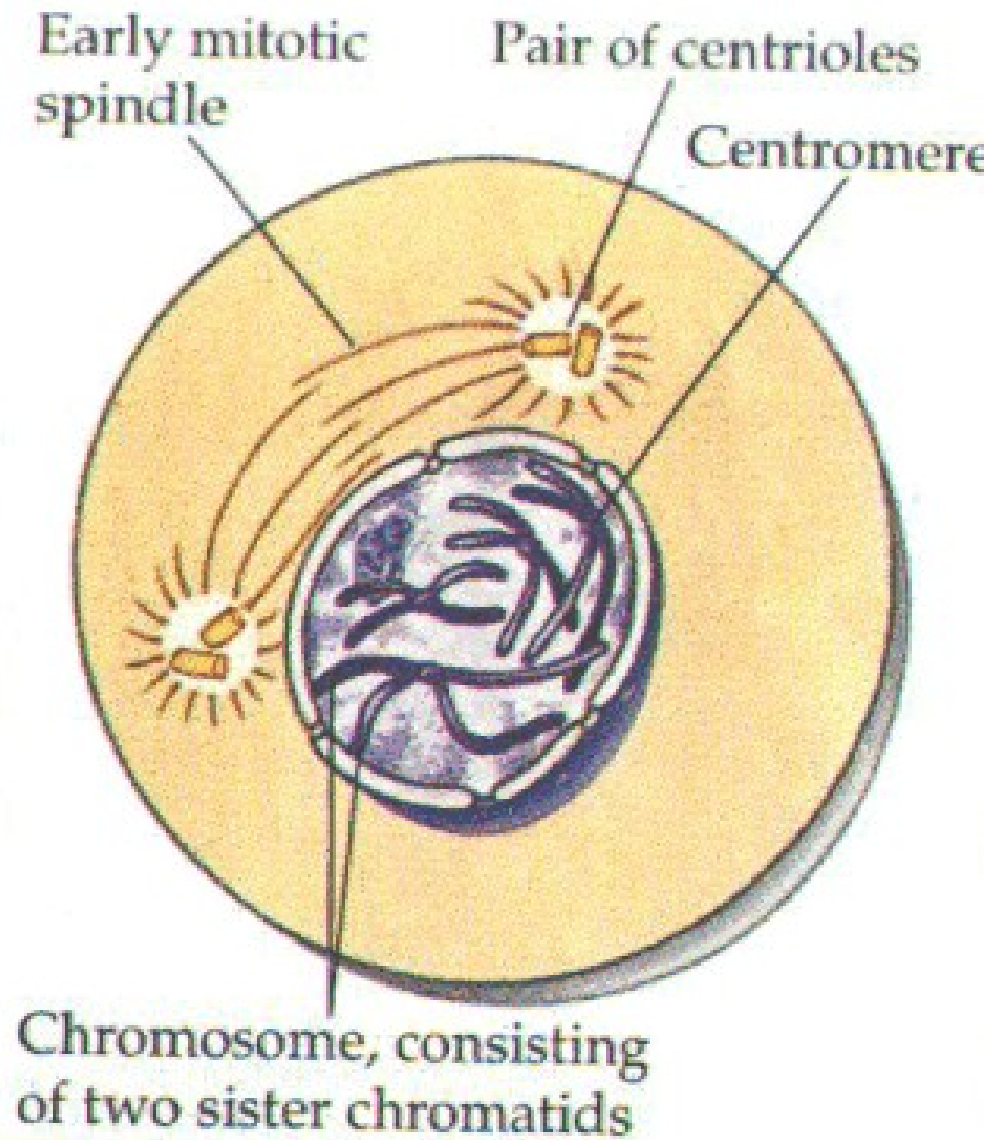






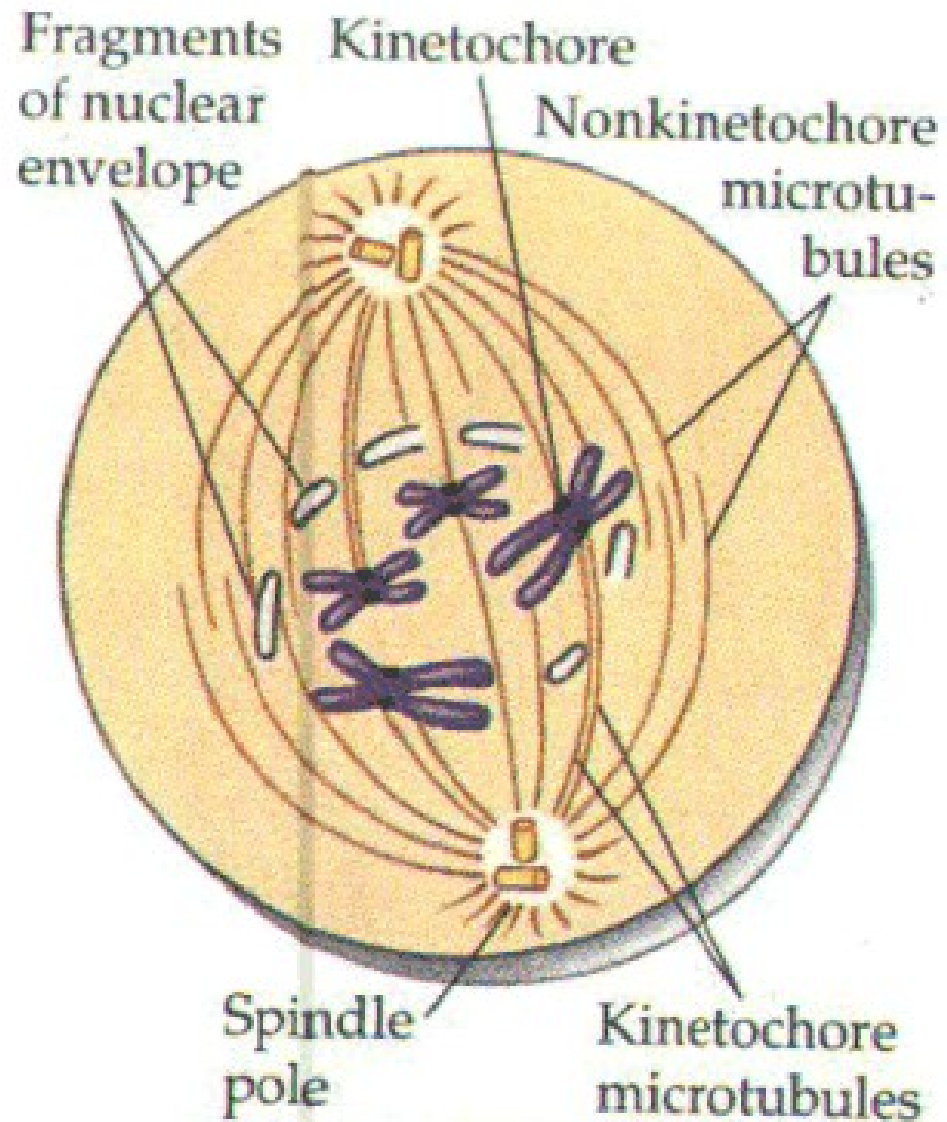
## Interfáze

- ☐ nejdelší, genom řídí b. aktivitu,
- ☐ chromosomy nezřetelné,
- ☐ **chromatin** je viditelný,
- ☐ gen. materiál se zdvojuje,



## Profáze (časná)

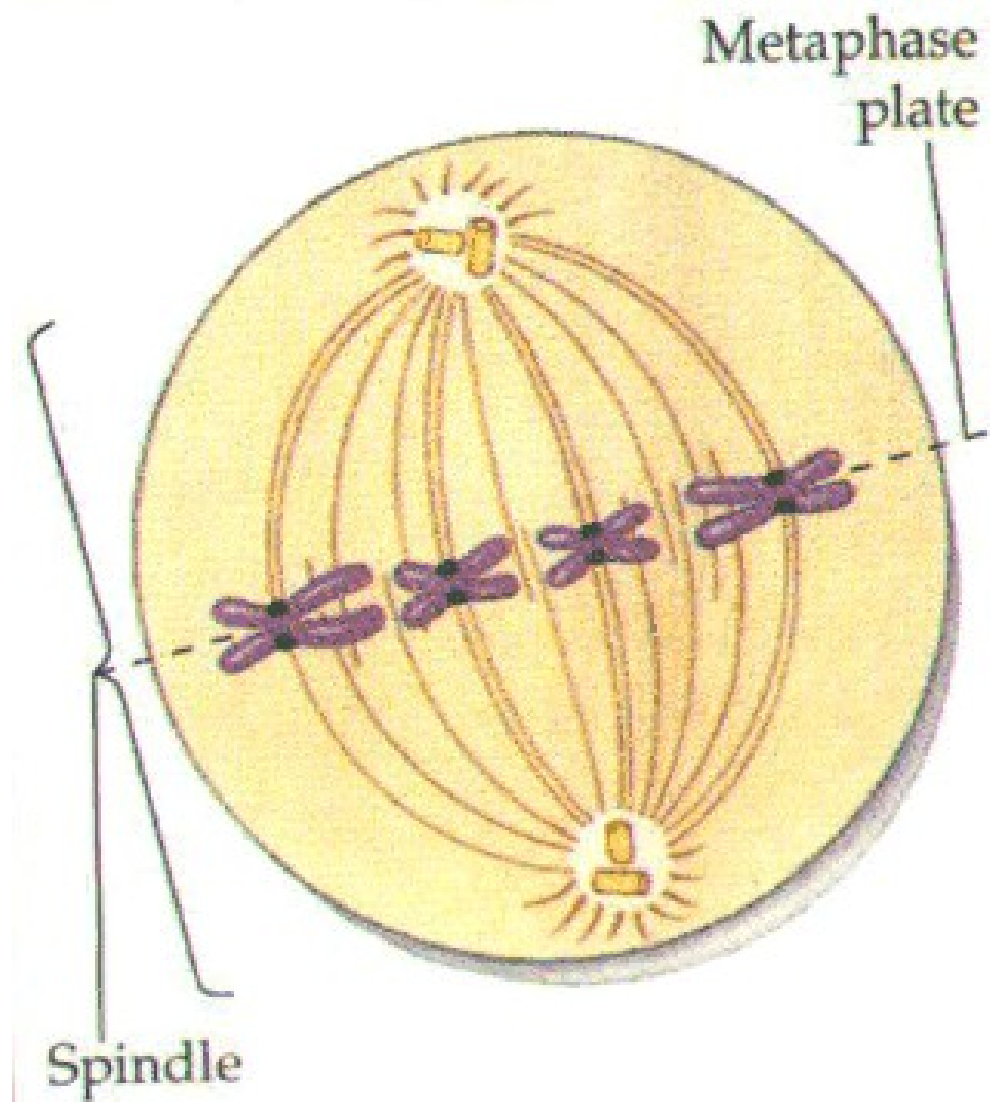
- ☐ chromosomy viditelné,
- ☐ jaderná membrána
- ☐ vlákna děl. vřeténka



