



Metabolismus

..... látková přeměna

- soubor biochemických reakcí zajišťujících přísun a využití energie a stavebních látek
- tisíce reakcí několika málo typů
- reakce rychlé, řízeny enzymy
- reakce jsou propojené do řetězců či cyklů ⇒ metabolických drah
- asi 100 klíčových molekul



Metabolismus

dvě podskupiny protichůdných reakcí:

katabolismus x **anabolismus**

rozkladné reakce x syntetické reakce

exergonické procesy x endergonické procesy

oxidace x redukce

disimilace x asimilace

získávání energie a stavebních prvků x z jednoduchých stavebních prvků
(produktů katabolismu) skládány
složitější sloučeniny

rozklad látek až na CO_2 , NH_3 , H_2O ... x syntéza produktů

amfibolické procesy

změny substrátu bez energetického efektu



Katabolismus - rozkladná část metabolismu

I. fáze

- na buněčné úrovni v lysosomech, štěpení látek na stavební prvky \Rightarrow rozvod oběhovým systémem do potřebných míst, nezískává se energie

II. fáze

- postupný rozklad za dehydrogenace na jednouhlíkaté a dvojuhlíkaté sloučeniny (CO_2 a acetylkoenzym A), získáno malé množství energie, získány aktivované vodíky bohaté na energii

III. fáze

- acetyl-CoA oxidován na CO_2 v tzv. citrátovém cyklu za zisku dalších aktivovaných vodíků, aktivované vodíky z citrátového cyklu a z 2. fáze přeneseny enzymatickým systémem na kyslík v tzv. respiračním řetězci \Rightarrow zisk energie, získaná energie se ukládá v ATP



Anabolismus - syntetická část metabolismu

3 fáze:

- vznik stavebních prvků = 2. a 3. fáze katabolismu
- syntéza základních stavebních jednotek
- tvorba konečných produktů

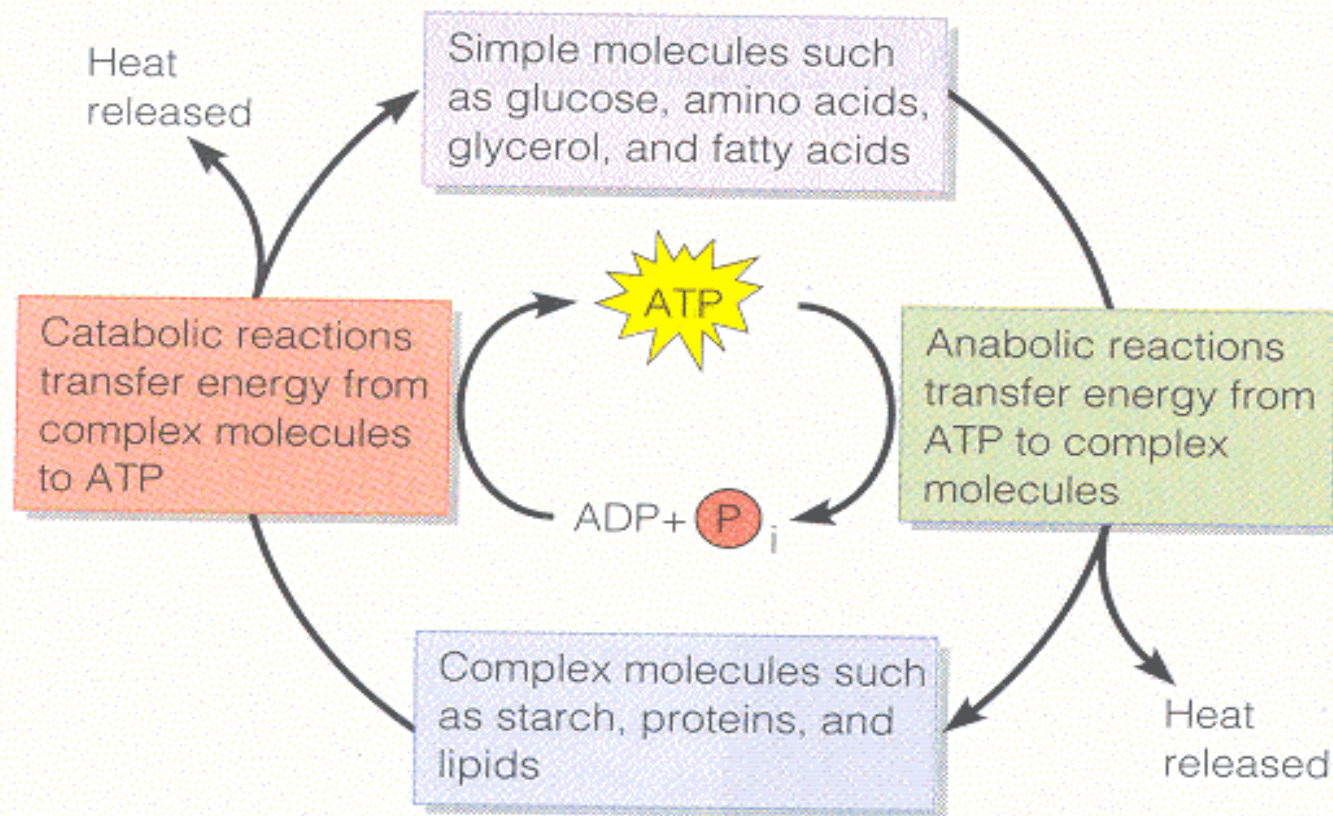


FIGURE 5.1 The role of ATP in coupling anabolic and catabolic reactions. When complex molecules are split apart (catabolism), some of the energy is transferred to and trapped in ATP, and the rest is given off as heat. When simple molecules are combined to form complex molecules (anabolism), ATP provides the energy for synthesis, and again some energy is given off as heat.

- The coupling of anabolic and catabolic reactions is achieved through ATP.



Zvláštnosti metabolismu mikrobů

Vysoká intenzita

E. coli 20 min

S. cerevisiae 2 hod.

Vysoká biosyntetická aktivita

přijímání živin celým povrchem těla, mimořádně vyvinutý enzymatický aparát – proteosyntézy (ribosomy až 40% sušiny), velmi aktivní katabolismus

Mimořádná přizpůsobivost (plasticita) metabolismu

enzymové vybavení buňky

konstitutivní

indukovatelné

reprimovatelné (potenciální)



Mikrobiální enzymy

Lokalizace:

- Prokaryota:**
- cytoplasmatická membrána
 - buněčná stěna
 - rozpuštěné v cytosolu

- Eukaryota:**
- jednotlivé organely
 - DNA – replikace – jádro
 - tvorba ATP – mitochondrie
 - vakuoly - lytické



Endoenzymy (intracelulární e.)

Substrát – nízkomolekulární látky

(asparagináza, kataláza, penicilináza, glukózaoxidáza,)

Exoenzymy (extracelulární e.)

Substrát – biomakromolekuly

(proteáza, amyláza, celuláza, lipáza,)

jsou odolnější, větší produkce



Enzymy (biokatalyzátory)

V bakteriální buňce

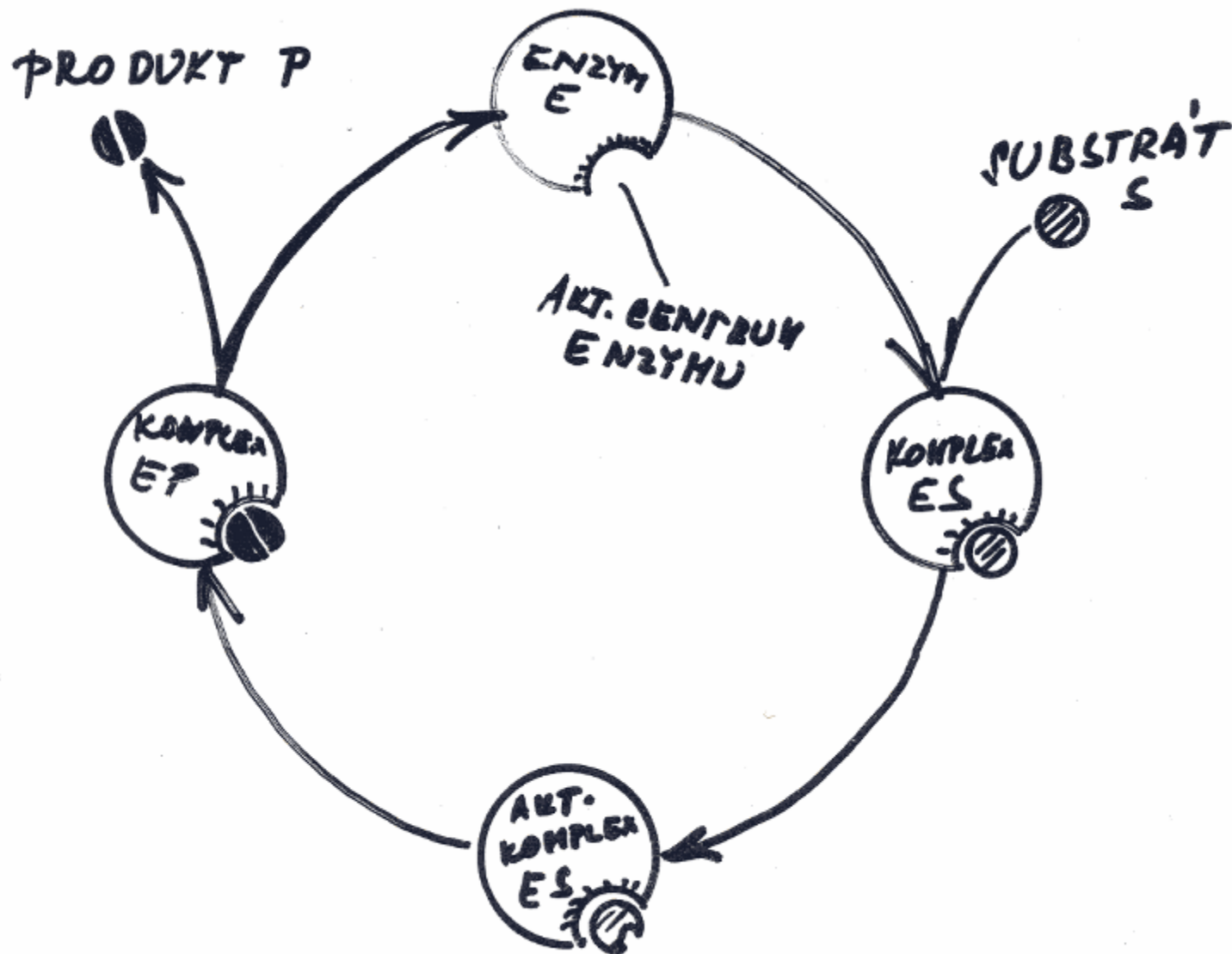
2000 enzymů

Specifita enzymů: substrátová – přeměna jen určitého substrátu
účinku – jen jedna přeměna

Mechanismus působení

1. $E + S \leftrightarrow ES$ (komplex S+E)
2. Aktivace komplexu E-S $ES \leftrightarrow ES$ (aktivní)
3. Chemická přeměna substrátu (komplex E-produkt) $ES \leftrightarrow EP$
4. Oddělení enzymu od produktu $EP \leftrightarrow E + P$

Schema průběhu enzymatického účinku





Dělení enzymů podle účinku:

1. **Oxidoreduktázy** přenos elektronů
2. **Transferázy** přenos skupin (metylové, karboxylové ...)
3. **Hydrolázy** hydrolytické štěpení vazeb
4. **Lyázy** nehydrolytické štěpení
5. **Izomerázy** izomerace (přeměny)
6. **Ligázy (syntetázy)** – spojení dvou substrátů



Živné prostředí – asimilovatelné zdroje:

C, H, O, N, P, S; K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Co, Zn

O, H - voda, org., anorg. látky

C - autotrofní – oxid uhličitý

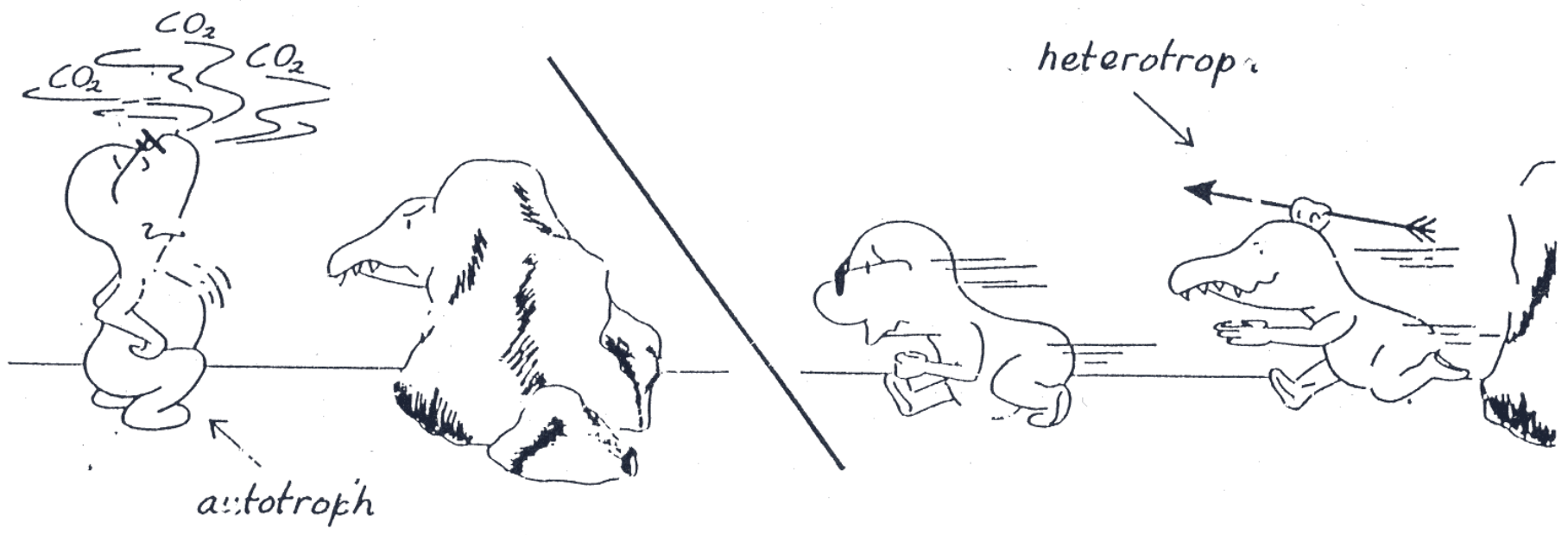
- heterotrofní – org. látky = zdroj energie ,

N - N_2 , NH_3 , NH_4^+ , NO_3^-

- močovina, aminokyseliny, peptony, bílkoviny,
heterotrofní – zdroj C + energie

S - minerální soli H_2SO_4

P - soli kyseliny fosforečné



How nice to be an autotroph...

sometimes.