## Profáze (pozdní)

- ☐ Nezřetelná jaderná m.
- ☐ dělicí vřeténko,
- ☐ posun chromosomů

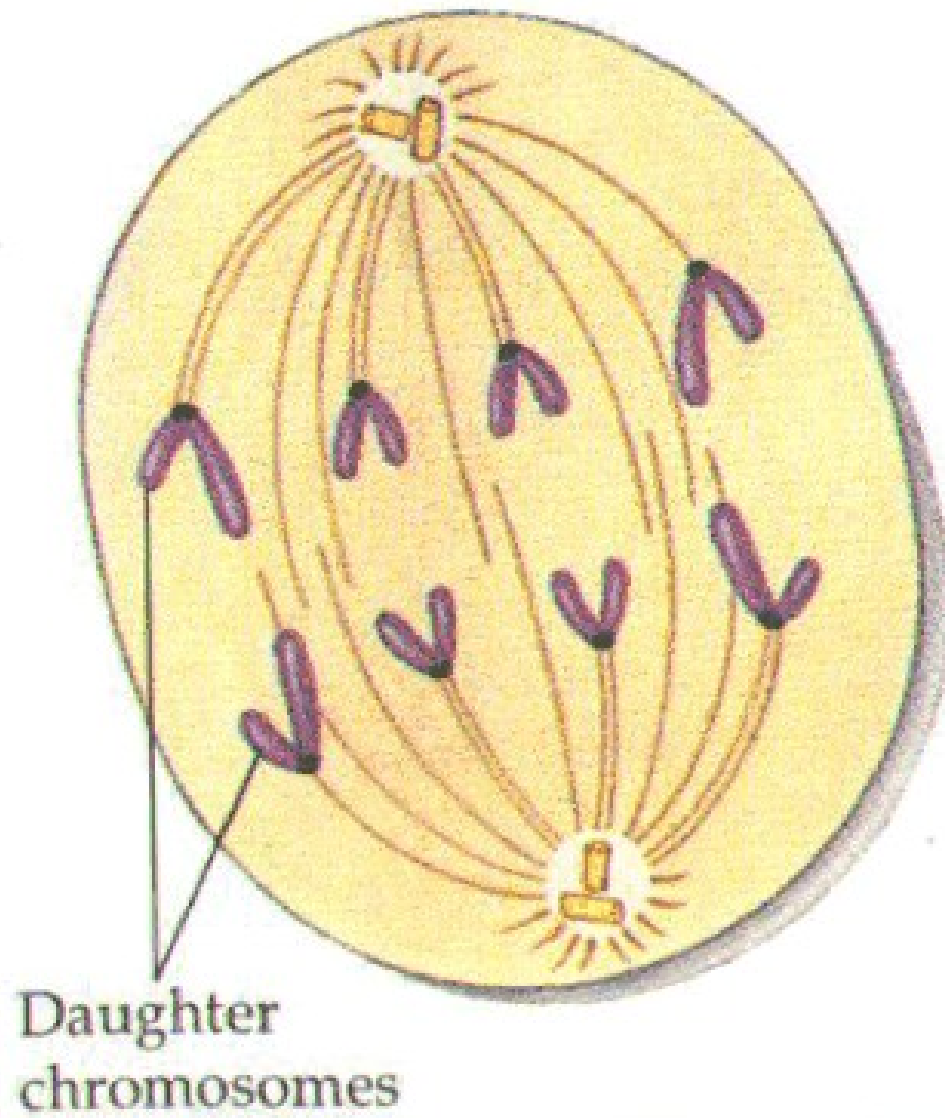




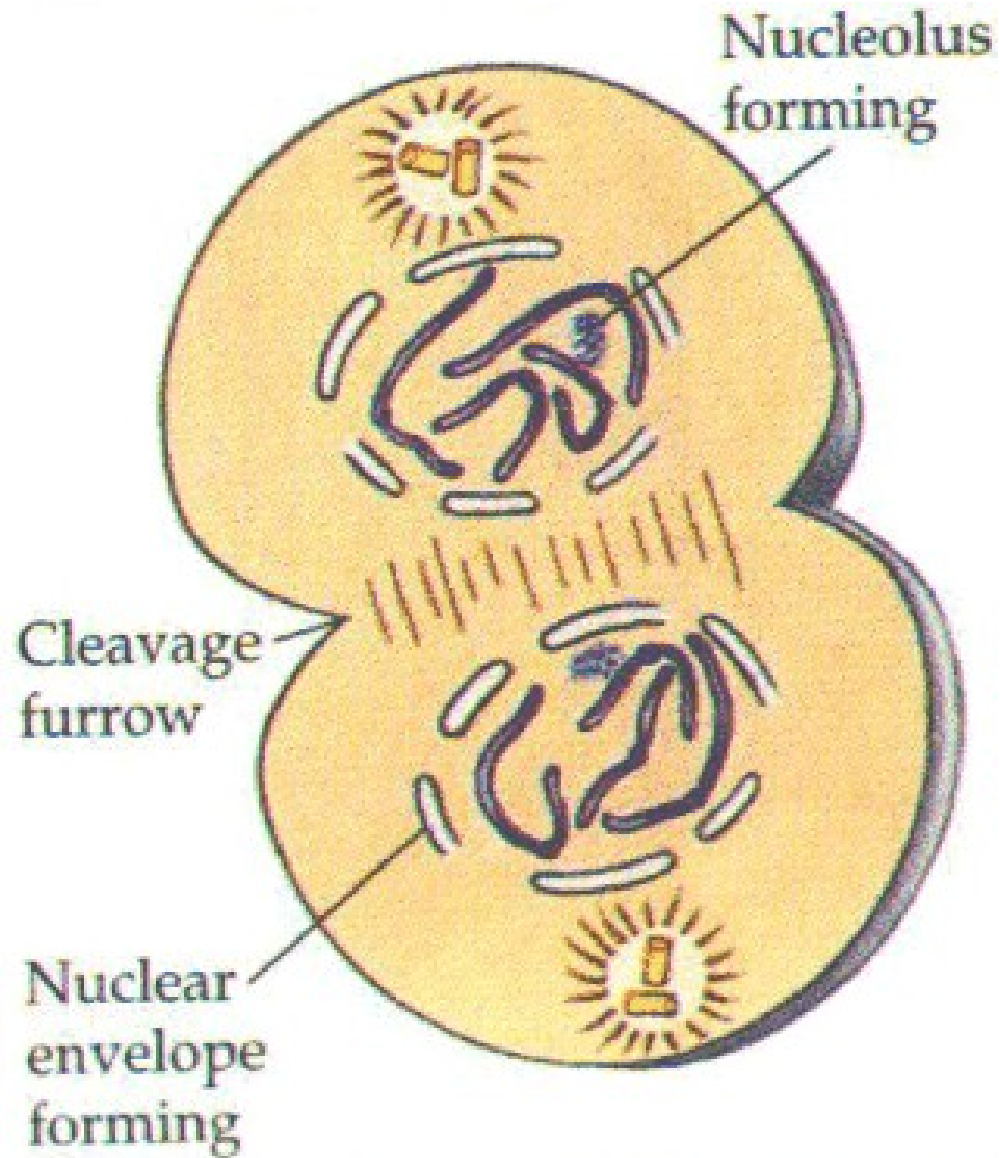
## **Metafáze**

- ☐ chromosomy v rovině,
- ☐ nemusí být v pořadí

## Anafáze

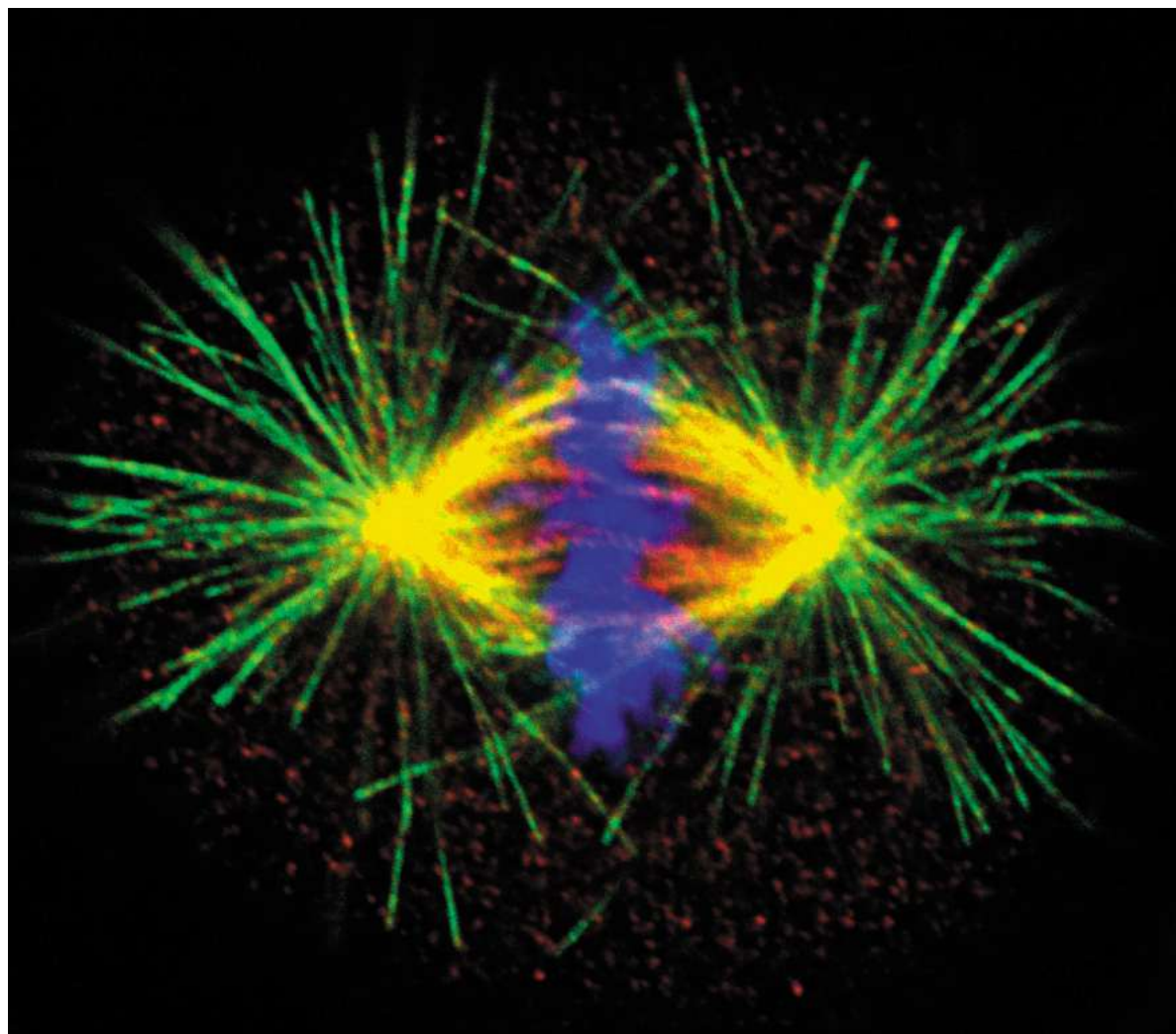


- ☐ rozdělení centromer
- ☐ kontrakce kinetochorů,
- ☐ dceřinné chromozómy



## Telofáze

- ❑ nové jaderné m.
- ❑ proces cytokinese – dělení cytoplasmy,
- ❑ po zformování dvou dceřinných buněk přestávají být viditelné chromosomy



**Elektronová mikrofotografie mitotického aparátu**





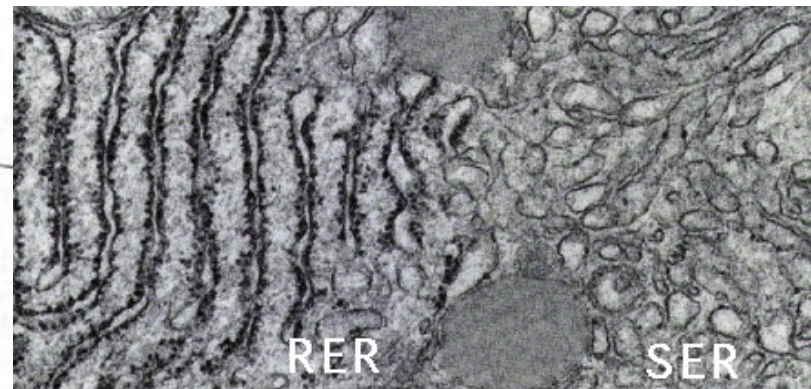
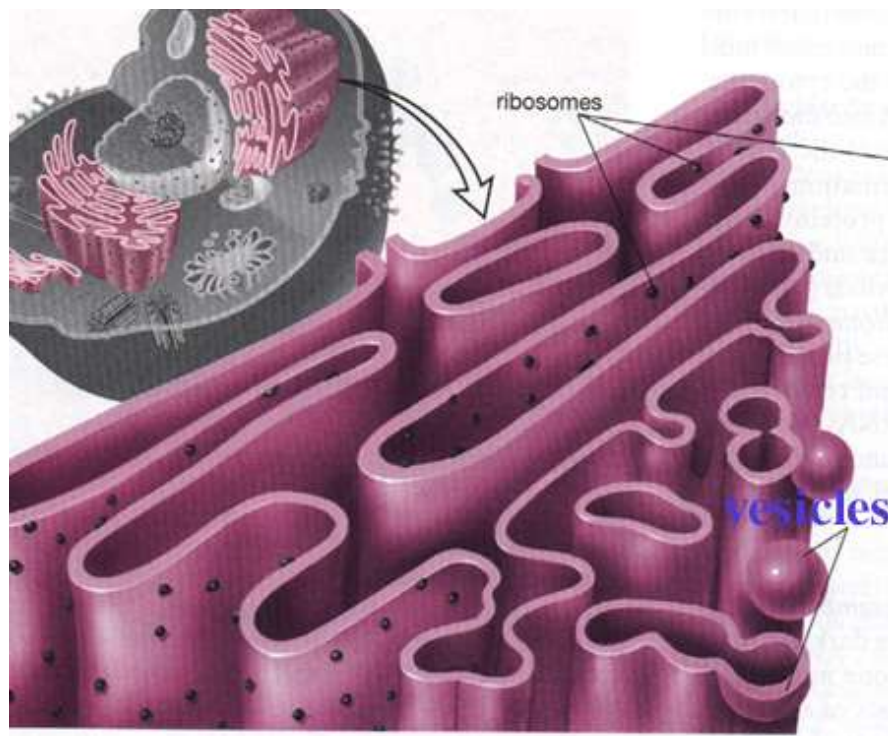
## Kontrakce mikrotubul dělicího vřeténka

- ☐ neustálá chemická  
přestavba,
- ☐ z molekul tubulinu,  
volný v cytoplasmě

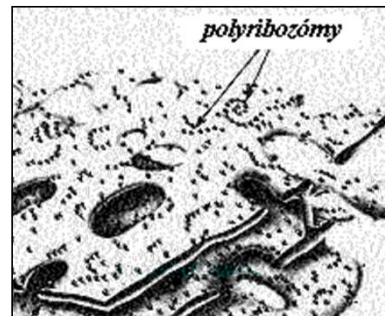
## Endoplasmatické retikulum

RER – „rough endoplasmic reticulum“, *drsne endoplasmatické retikulum*

SER – „smooth endoplasmic reticulum“, *hladké endoplasm. retikulum*



# Endoplasmatické retikulum

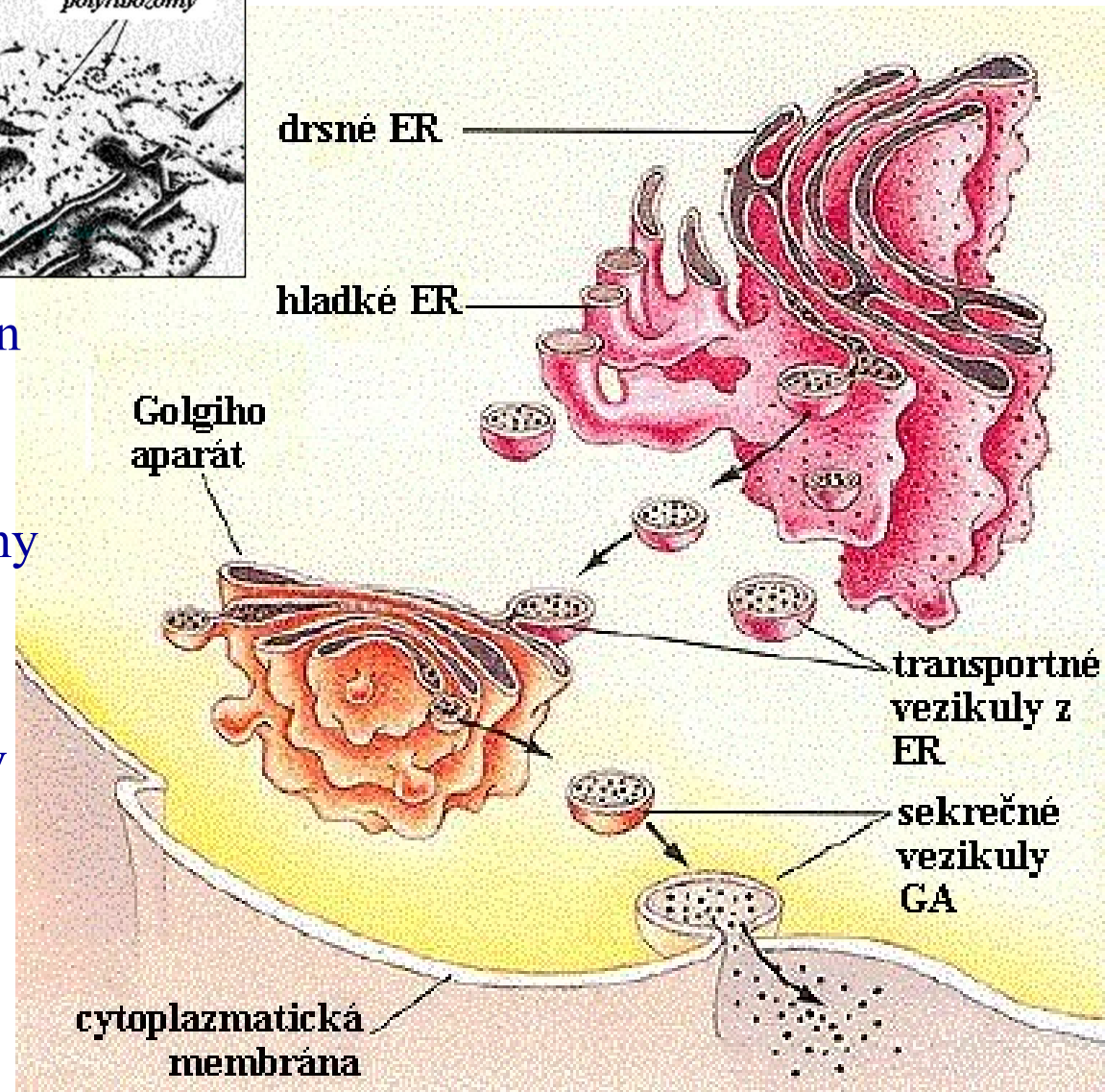


## RER - syntéza bílkovin

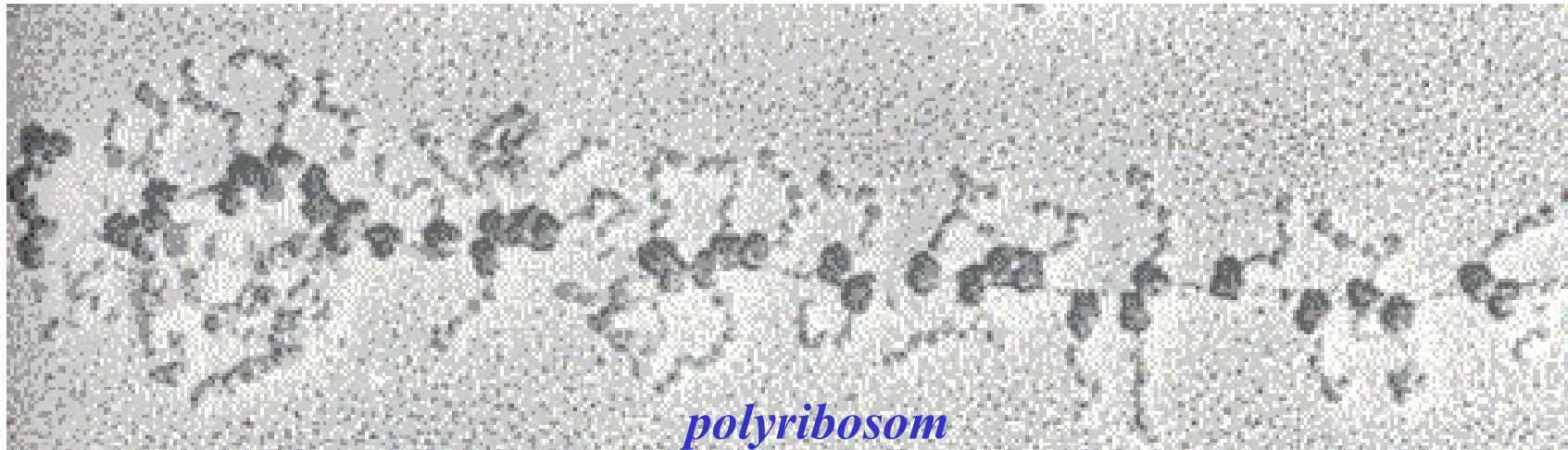
na export  
(sekrečních bílk.)