Klasifikace organismů podle metabolismu

Podle zdroje energie:

FOTOTROFY X CHEMOTROFY

Podle zdroje stavebního materiálu:

AUTOTROFY X HETEROTROFY

Podle donorů elektronů:

LITHOTROFY X ORGANOTROFY

Podle konečných akceptorů elektronů:

AEROBY X ANAEROBY

Rozdělení organismů podle typu metabolismu

Metabolický typ organismu	Zdroj energie	Zdroj uhlíku	Zdroj elektronů	Organismy
Fotolitotrofy autotrofní	světelné záření	CO ₂	anorg. sloučeniny (H ₂ O; H ₂ ; H ₂ S; S)	zelené rostliny na světle, sinice, zelené a purpurové sírné bakterie
Fotoorganotrofy heterotrofní	světelné záření	org. sloučeniny	anorg. sloučeniny (H ₂ ; H ₂ S; S); org. sloučeniny (sukcinát, mastné kyseliny)	nesírné purpurové bakterie, některé řasy
Chemolitotrofy autotrofní	oxidace anorg. látek	CO ₂	anorg. sloučeniny (H ₂ ; H ₂ S; S; Fe ²⁺ ; NH ₄ ⁺ ; NO ₃ ⁻)	bakterie vodíkové, železité, nitrifikační, methanogenní, bezbarvé sírné
Chemoorganotrofy heterotrofní	oxidace org. látek	org. sloučeniny	org. sloučeniny	živočichové, většina mikrobů, rostlinné buňky nefotosyntetizující a fotosyntetizující ve tmě



Rozdělení katabolismu chemotrofních organismů podle konečného akceptoru elektronů

Charakter katabolismu	Konečný akceptor elektronů	Účinnost uvolňování energie	Organismy
Aerobní respirace	O_2	největší	živočichové, řada mikroorganismů, rostlinné buňky nefotosyntetizující a fotosyntetizující ve tmě
Anaerobní respirace	jiná oxidační činidla než O_2 (NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_2 , fumarát)	menší	některé mikroorganismy
Fermentace (kvašení)	organ. meziprodukty metabolismu (pyruvát, acetaldehyd, butyrát,...)	nejmenší	některé mikroorganismy, většina heterotrofních buněk při nedostatku O_2

Fototrofní bakterie

- Tvorba ATP - cyklickou fosforylací
- necyklickou fosforylací

Cyklická fosforylace



světelná energie

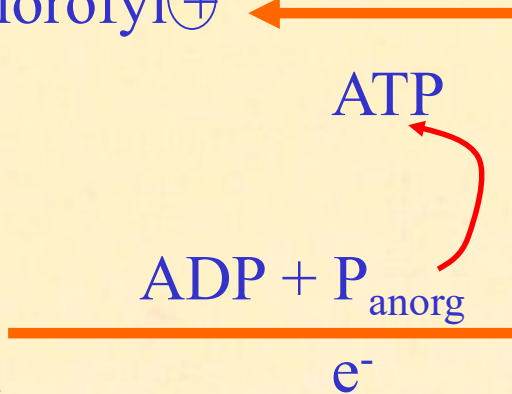
bakteriochlorofyl[⊕]

cytochrom C



e^-

feredoxin



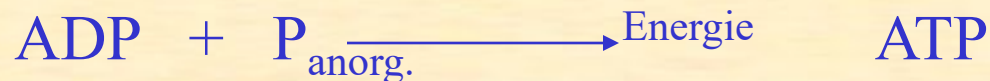
ATP

fotosyntetický systém
na přenos elektronů

ADP + P_{anorg}

e^-

Sumární rovnice:

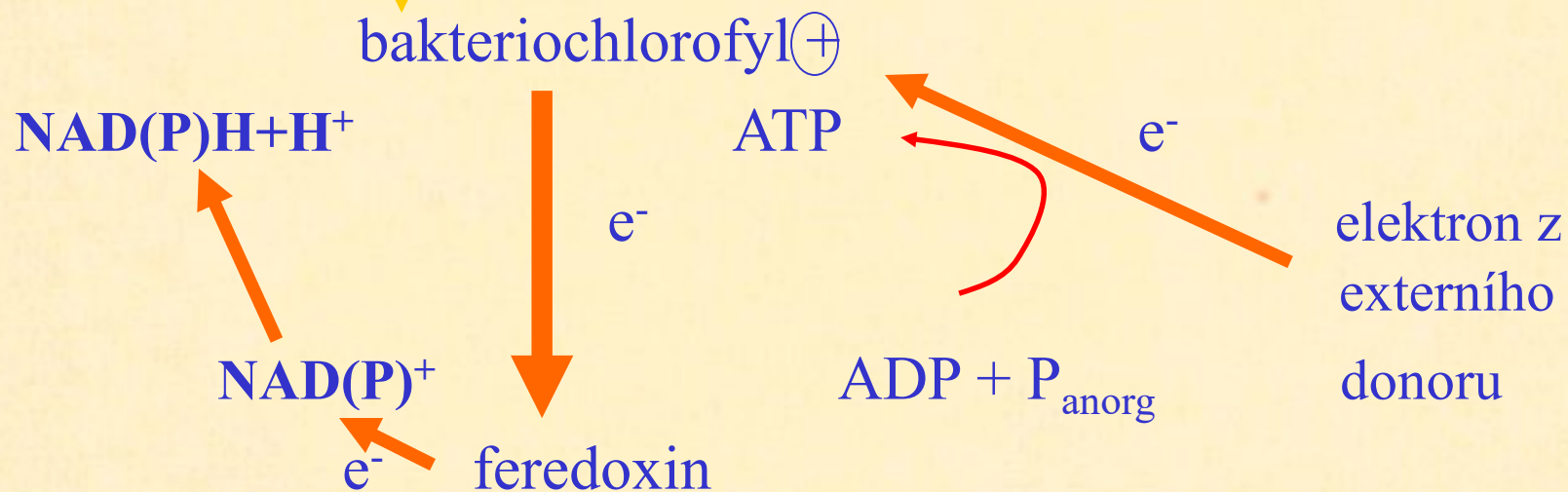


Fototrofní bakterie

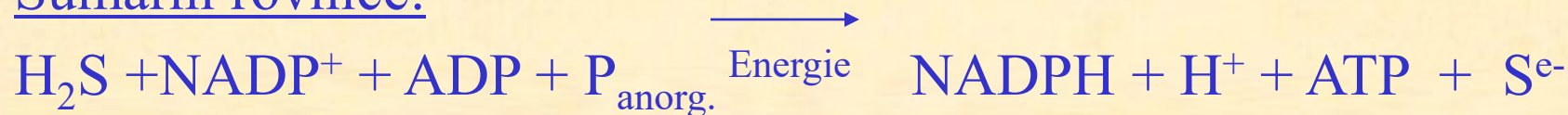
Necyklická fosforylace



světelná energie



Sumární rovnice:

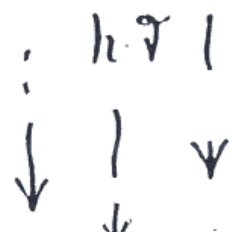
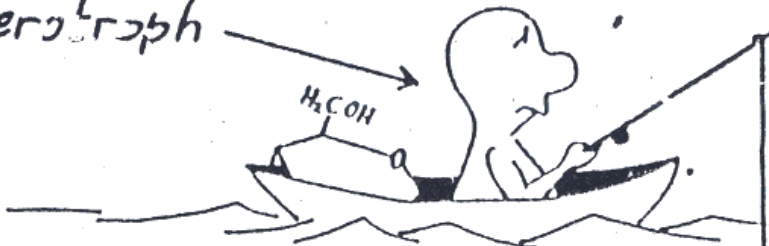


Zdroj elektronů: fotolitotrofní mikroorganismy – anorganický substrát (H₂S, H₂)
fotoorganotrofní mikroorganismy – organický s. (kys. octová, jant.)

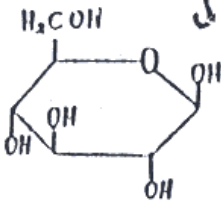
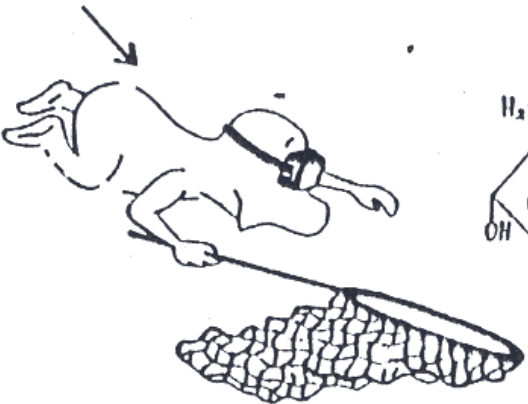
NAD⁺ elektronový nosič – nikotinamid adenin dinukleotid NADP⁺ - nikotinamid adenin dinukleotid fosfát

Phototrophy must be the life!

heterotroph



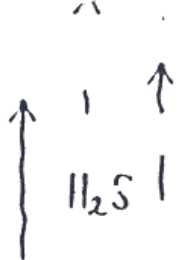
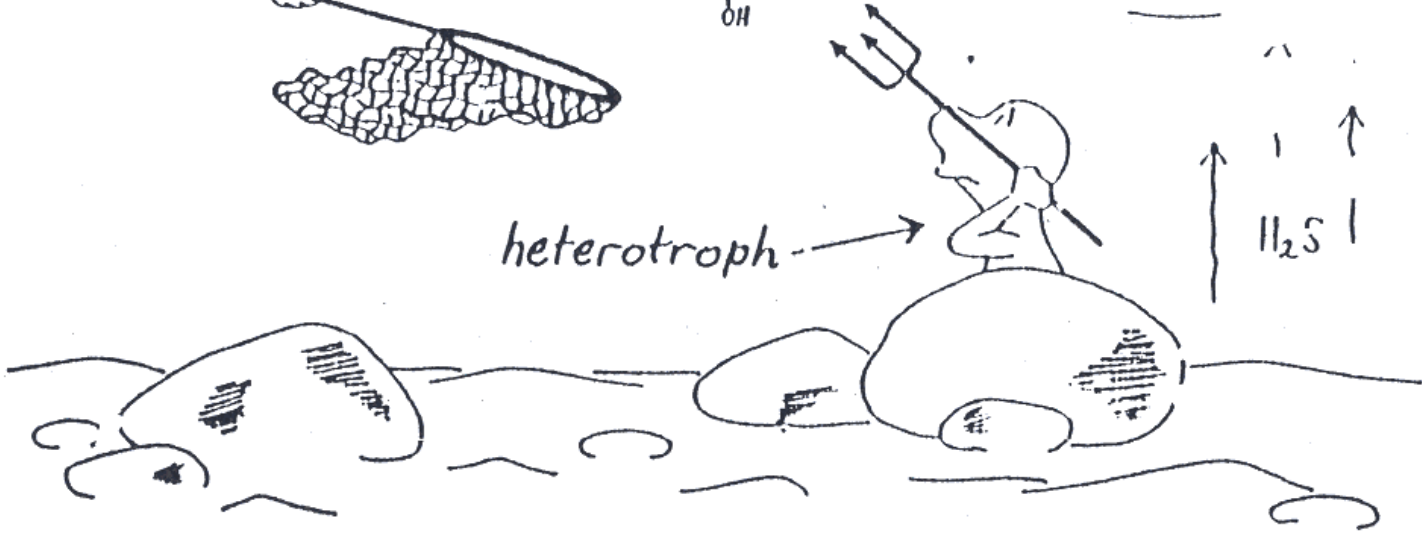
heterotroph



phototroph.



heterotroph





Fototrofní bakterie (G⁻ anaerobní, převážně vodní)

Purpurové sírné bakterie

Bakteriochlorofyl **a** nebo **b** a karotenoidy (v chromatoforech)

fotolitotrofní (zdroj C – CO₂, zdroj elektronů – H₂S, S)

fotoorganotrofní (zdroj C – jednoduché org. látky)

oxidací H₂S vzniká S – ukládá se uvnitř, či vně buněk

rody: *Chromatium*, *Thiosarcina*, *Thispirillum*

Purpurové nesírné bakterie

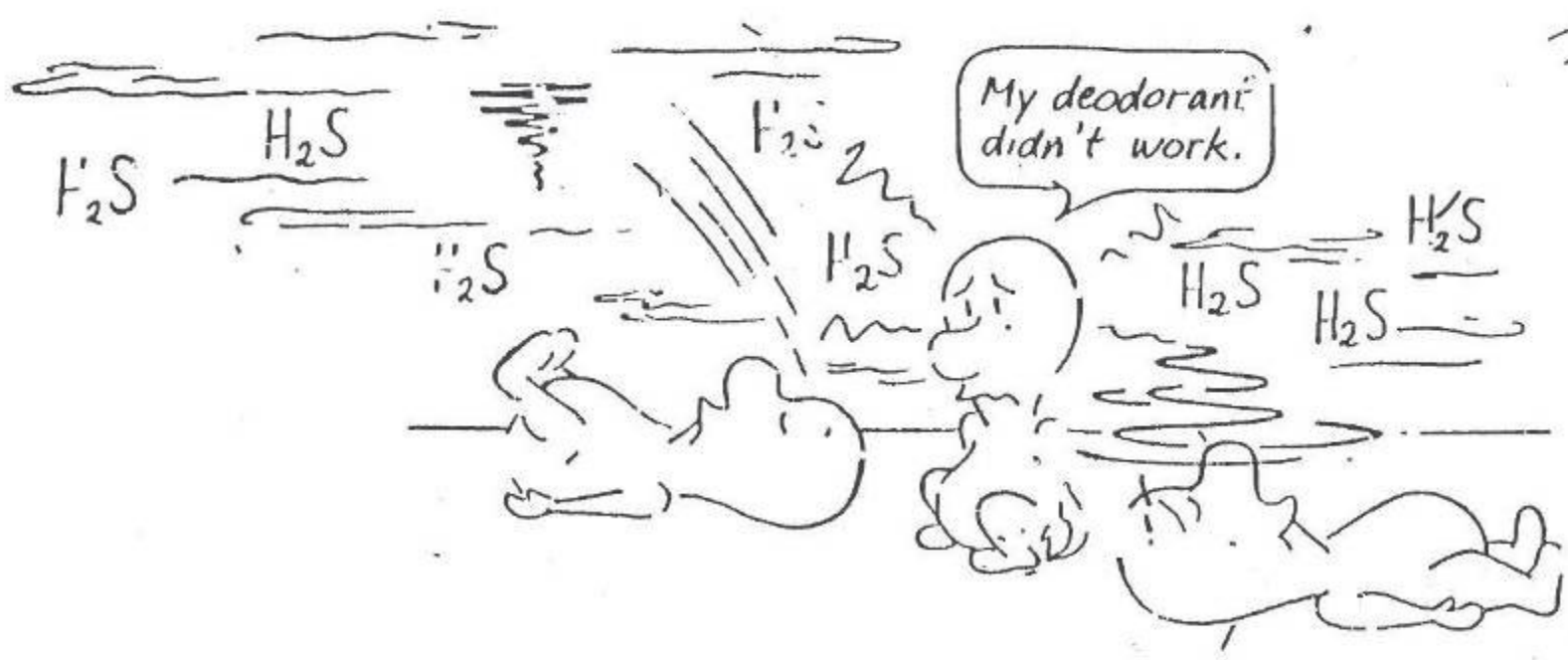
Bakteriochlorofyl **a** nebo **b** (v chromatoforech)

Nevyužívají síru jako donor el., nýbrž org. látky

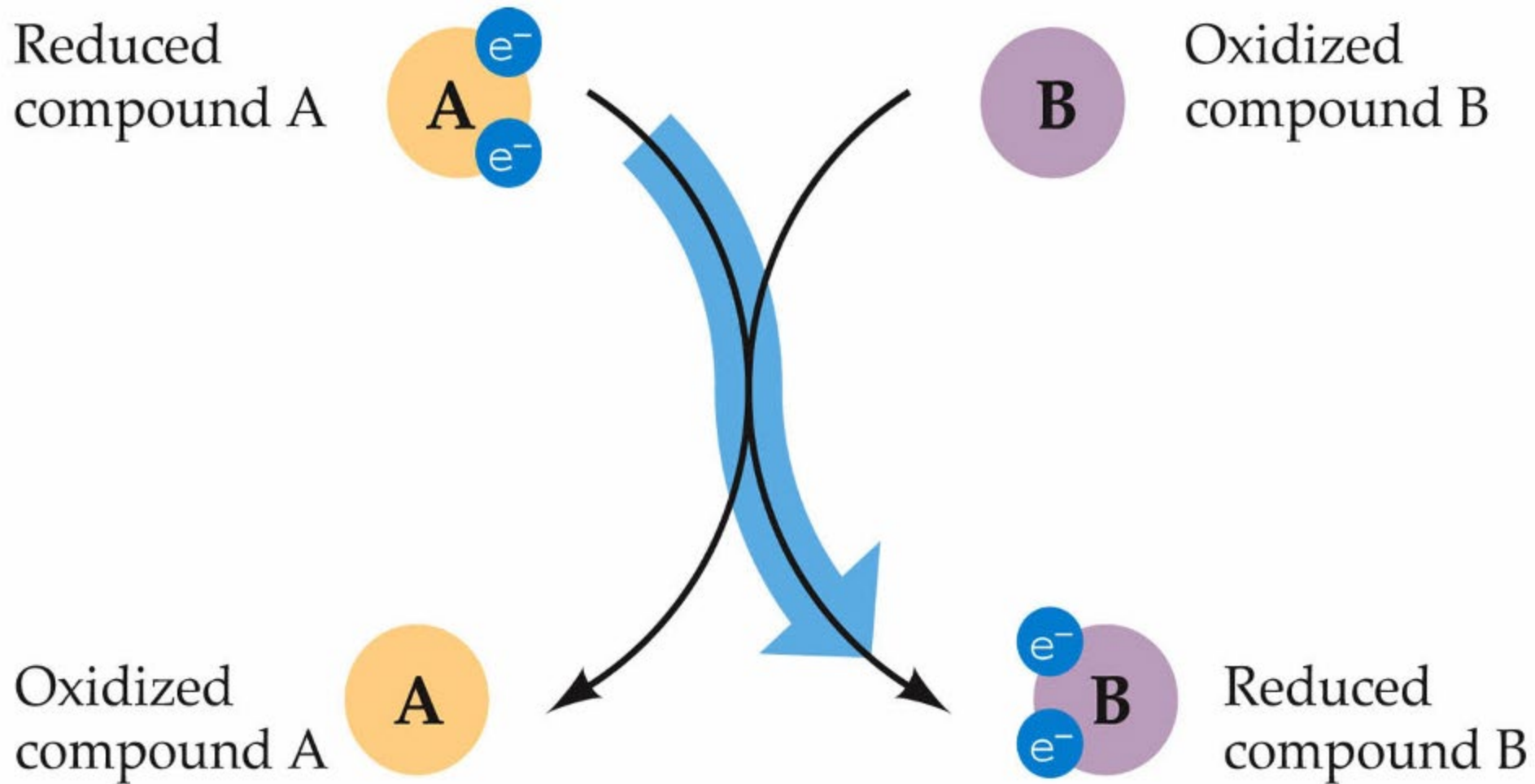
rody: *Rhodospirillum*, *Rhodopseudomonas*

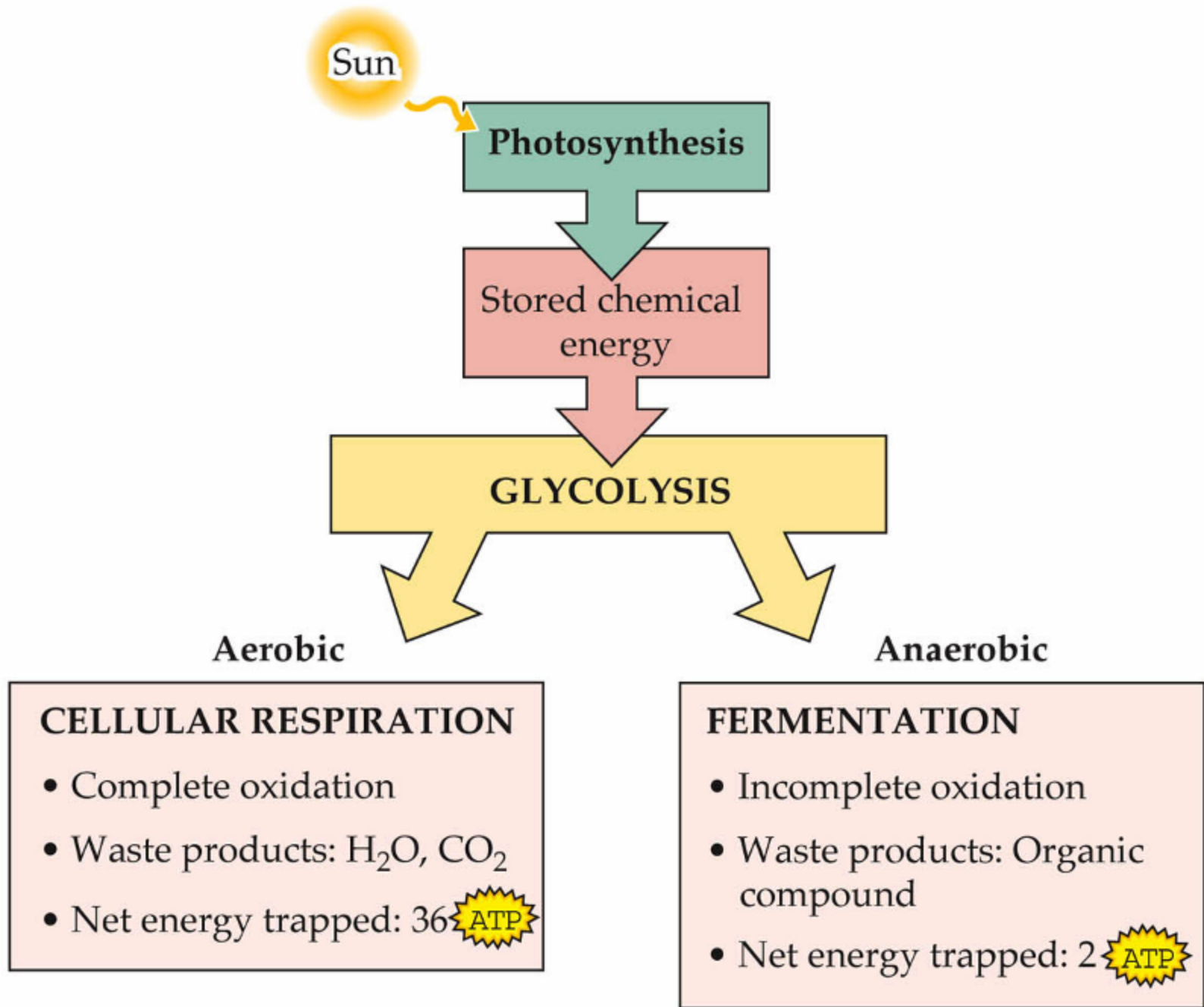
Zelené sírné bakterie

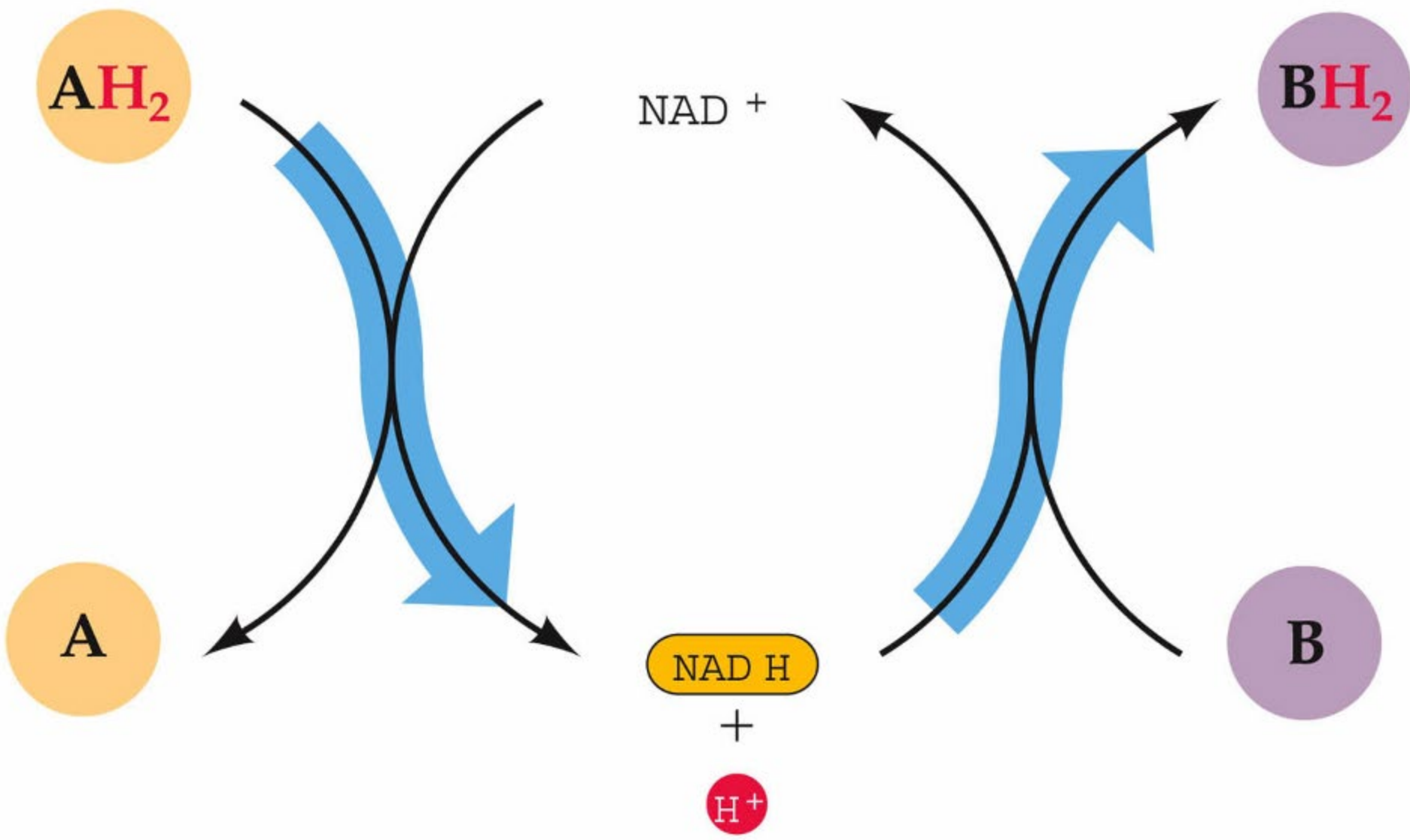
Bakteriochlorofyl **c** nebo **d** v chlorobiových váčcích,
mixotrofní - za přítomnosti H₂S ukládají síru vně buňky, obligátně
anaerobní (rody: *Chlorobium*, *Chloropseudomonas*, *Pelodiction*)



Jakým způsobem získávají buňky energii z molekul?