- bílkovinné hormony
- trávicí enzymy
- integrální a periférní bílkoviny membrán

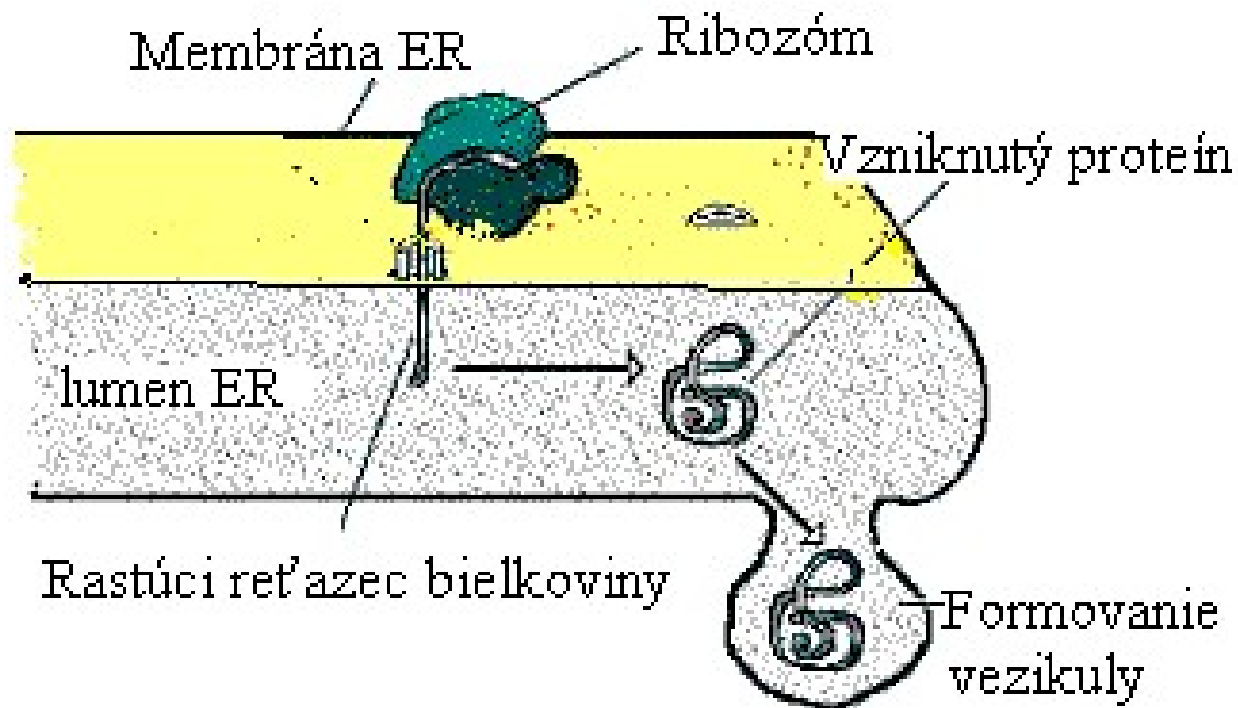
## SER - syntéza lipidů a strukt. bílkovin



## ribosomy endoplasmatického retikula





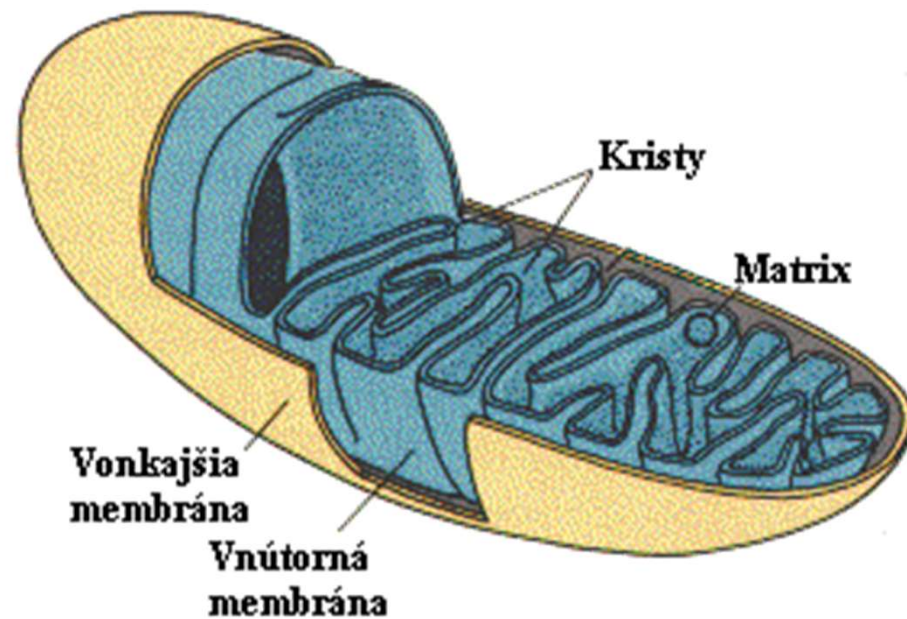
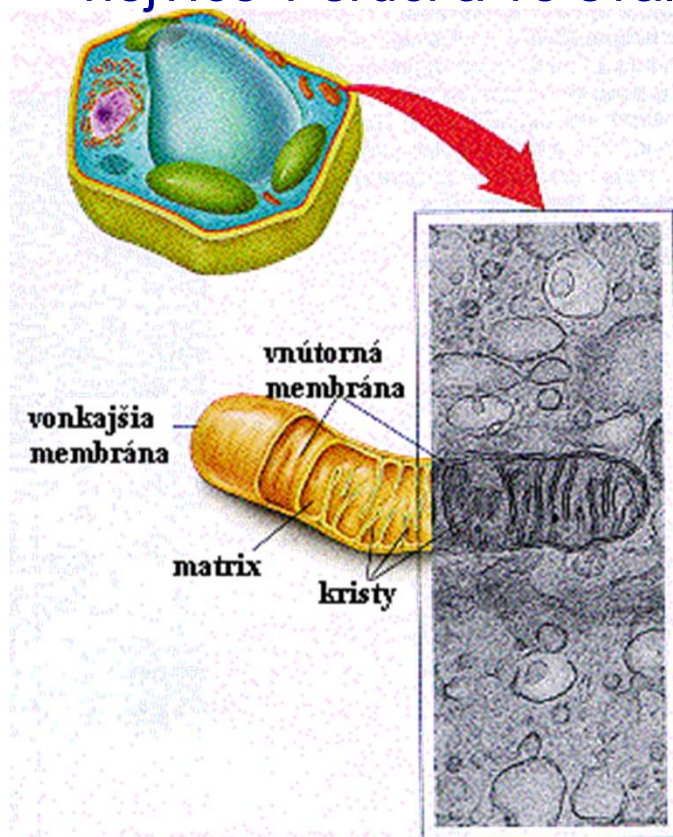


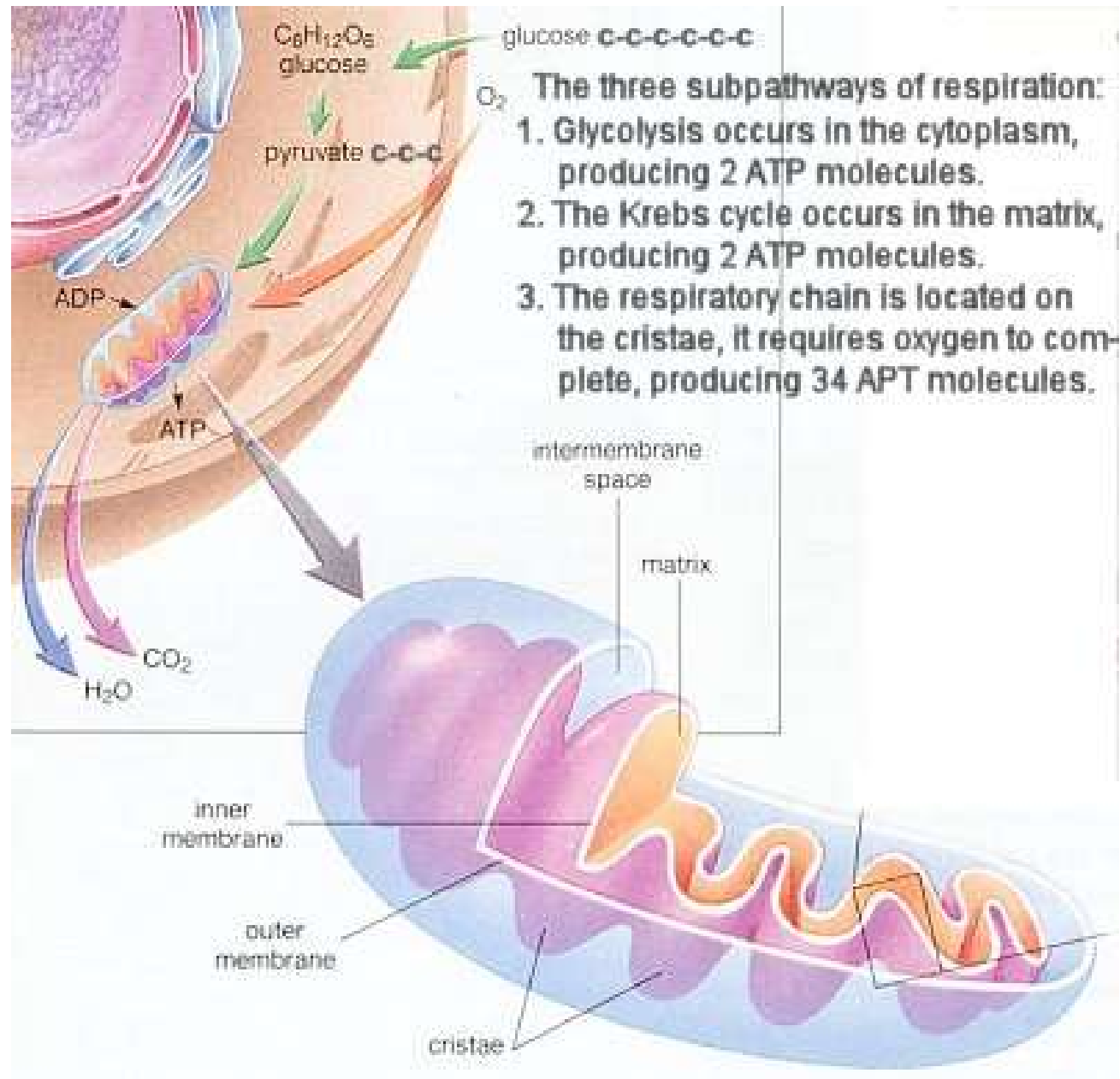
### Proteosyntéza

- genetická info - DNA – transkripce - RNA
- RNA přes jadernou m. – ribosomy – translace do bílkovin
- přes membránu ER do kanálků ER – (příp. úprava bílk.), jejich hromadění
- následně transport na cílové místo