Přeměny sacharidů (metabolické dráhy)

Počáteční úsek až po vytvoření pyruvátu je společný pro všechny živé organismy – **glykolýza** (podle objevitelů Embden, Mayerhof, Parnas – EMP dráha)

U mikroorganismů se vyskytují ještě dvě dráhy

Pentoso-fosfátová dráha (Warburg – Dickens – **Horrecker**) přímá oxidace glukózy a vznik pentóz, důležitých pro tvorbu NA a NADPH₂ (výsledkem dráhy je 5/6 původního množství glukózy)

Entner–Doudorfova dráha produkuje dvě molekuly NADPH₂ a jednu ATP z každé molekuly glukózy, výsledným produktem je glyceraldehyd-3-P a také pyruvát. Některé G⁻ bakterie *Rhizobium*, *Pseudomonas* (některé taxonomické metody využívají tuto dráhu) a *Agrobacterium*



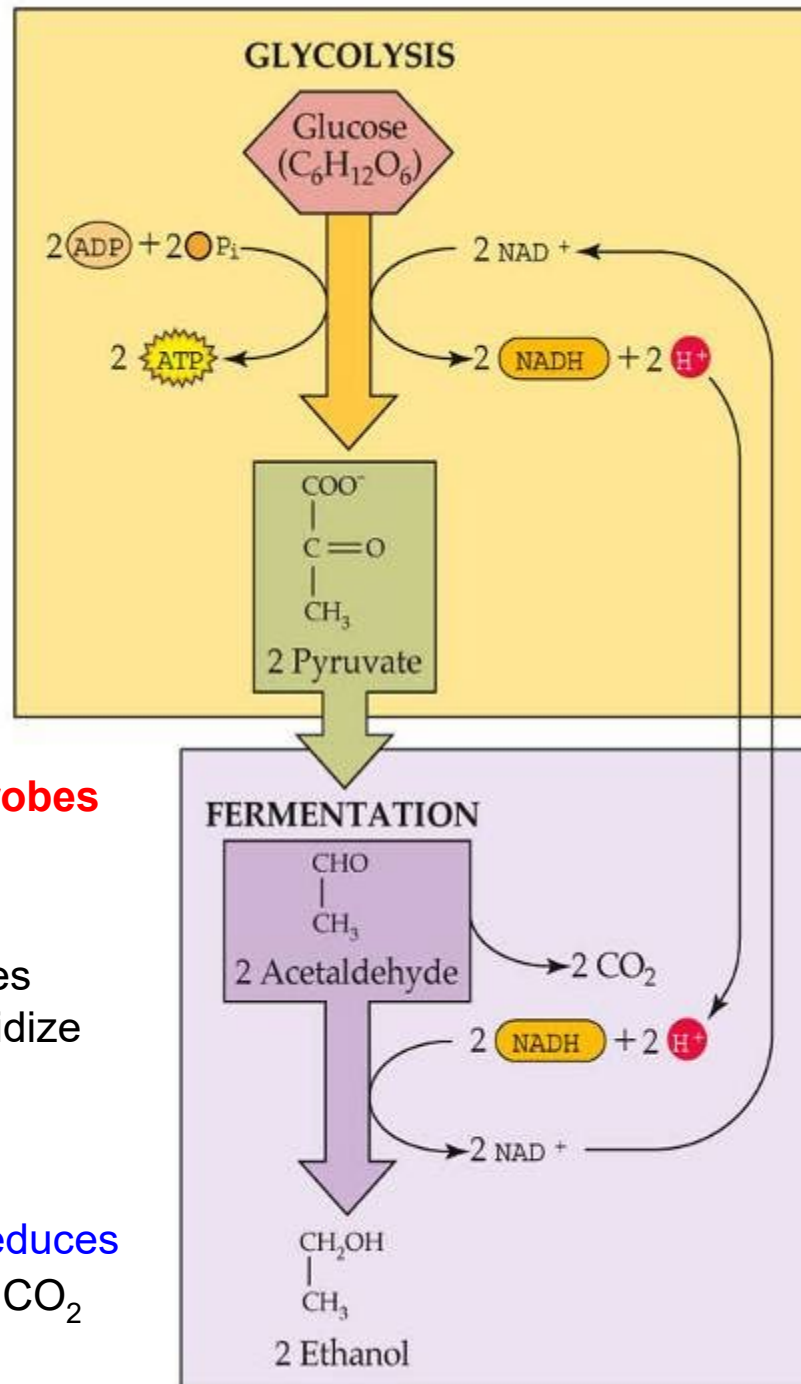
Aktivace a přenos vodíku

nikotinamidadeninukleotid (NAD⁺)

- součást enzymů
- aktivuje vodíky a přenáší je

nikotinamidadeninukleotidfosfát (NADP⁺)

- transportuje aktivovaný (energeticky využitelný) vodík z katabolických do anabolických drah ⇒ redukční činidlo a zdroj vodíku



Fermentation: How anaerobes get their NAD^+ back

Without the ETC (Electron Transport Chain), anaerobes must have some way to oxidize their NADH back to NAD^+ . (Why?)

It's pretty simple: NADH reduces pyruvate \rightarrow either $\text{EtOH} + \text{CO}_2$ or lactate

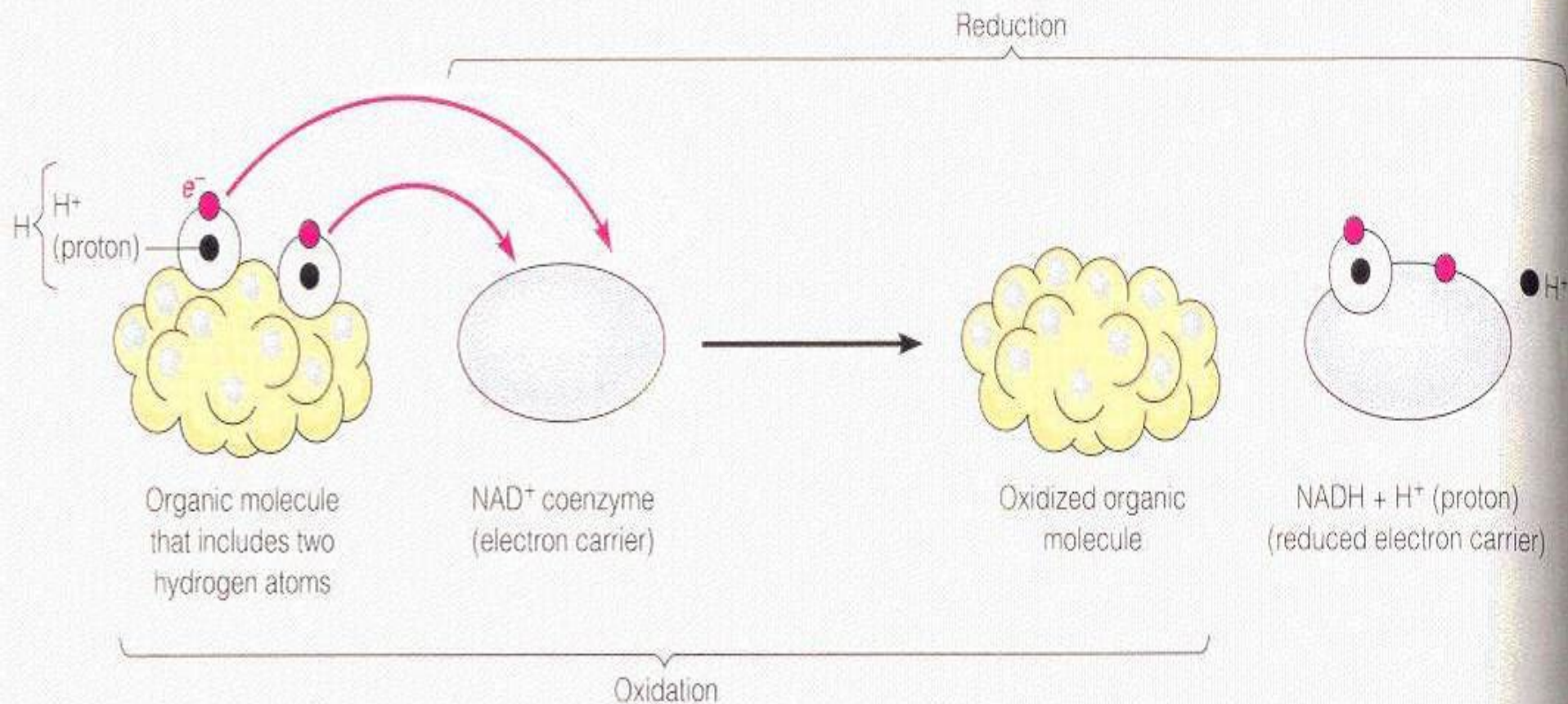
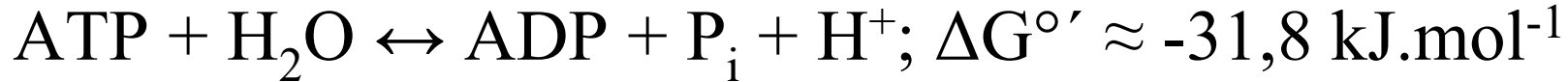


FIGURE 5.9 Representative biological oxidation. Two electrons and two protons (altogether equivalent to two hydrogen atoms) are transferred from an organic substrate molecule to a coenzyme, NAD⁺. NAD⁺ actually receives one hydrogen atom and one electron, and one proton is released into the medium. NAD⁺ is reduced to NADH, which is a more energy-rich molecule.

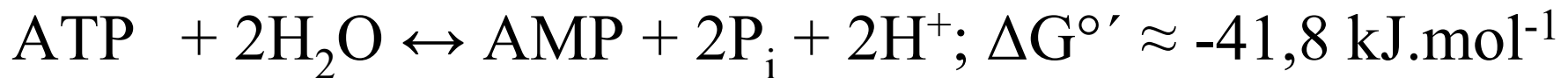
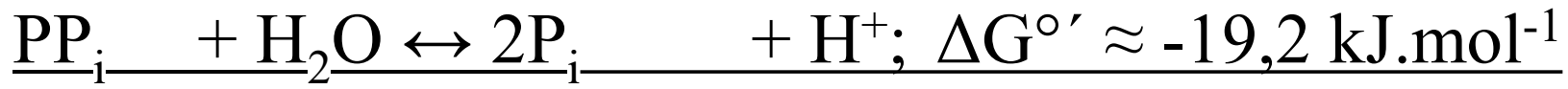
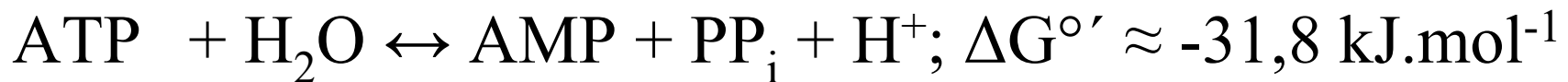
- Organisms use oxidation-reduction reactions in catabolism to extract energy from nutrient molecules, such as glucose.

Přenašeče chemické energie

- též makroergické sloučeniny
- energie uvolněná při rozpadu = energie původní molekuly – energie produktů
- nejrozšířenější adenosintrifosfát (ATP):

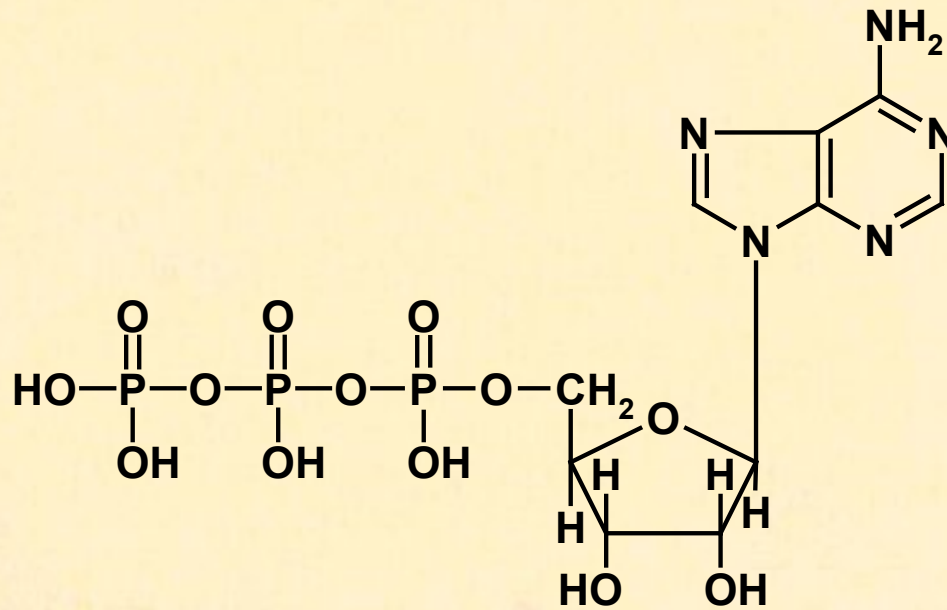


nebo

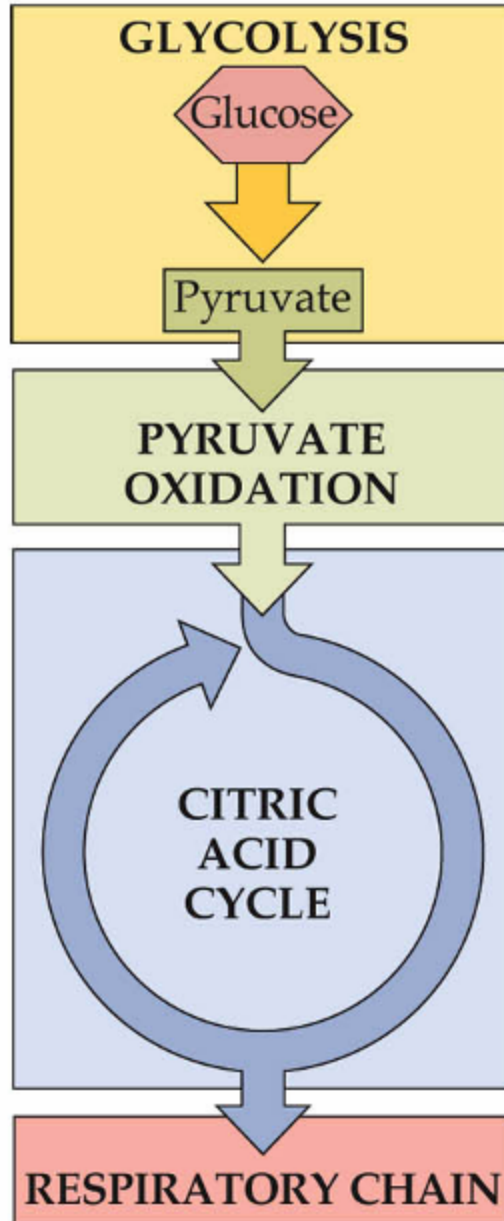


ATP \Rightarrow pohotovostní zásoba k okamžitému použití

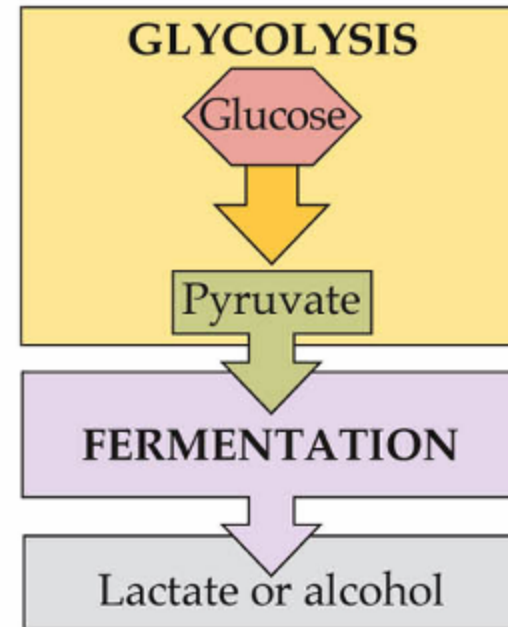
ATP



(a) Glycolysis and cellular respiration



(b) Glycolysis and fermentation



Depending on whether or not oxygen is present, there are two metabolic pathways (sets of reactions) that cells use:

- O_2 present: glycolysis + citric acid cycle + ETC
- O_2 absent: glycolysis + fermentation

EMBDEN, MAYERHOFF, PARNAS - EMP DRÁHA

GLUKOZA



GLUKOZO · 6 · P



FRUKTOZO · 6 · P



- FRUKTOZO 1,6 DI P



GLYCERALDEHYD 3 P \rightleftharpoons DIHYDROXIACETON P



1,3 DI P GLYCEROVÁ KYSELINA



- 3 P GLYCEROVÁ KYSELINA



2 P GLYCEROVÁ KYSELINA

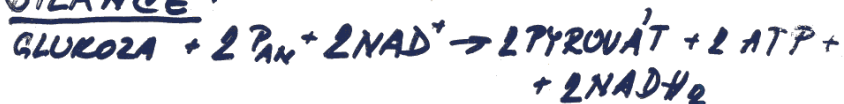


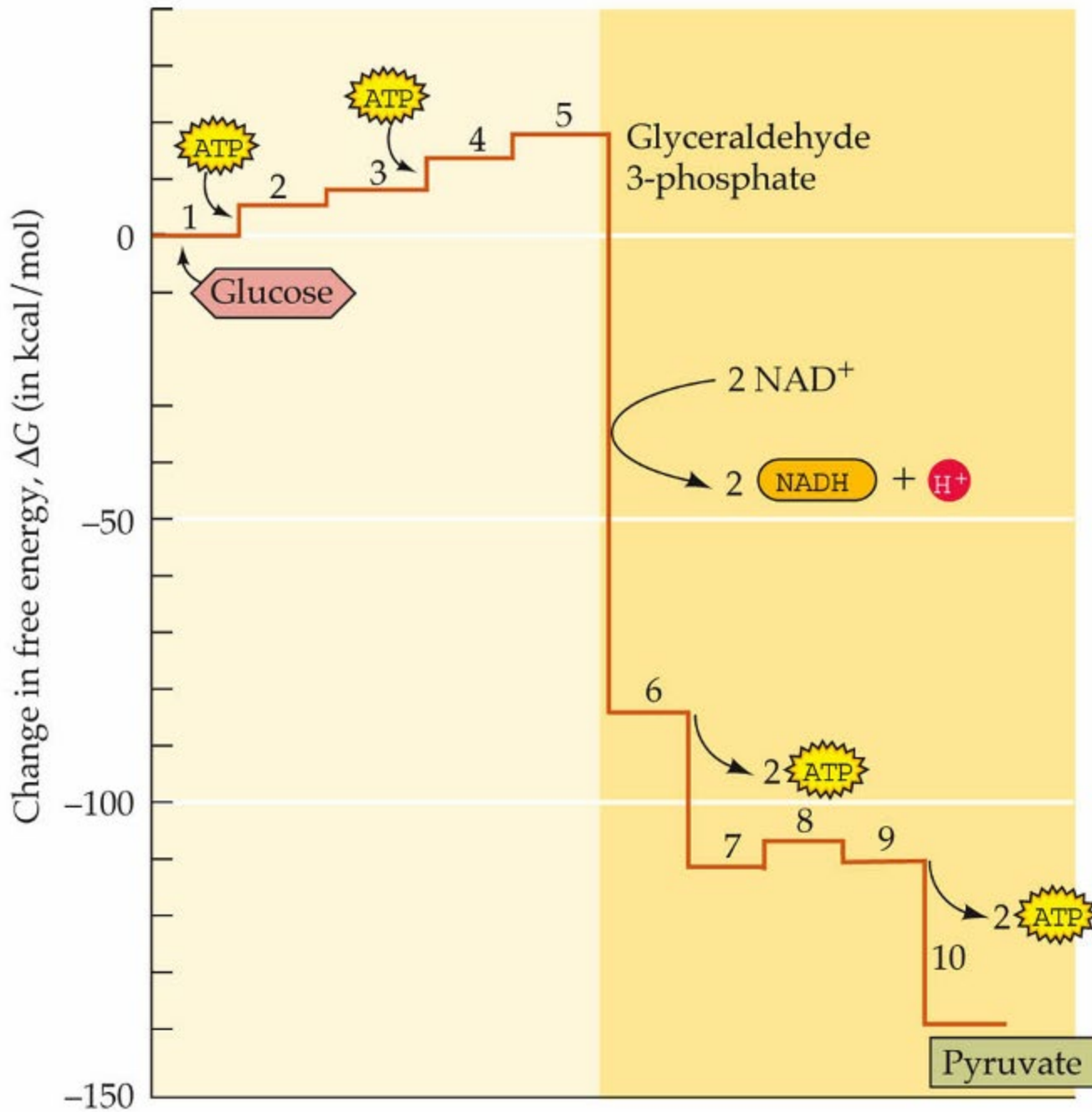
FOŠFOENOLPYROHROZNOVÁ KYSELINA



KYS. PYROHROZNOVÁ

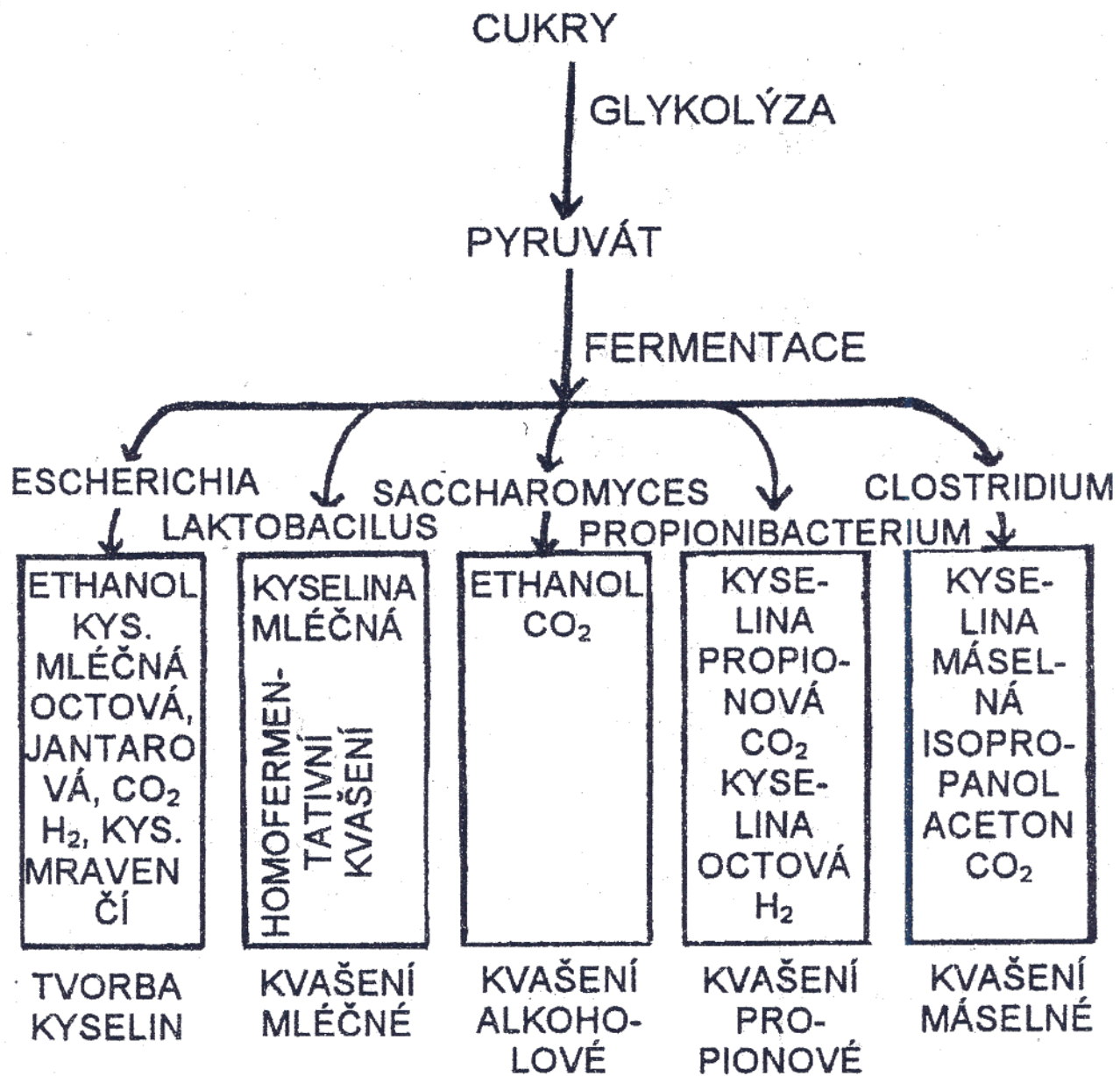
BILANCE:





Everything begins with **glycolysis**, a set of 10 enzyme-catalyzed reactions.

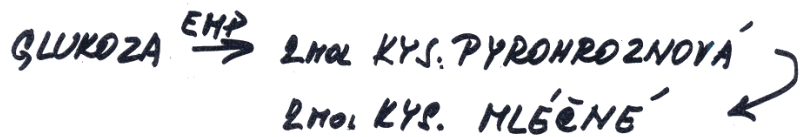
For each glucose:
 2 Pyruvate
 2 $\text{NADH} + 2 \text{H}^+$
 2 ATP are produced.



Konečné produkty některých druhů kvašení

MLÉČNÉ KVAŠENÍ

HOMOFERMENTATIVNÍ - KYS. MLÉČNÁ



HETEROFERMENTATIVNÍ - KYS. MLÉČNÁ,
OCTOVÁ, MRAVENČÍ, ETANOL, H_2 , CO_2

OJVOZENO O PENTOZO FOSFÁTOVÉ DRÁHY
PROBÍHÁ PO FOSFOKETOLÁZOVÉ DRÁZE

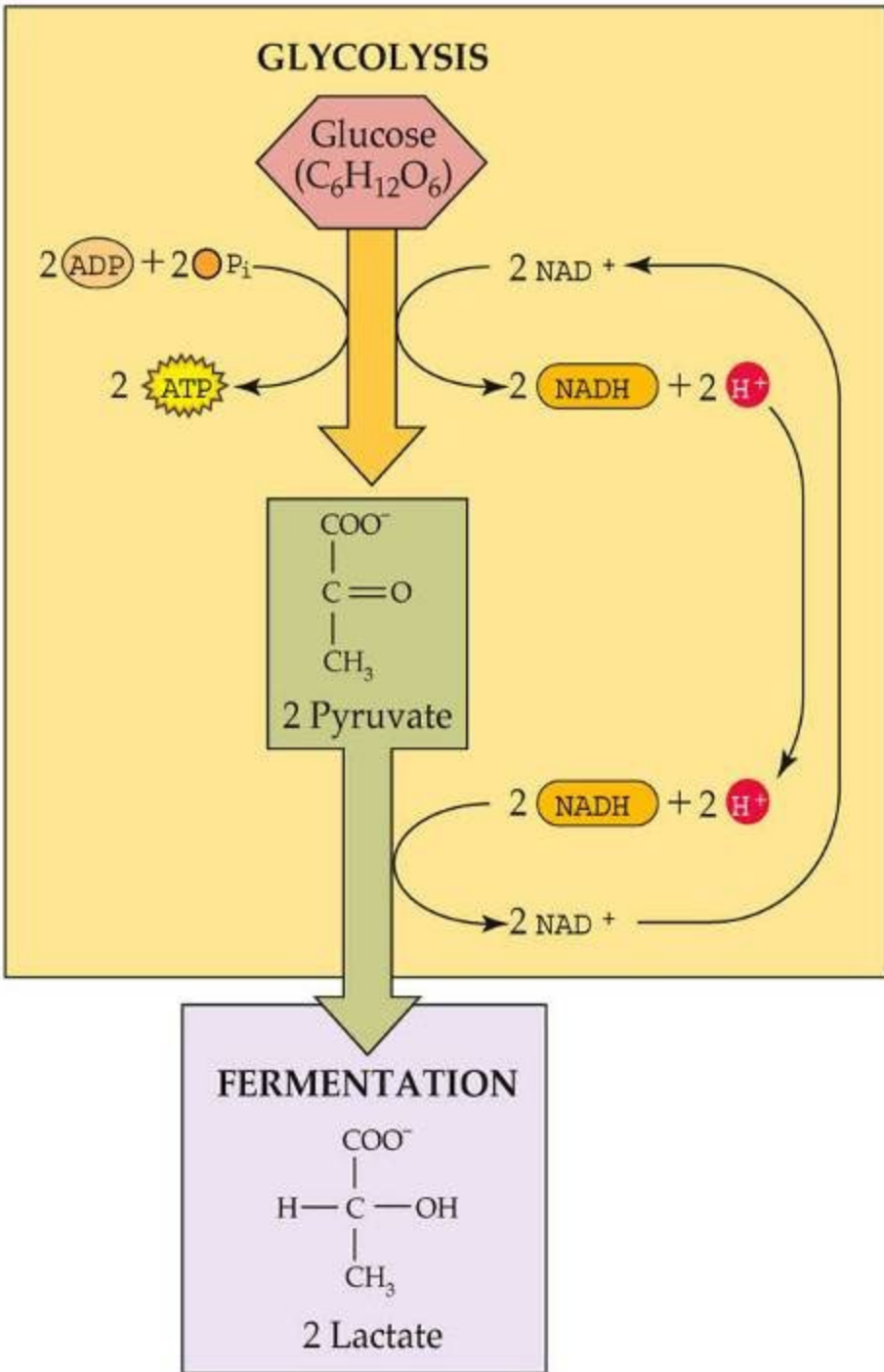
HOMOFERMENTATIVNÍ:

LACTOBACILLUS	BULGARICUS
"	LACTIS
"	ACIDOPHILUS
"	HELVETICUS
"	PLANTARUM
"	CASEI
"	DELBRÜECKII
LACTOCOCCUS	LACTIS

HETEROFERMENTATIVNÍ:

LACTOBACILLUS	FERMENTUM
	BREVIS
	BÜCHNERI
	VIRIDESCENS

G+, NESPORULUJÍCÍ, ANAEROBNÍ NEBO
FAKULTATIVNĚ ANAEROBNÍ, NÁRODNĚ NA RŮST.
LATKY





PROPIONOVÉ KVAŠENÍ

NAVAZUJE NA EMP DRAHU

NA PROPIONIBACTERIUM G+, TYČINKY N. VLÁKNA
CLOSTRIDIUM PROPIONICUM

VÝROBA KYS. PROPIONOVÉ - SILNĚ PROTIPLIŠNĚ
A ZRÁNÍ SÝRŮ ÚČINNĚ

MÁSELNÉ KVAŠENÍ

NAVAZUJE NA EMP DRAHU

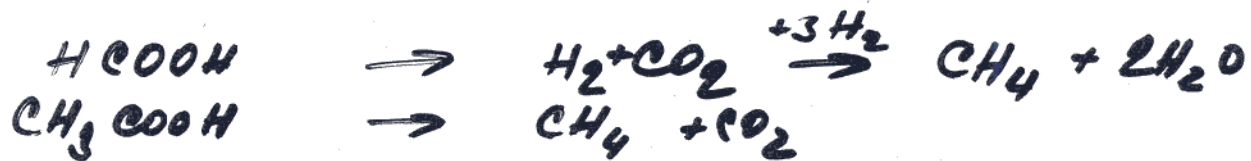
TVOŘÍ SE : KYS. MÁSELNÁ, OCTOVÁ,
MLEČNÁ, ALKOHOLY,
ACETON, PLYNY - H₂, CO₂

NA CLOSTRIDIUM (CL. PASTEURIANUM
FIXACE N₂)

BACTEROIDES
FUSOBACTERIUM
BUTYRIVIBRIO

VÝROBA KYS. MÁSELNÉ
ORGANICKÝCH ROZPOUŠTĚDEL
(BUTANOL, ACETON..)

METANOVÉ KVAŠENÍ



rod METANOBACTERIUM
METANOSARREINA
METANOCOCCUS

ČISTIŘNÝ ODT. VOD \rightarrow BIOPLYN
(65-70% CH_4 +
30-35% CO_2)



DÝCHÁNÍ x KVAŠENÍ

AKCEPTOR VODÍKU

O_2	ORGANICKÉ LÁTKY
vzdušný – aer.	
vázaný - anaer.	

ZISK ENERGIE

VYŠŠÍ	NIŽŠÍ
1 mol glukózy 38 mol ATP	1/20

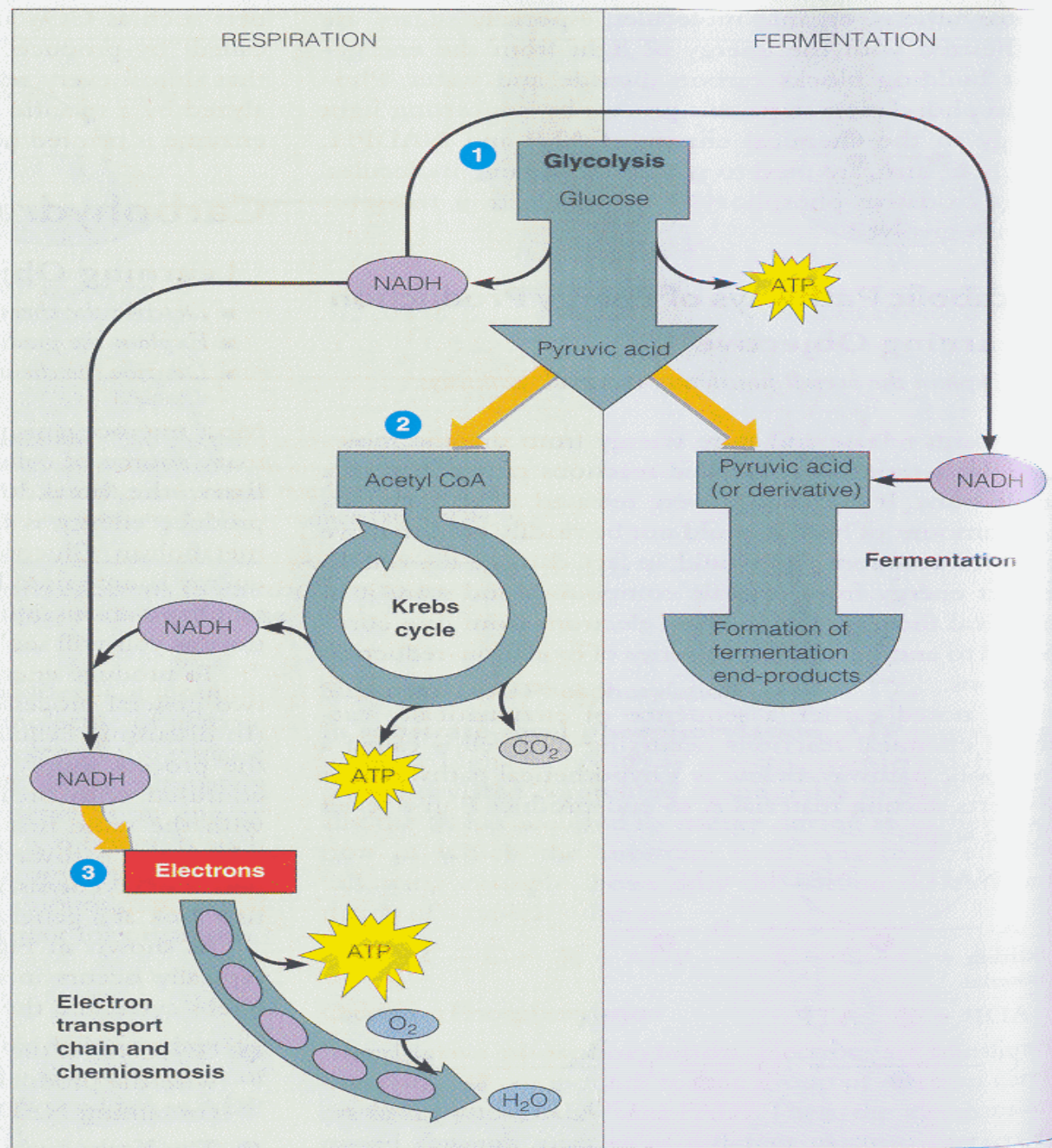
KONEČNÝ PRODUKT

$CO_2 + H_2O$	ORGANICKÉ KYS. + $CO_2 \dots$
---------------	----------------------------------

FIGURE 5.10 An overview of respiration and fermentation.

1 Glycolysis produces ATP and reduces NAD^+ to NADH while oxidizing glucose to pyruvic acid. In respiration, the pyruvic acid is converted into the first reactant in **2** the Krebs cycle, which produces ATP and reduces NAD^+ (and another electron carrier called FADH_2) while giving off CO_2 . The NADH from both processes carries electrons to **3** the electron transport chain, in which their energy is used to produce a great deal of ATP. In fermentation, the pyruvic acid and the electrons carried by NADH from glycolysis are incorporated into fermentation end-products. A small version of this figure will be included in figures throughout the chapter to indicate the relationships of different reactions to the overall processes.

■ What is the basic difference between respiration and fermentation?





AEROBNÍ RESPIRACE

PŘENOS ELEKTRONŮ V DÝCH. ŽETĚŽCI:

FLAVOPROTEINY - ENZYMY OBSAHUJÍCÍ
RIBOFLAVIN V MOLEKULE
(B2)

CYTOCHROMY - ENZYMY OBS.
chelaticky vázané
ŽELEZO

CHINONY - NEBÍLKOVINNÉ
PŘEKAČEČE E,
MEZI FLAV. A CYTOM.

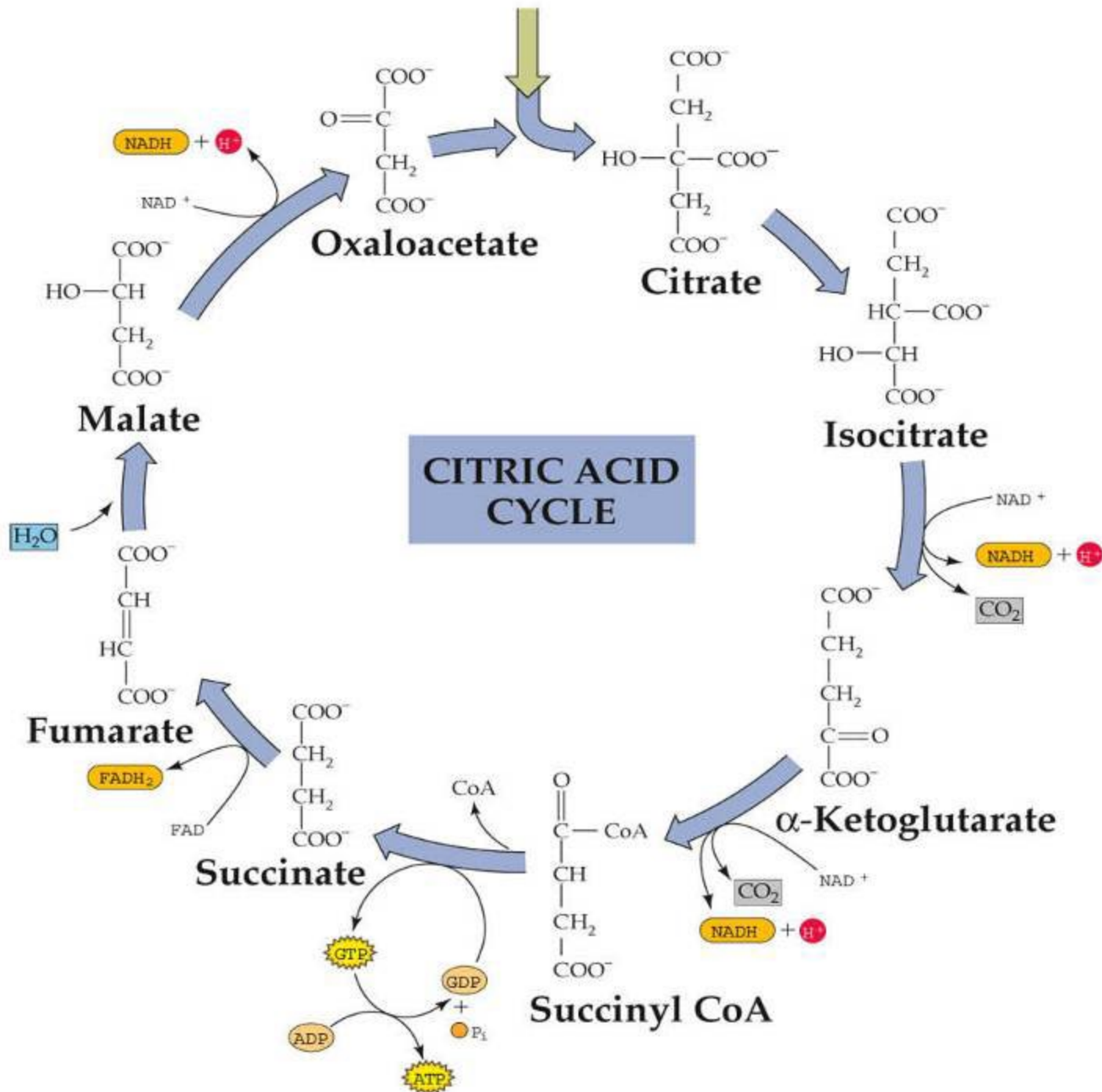
ÚPLNÁ OXIDACE ORG. SUBSTRÁTU
NA CO_2 a H_2O

KREBSŮV CYKLUS - CYKLUS KYS.
CITRONOVÉ

VÝŽIVA: STAVEBNÍ JEDNOTKY
ZISK ENERGIE

Respirace

- zdroj naprosté většiny energie
- využití energie reakce kyslíku s vodíkem
- U eukaryot probíhá v mitochondriích
- dva procesy:
 - respirační řetězec – elektrony z vodíků přeneseny systémem oxidoreduktas na kyslík \Rightarrow uvolní se energie
 - oxidační fosforylace – cca 45 % energie převedeno do ATP, zbytek \Rightarrow teplo