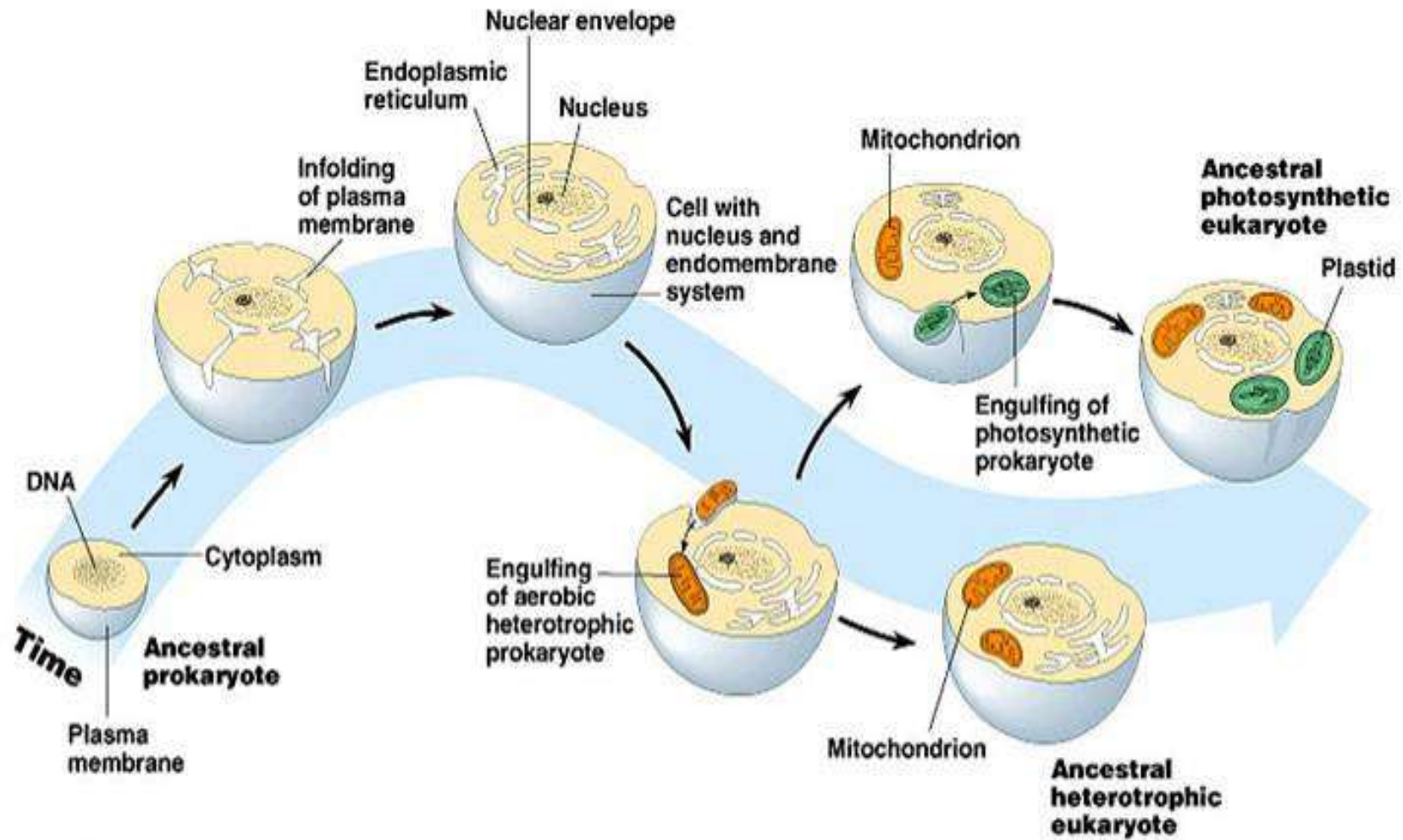
## Mitochondrie

- respirační a energetické centrum, vlastní DNA
- počet a velikost závisí na energetických nárocích
- nejvíce v srdci a ve svalech



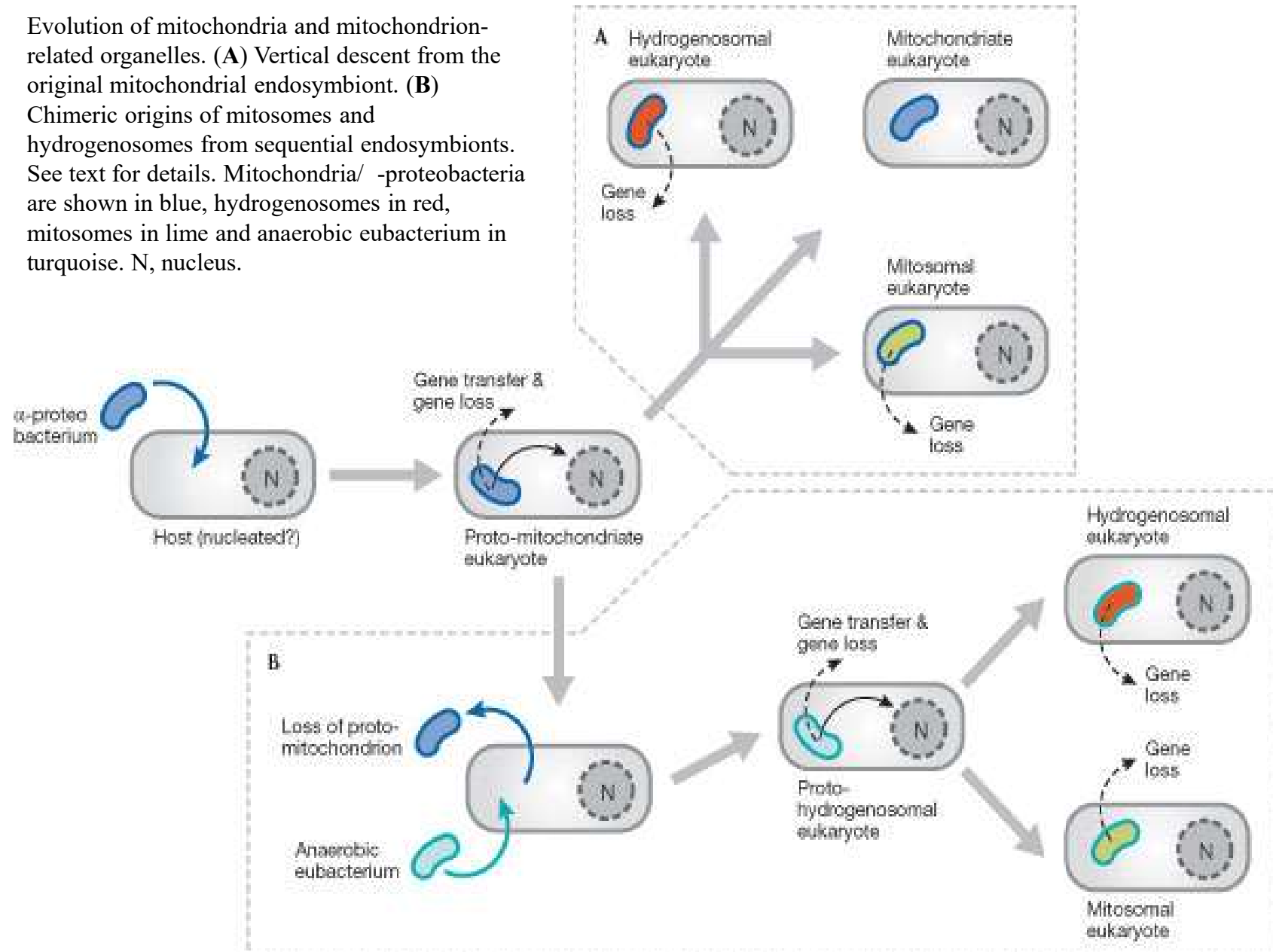


## Schéma endosymbiôzy





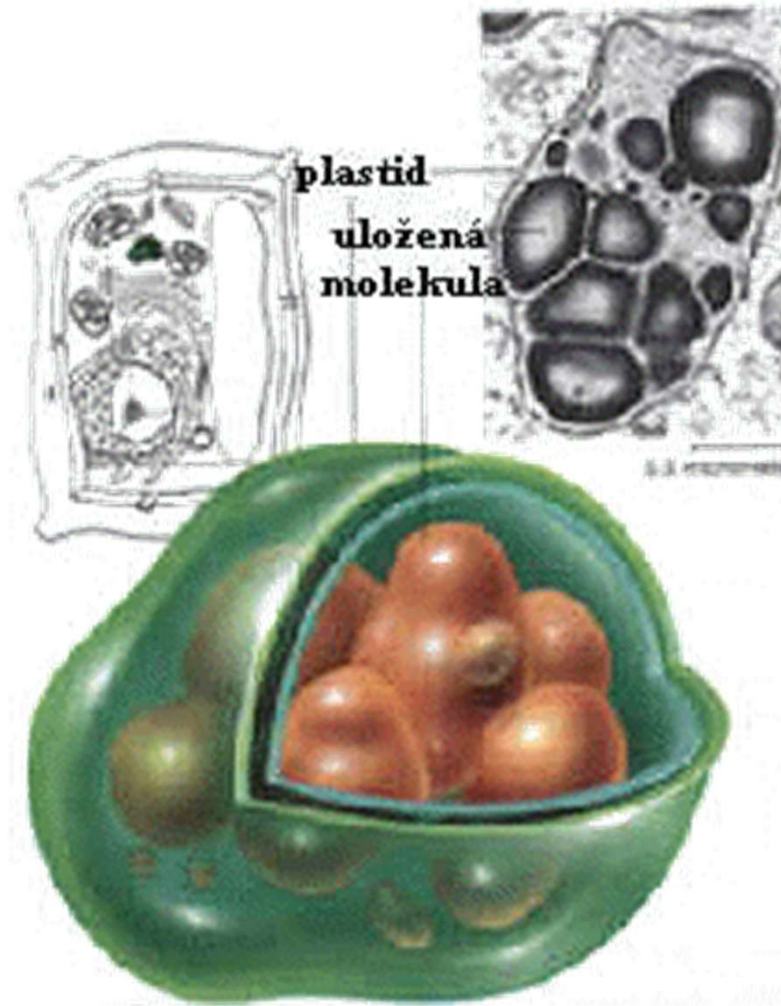
Evolution of mitochondria and mitochondrion-related organelles. **(A)** Vertical descent from the original mitochondrial endosymbiont. **(B)** Chimeric origins of mitosomes and hydrogenosomes from sequential endosymbionts. See text for details. Mitochondria/ -proteobacteria are shown in blue, hydrogenosomes in red, mitosomes in lime and anaerobic eubacterium in turquoise. N, nucleus.



## Plastidy

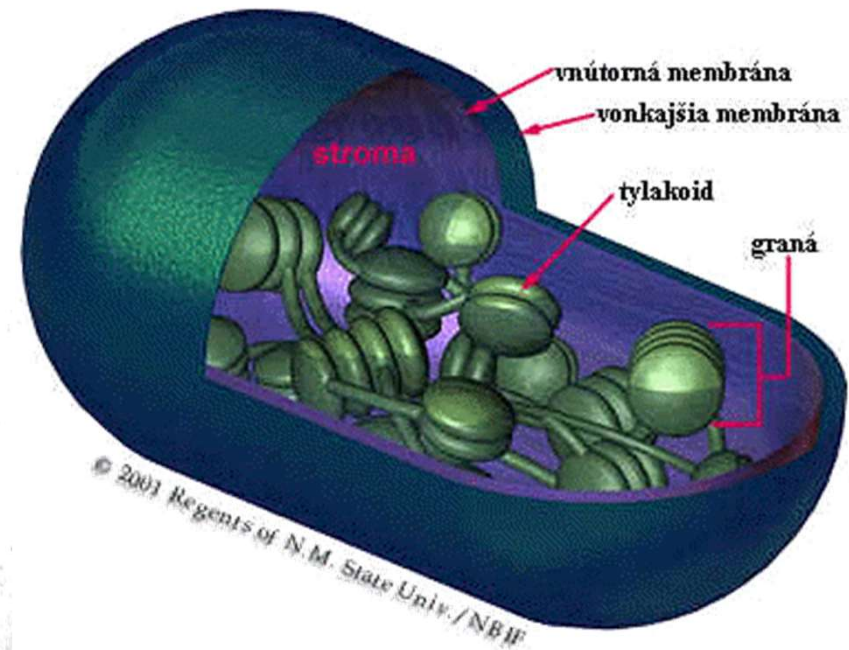
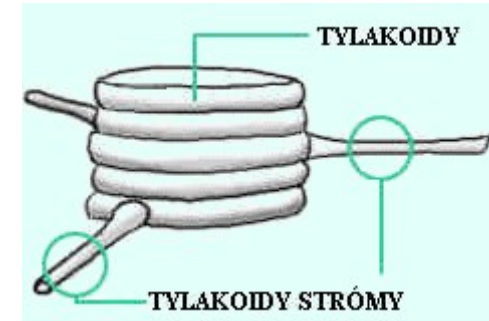
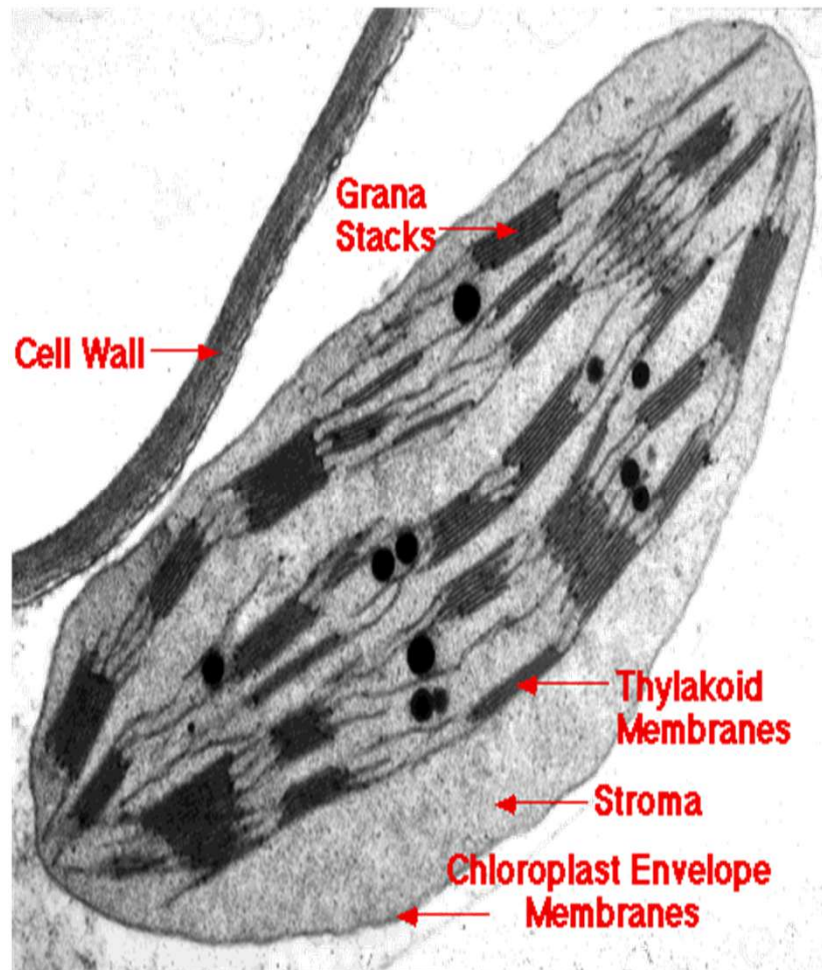
(v rostlinách)

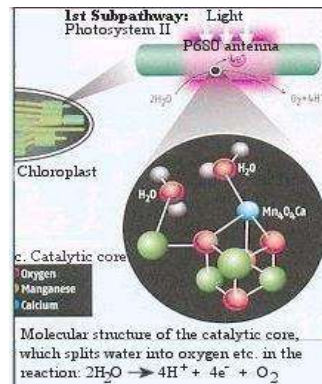
- **chloroplasty** -  
fotosynteticky aktivní
- **chromoplasty** -  
fotosynteticky inaktivní
- **leukoplasty** -  
nepigmentované plastidy



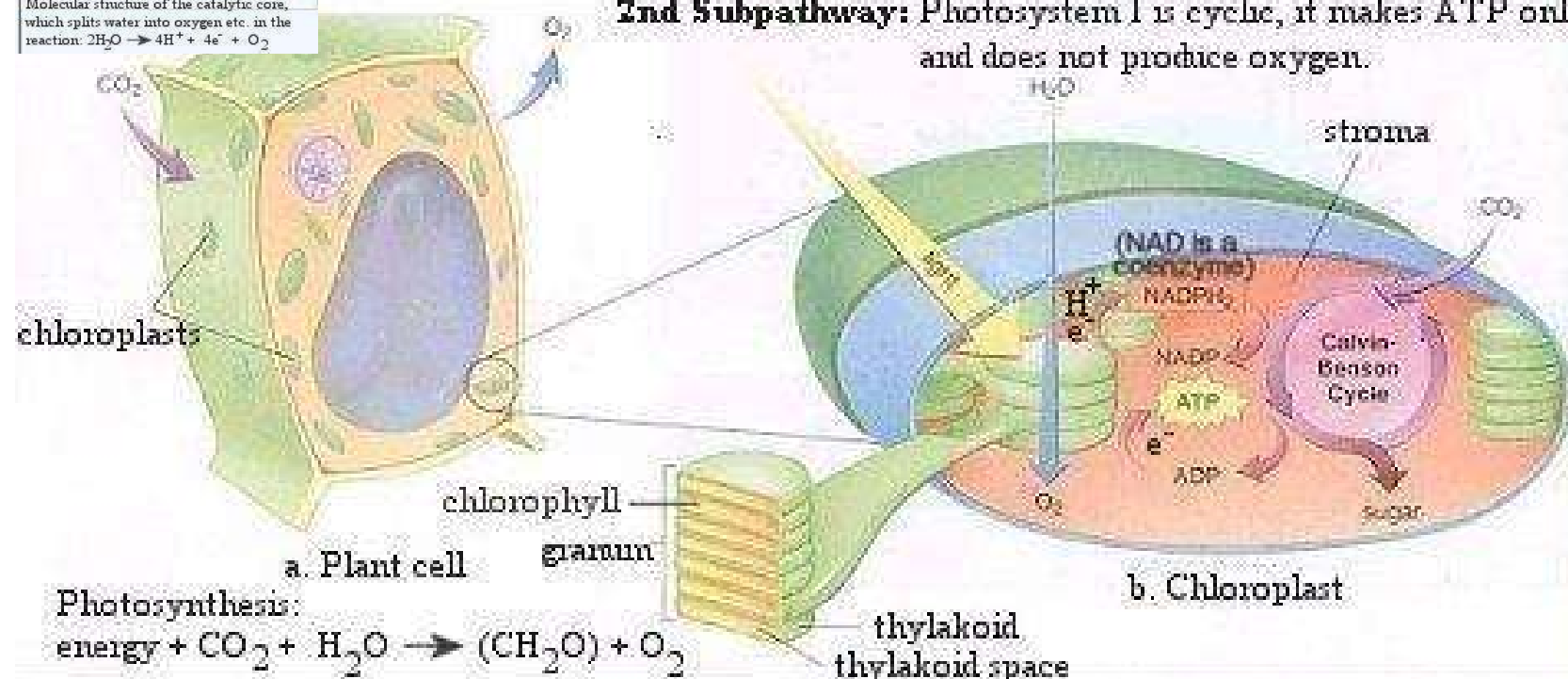
## Stavba chloroplastu

- dvojitá membrána, stroma, tylakoidy - grana
- součástí stromy je **DNA** a **enzýmy**