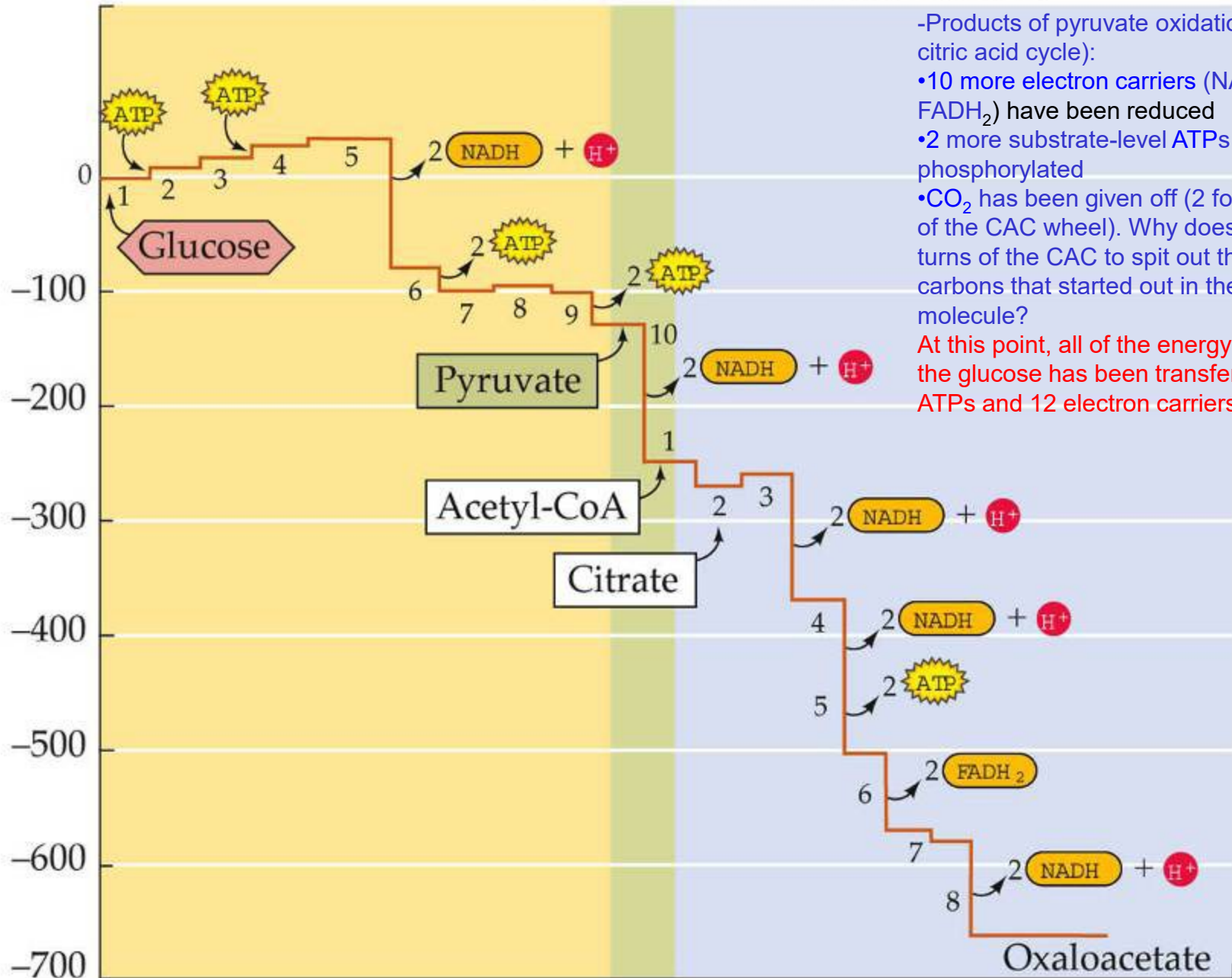


GLYCOLYSIS

PYRUVATE OXIDATION

CITRIC ACID CYCLE

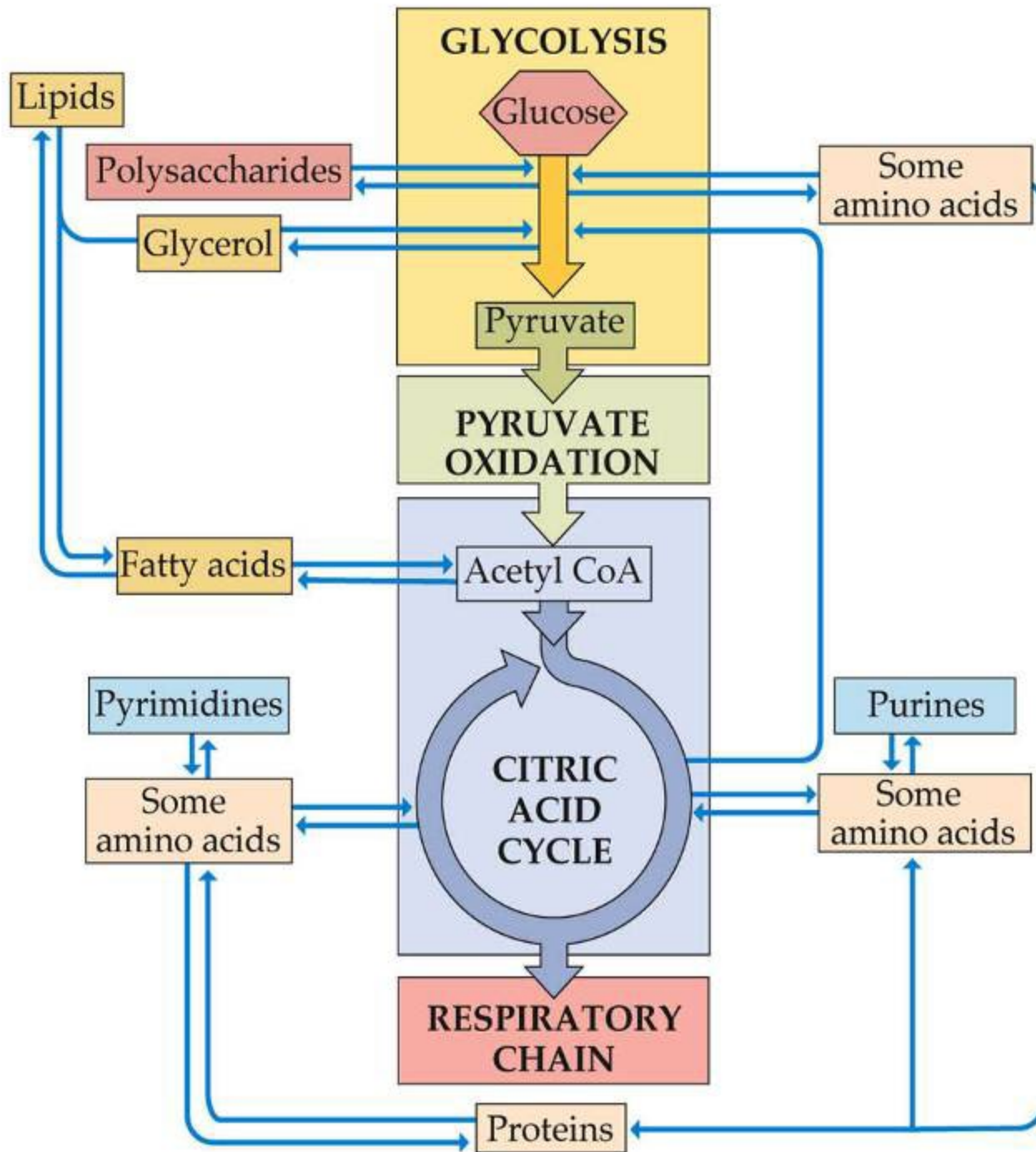
Change in free energy, ΔG (in kcal/mol)



-Products of pyruvate oxidation (including citric acid cycle):

- 10 more electron carriers (NADH and FADH₂) have been reduced
- 2 more substrate-level ATPs have been phosphorylated
- CO₂ has been given off (2 for each turn of the CAC wheel). Why does it take 3 turns of the CAC to spit out the 6 carbons that started out in the glucose molecule?

At this point, all of the energy that was in the glucose has been transferred to 4 ATPs and 12 electron carriers.

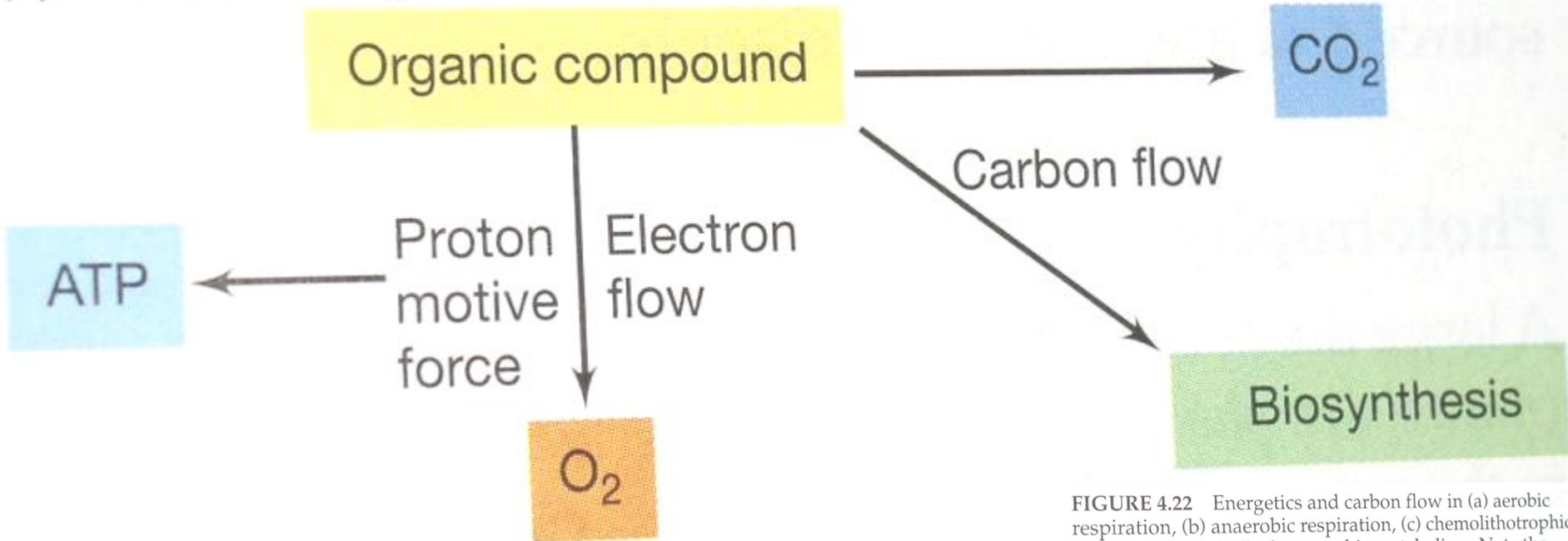




Biosyntéza sacharidů

- tzv. **glukoneogeneze**
- výchozí prvky C3 a C4 (pyruvát, laktát, glycerol, některé aminokyseliny)
- částečně jako obrácená glykolýza; u 3 reakcí zvrát příliš energeticky náročný \Rightarrow jiný mechanismus
- spotřeba 12ATP na 1 glukosu ze 2 pyruvátů

(a) Aerobic respiration



(b) Anaerobic respiration

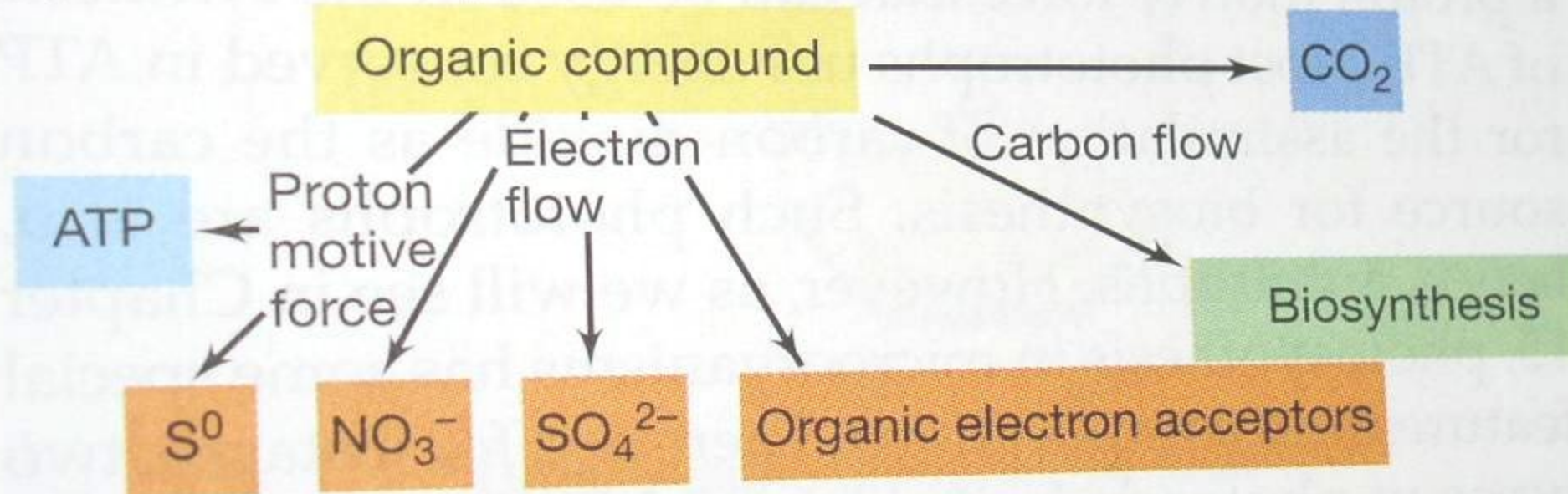
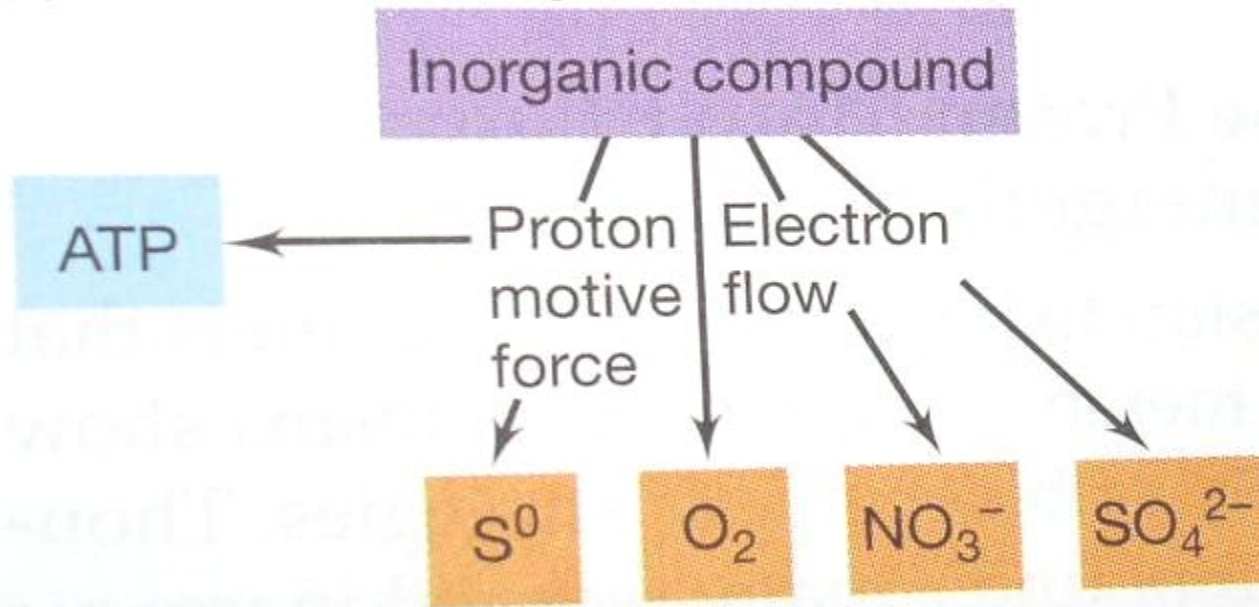


FIGURE 4.22 Energetics and carbon flow in (a) aerobic respiration, (b) anaerobic respiration, (c) chemolithotrophic metabolism, and (d) phototrophic metabolism. Note the importance of electron transport leading to proton motive force formation in each case.