**2nd Subpathway:** Photosystem I is cyclic, it makes ATP only, and does not produce oxygen.



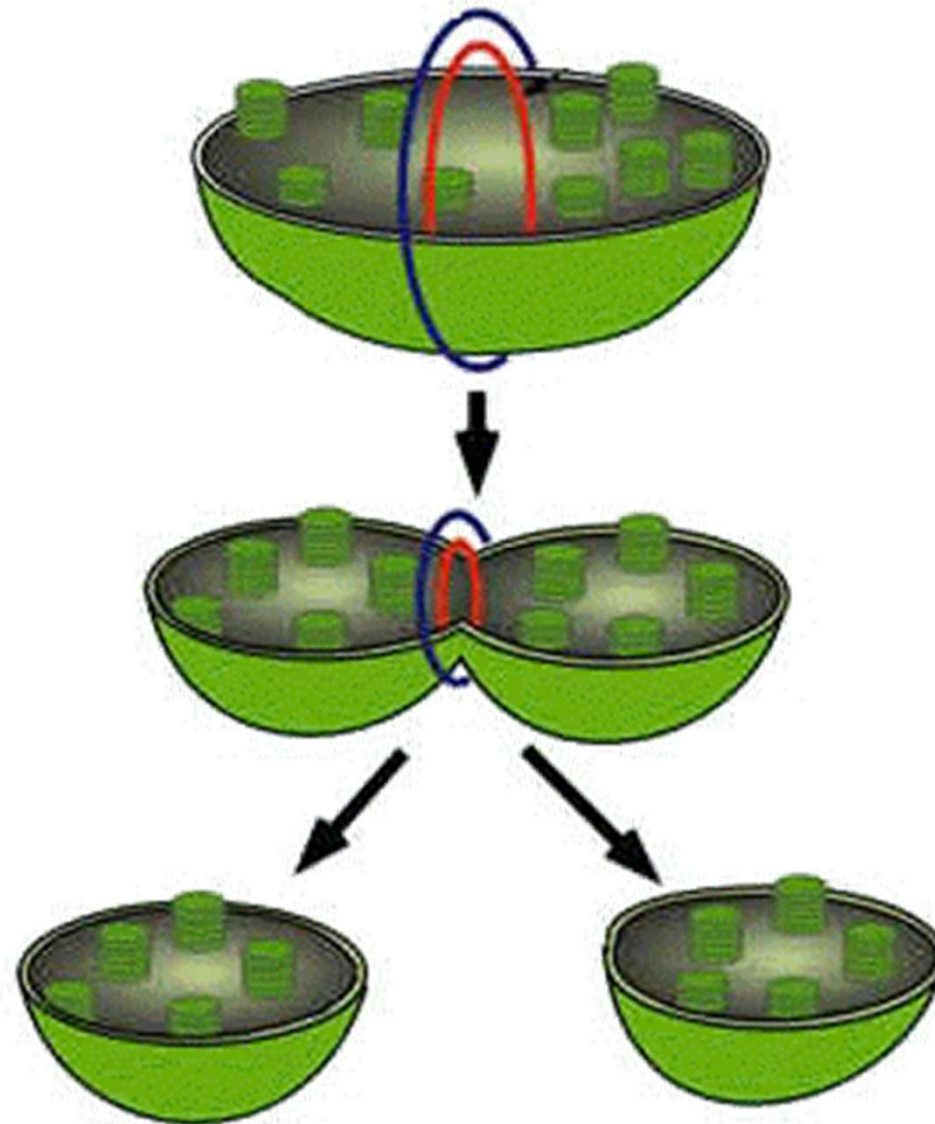
Photosynthesis:



Photosynthesis consists of 2 subpathways. The first occurs in the grana, where sunlight energy is captured, water is split, gives off oxygen, and ATP, NADPH<sub>2</sub> are produced. The second subpathway occurs in the stroma, where carbon dioxide is fixed and reduced after being incorporated into the Calvin-Benson cycle. Reduction uses the ATP and the NADPH<sub>2</sub> from the first subpathway. The carbon atoms are left to a higher energy state; they combine with hydrogen and oxygen to form carbohydrates (sucrose, glucose, or starch).

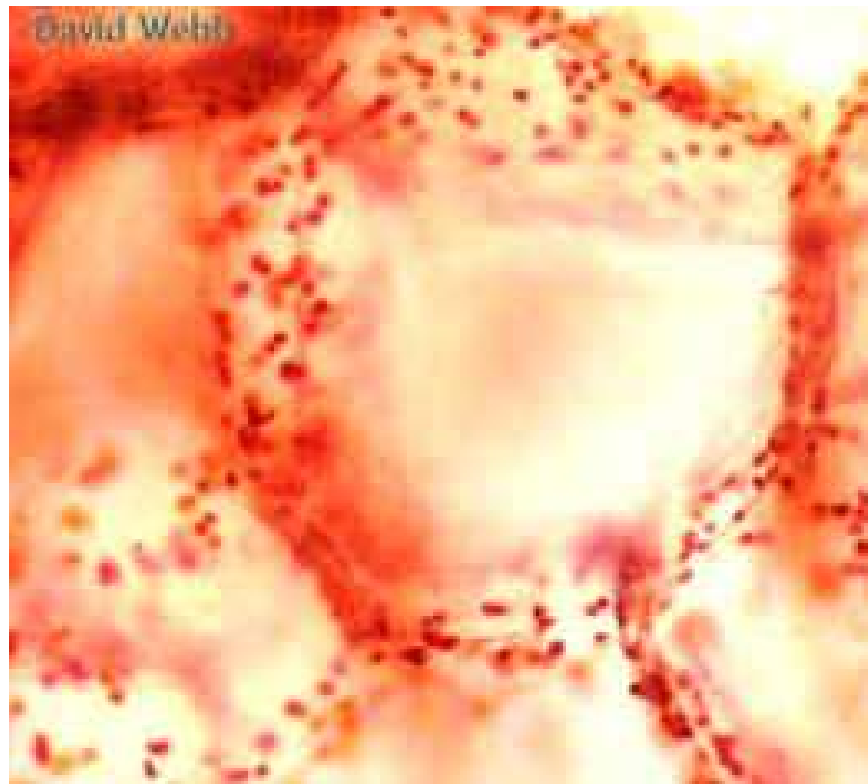


## Dělení chloroplastů



## Chromoplasty

neobsahují chlorofyl, nýbrž karotenoidy (pigmenty),  
membránový systém slabě vyvinutý.

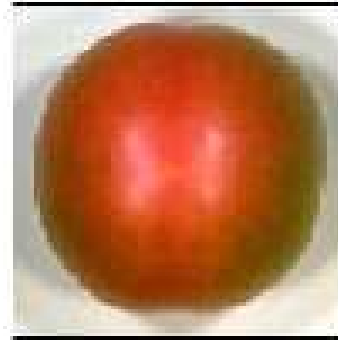




MG



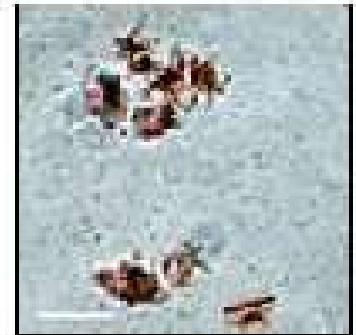
B+1



B+3



B+7



The sequence of tomato fruit ripening from mature green (MG) past breaker (B) when red colouration is first apparent to 1, 3 and 7 days post breaker when fruit is fully ripe. This sequence results in green chloroplasts being converted into red chromoplasts and chlorophyll and starch are replaced with red carotenoids.

## Leukoplasty

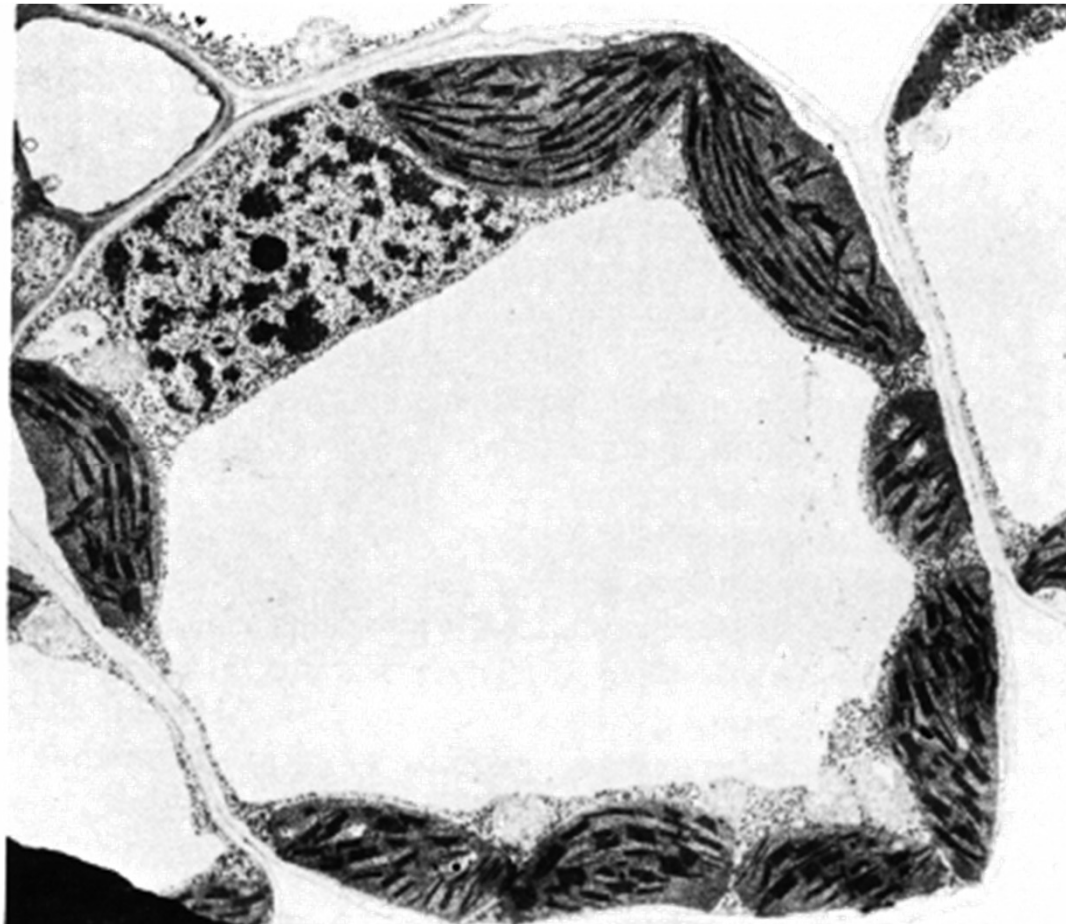
- nepigmentované plastidy se slabě vyvinutým membrán. systémem
- zásobárna molekul (škrobu – amyloblasty; oleje – elaioplasty)



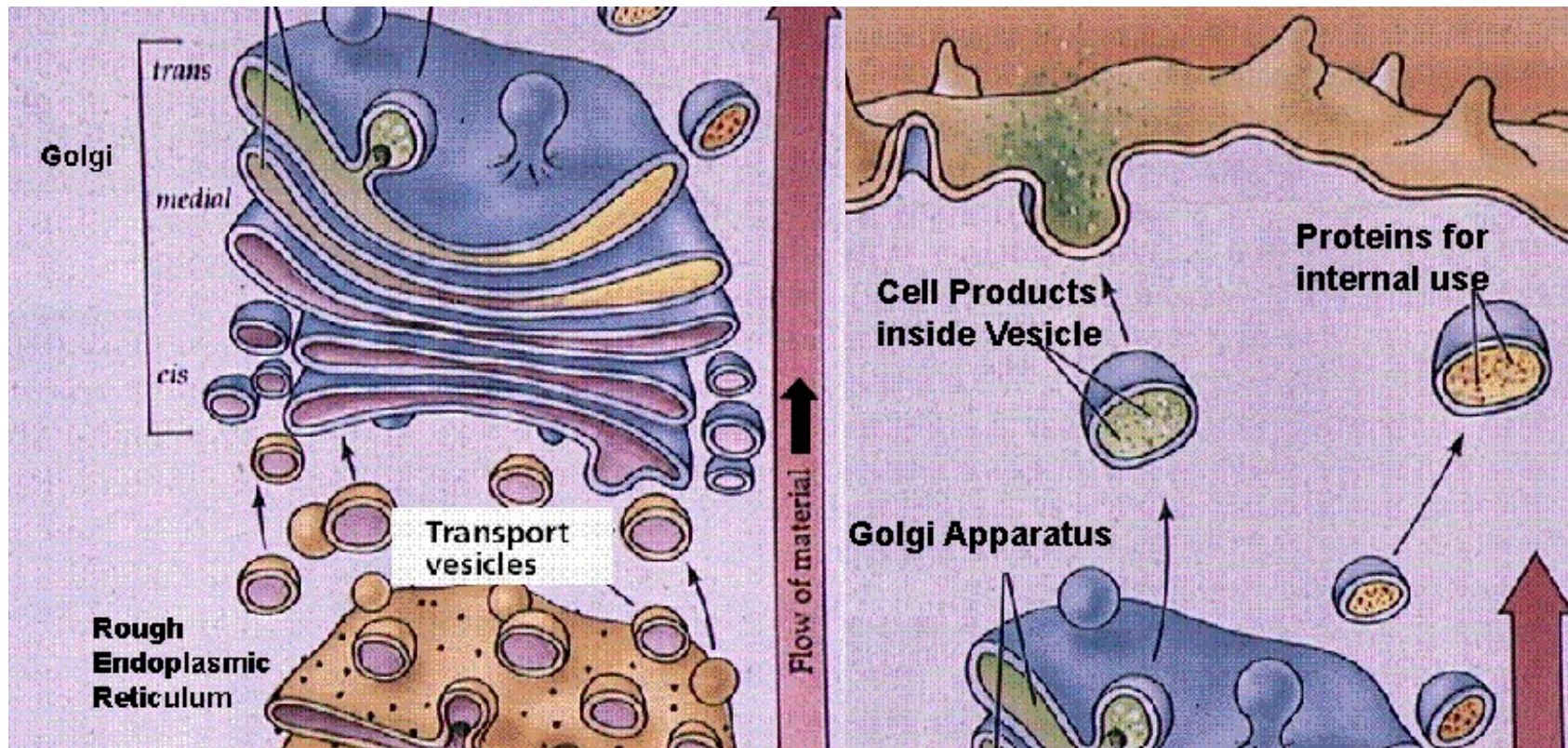


## Vakuoly

- tenká semipermeabilní membrána - tonoplast
- uvnitř: metabolity a meziprodukty metabol., pigmenty, voda



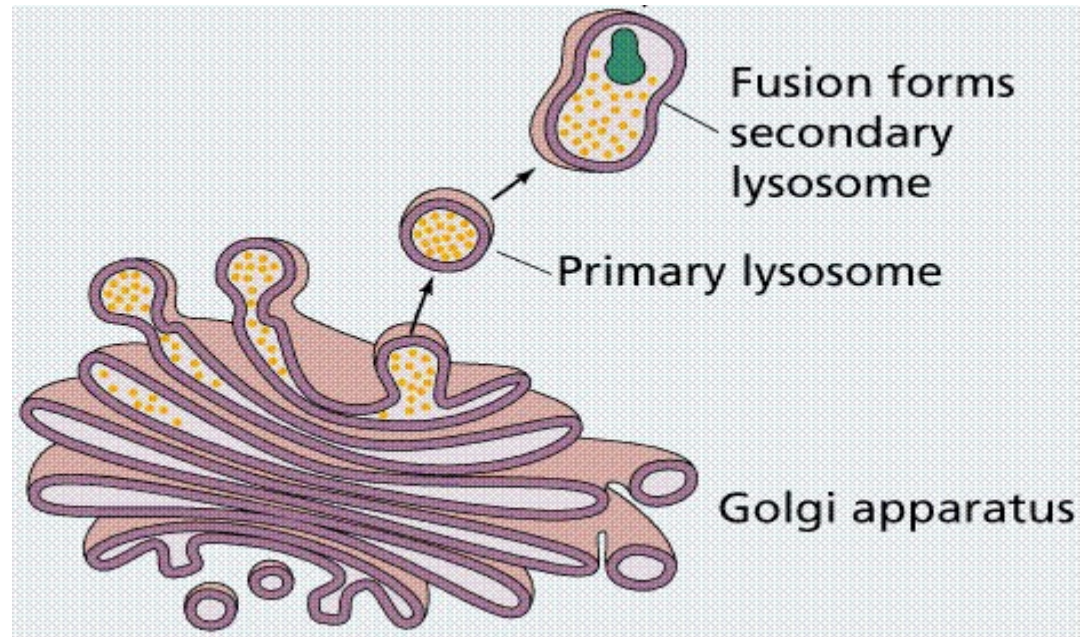
## Golgiho komplex



## Lysosomy

obsahují hydrolytické enzymy, které vznikají v ER a upravují se v GK





### ROZKLAD POTRAVY



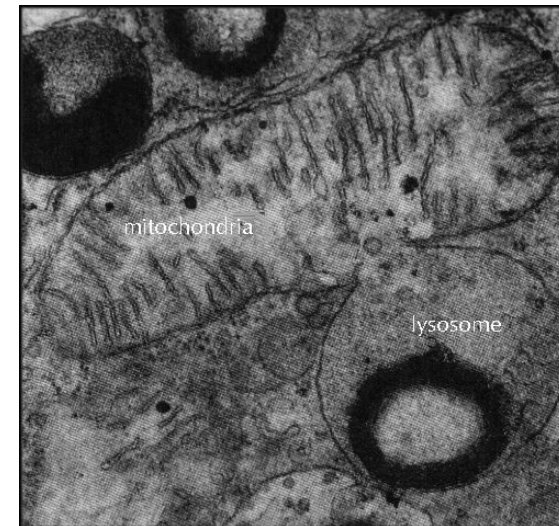
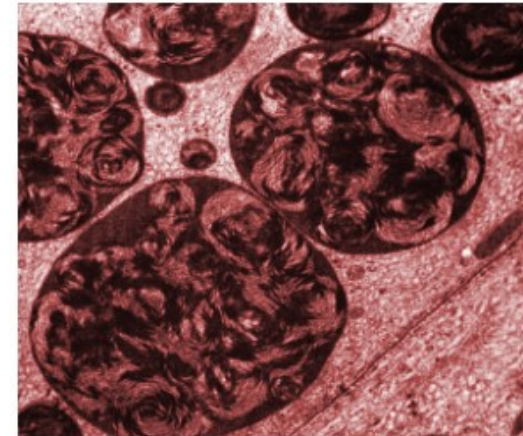
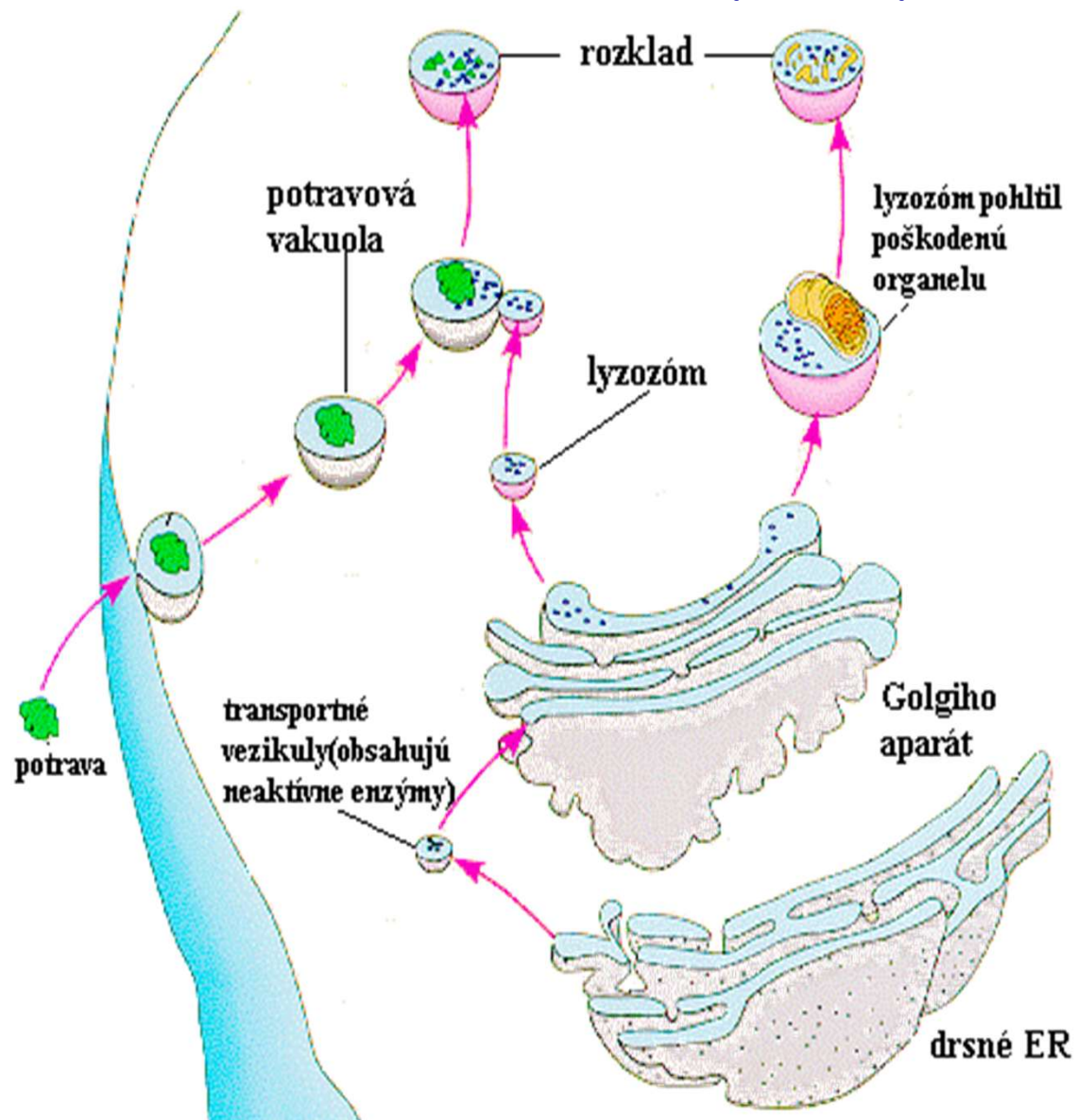
### ROZKLAD ORGANEL



### ROZKLAD BUNKY



# Lysosomy





## Kontrolní otázky

1. **Bakteriální bičík**
2. Bakteriální fimbrie
3. Bakteriální slizy a pouzdra
4. Rozdělení bakterií
5. **Aktinomycety**
6. Mykoplasmy, Rickettsie
7. **Sinice – obecně**
8. Stromatolit
9. **Sinice a eutrofizace vod**
10. **Eukaryotické organismy**
11. Rostlinná s živočišná buňka
12. Cytoskelet eukaryot
13. Buněčné jádro
14. Chromosom
15. Endoplasmatické retikulum
16. **Mitochondrie**
17. **Chloroplasty**
18. Ostatní plastidy a vakuoly
19. Golgiho komplex
20. Lysosomy