(c) Chemolithotrophic metabolism



(d) Phototrophic metabolism

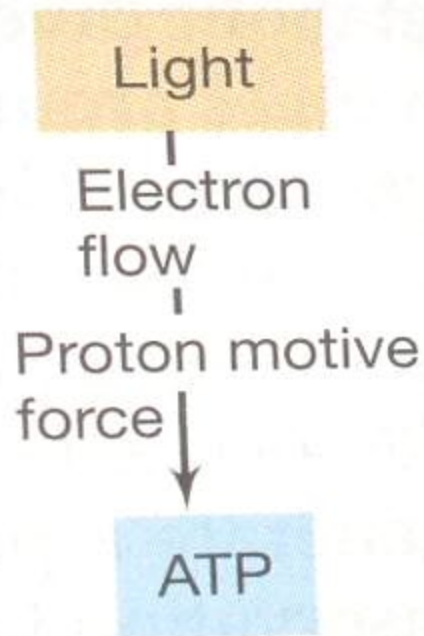
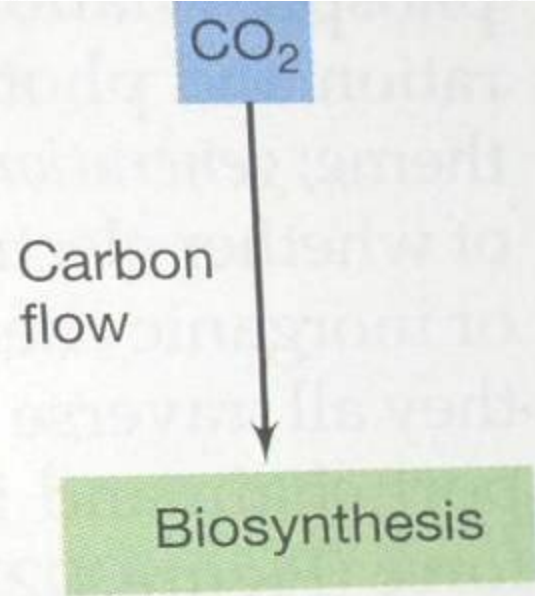
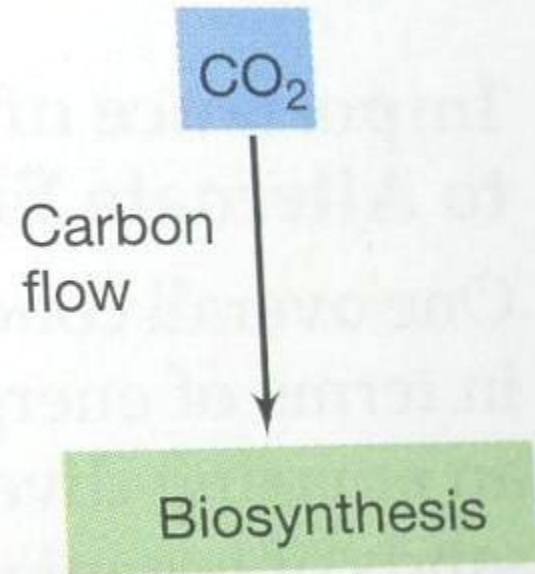


FIGURE 4.22 Energetics and carbon flow in (a) aerobic respiration, (b) anaerobic respiration, (c) chemolithotrophic metabolism, and (d) phototrophic metabolism. Note the importance of electron transport leading to proton motive force formation in each case.



Růst a množení bakterií

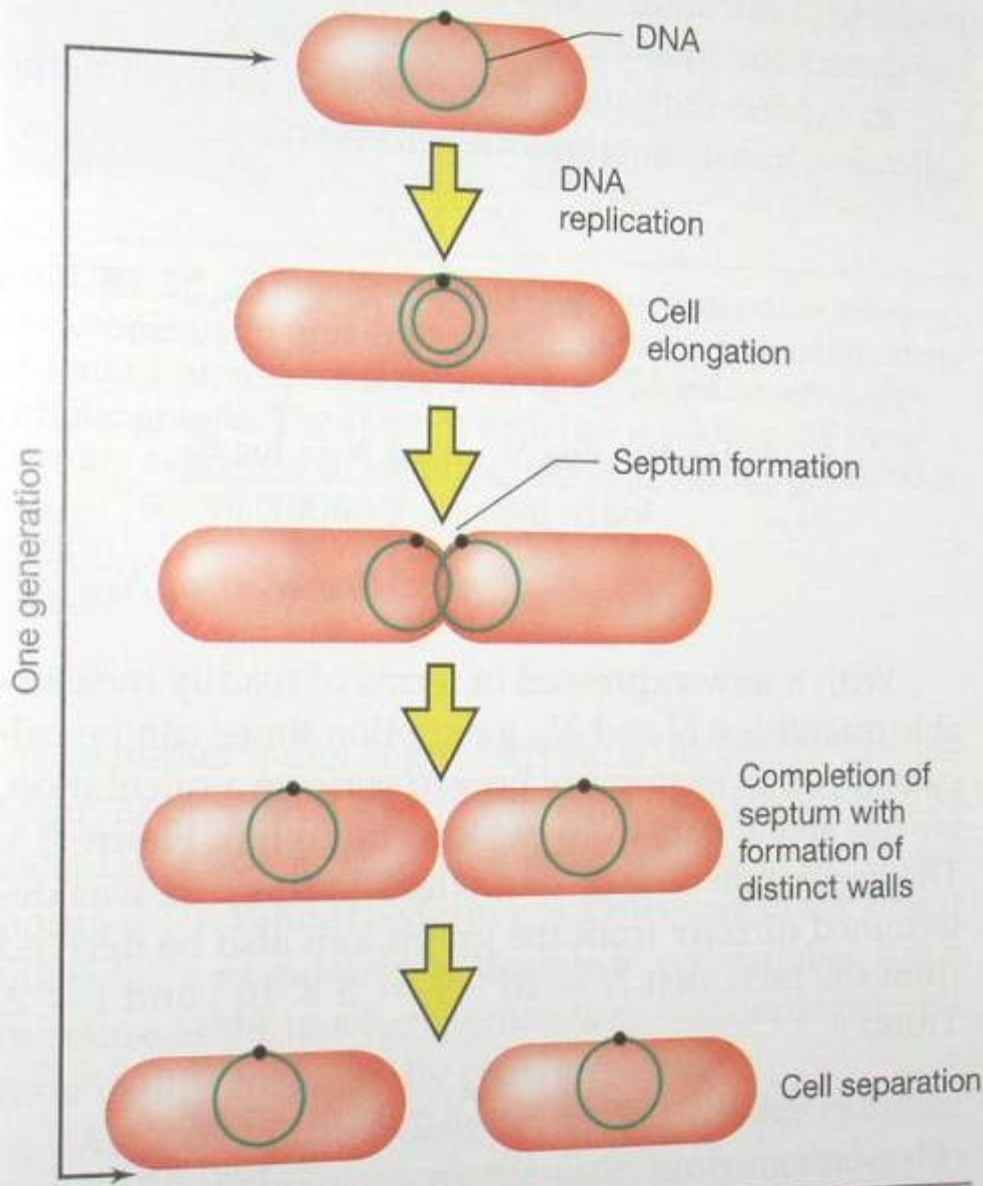


FIGURE 5.1 The process of binary fission in a rod-shaped prokaryote. For simplicity, the nucleoid is depicted as a single circle in green.

Time
(hr)

Total number
of cells

0	1
0.5	2
1	4
1.5	8
2	16
2.5	32
3	64
3.5	128
4	256
4.5	512
5	1,024
5.5	2,048
6	4,096
.	.
.	.
(a) 10	1,048,576

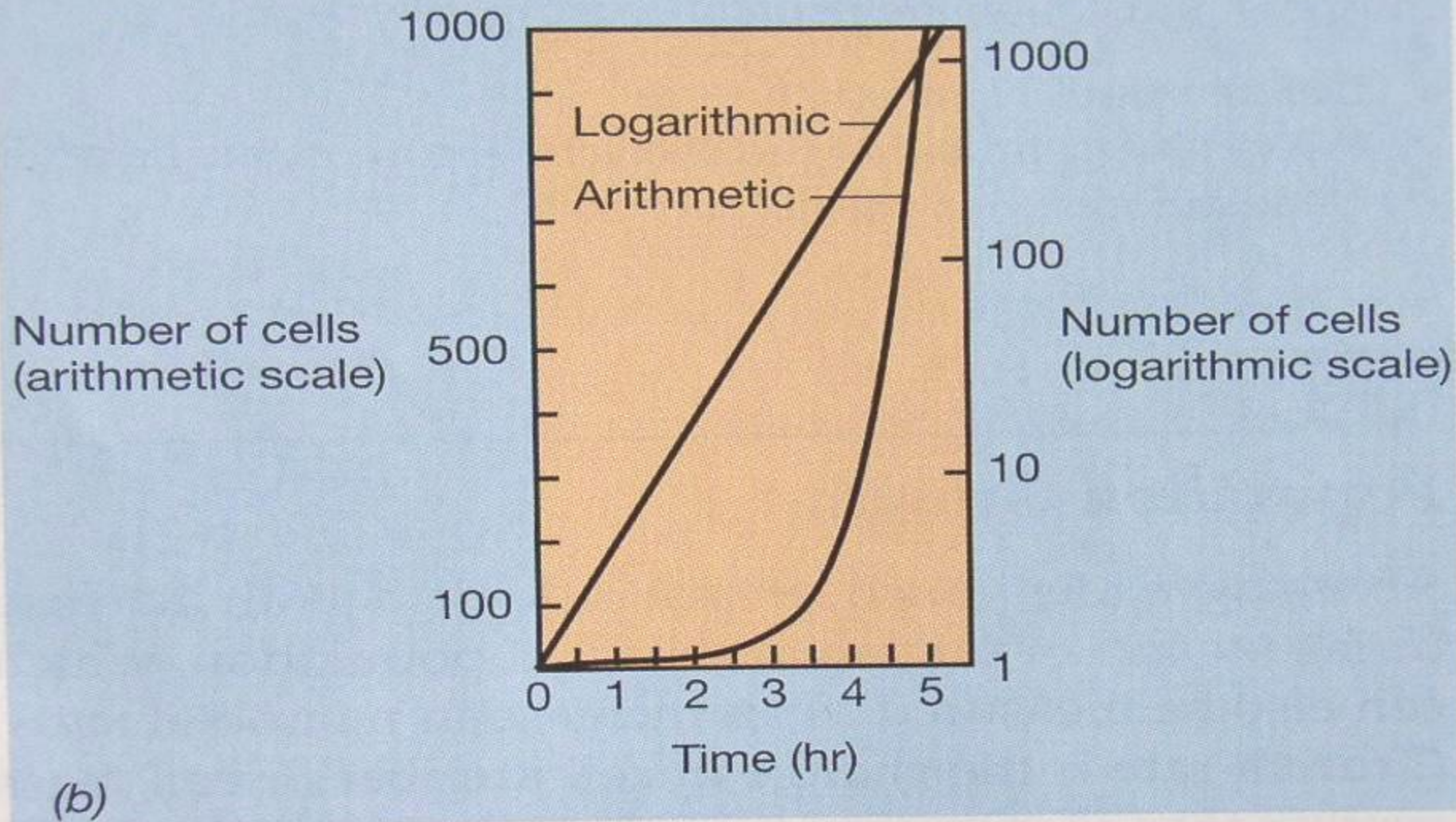
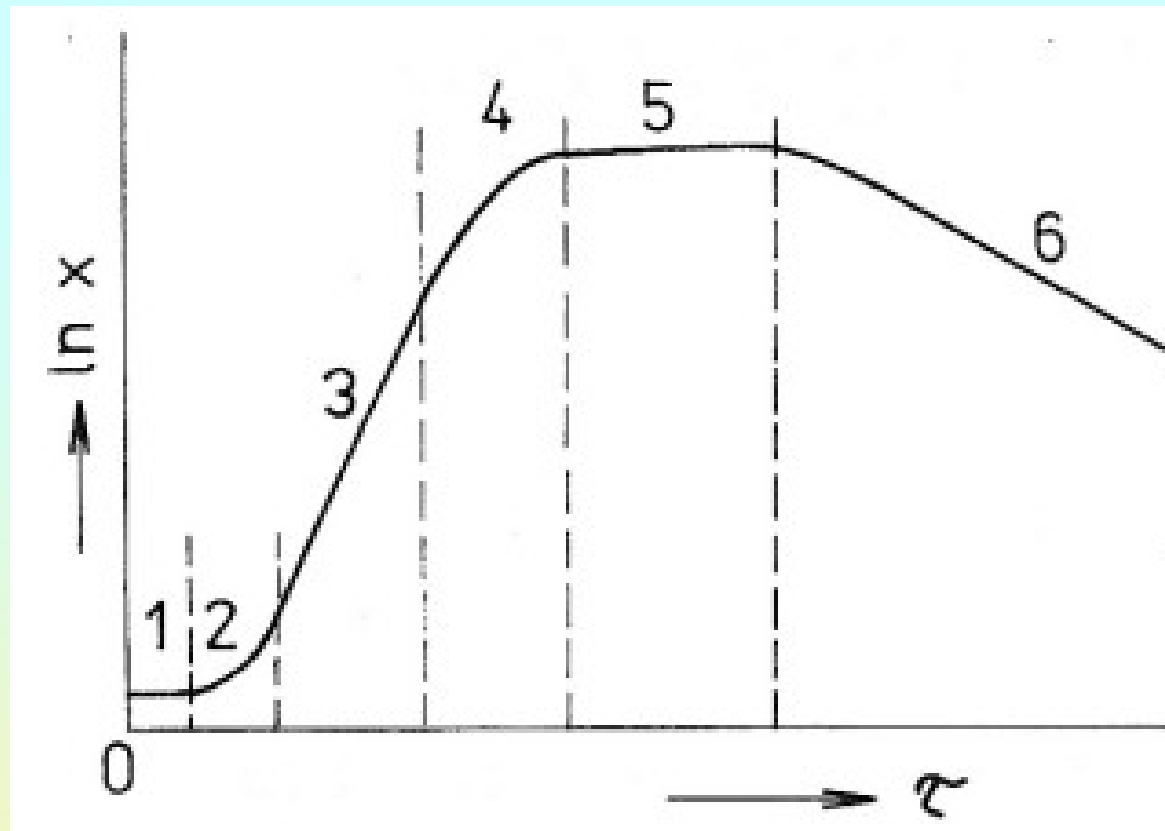


FIGURE 5.2 The rate of growth of a microbial culture. (a) Data for a population that doubles every 30 min. (b) Data plotted on an arithmetic (left ordinate) and a logarithmic (right ordinate) scale.



Růstová křivka čisté kultury mikroorganismů:

1) lag-fáze, 2) fáze zrychlujícího se růstu, 3) exponenciální fáze, 4) fáze zpomalujícího se růstu, 5) stacionární fáze, 6) fáze postupného odumírání buněk.

LAG-FÁZE: Počáteční fáze, buněk zatím nepřibývá. Buňky se nerozmnožují, ale zvětšují svůj objem a aktivuje se jejich enzymový systém. Délka lag-fáze závisí na druhu mikroorganismu, fyziologickém stavu buněk, velikosti inokula (k ní je nepřímo úměrná) a na složení růstového prostředí. U *E. coli* 30 – 180 min.

FÁZE ZRYCHLUJÍCÍHO SE RŮSTU: Přejídná fáze, kde se buňky začínají množít zvyšující se rychlostí a zkracující se generační dobou. Buněčná populace v této fázi přechází do fáze exponenciální.

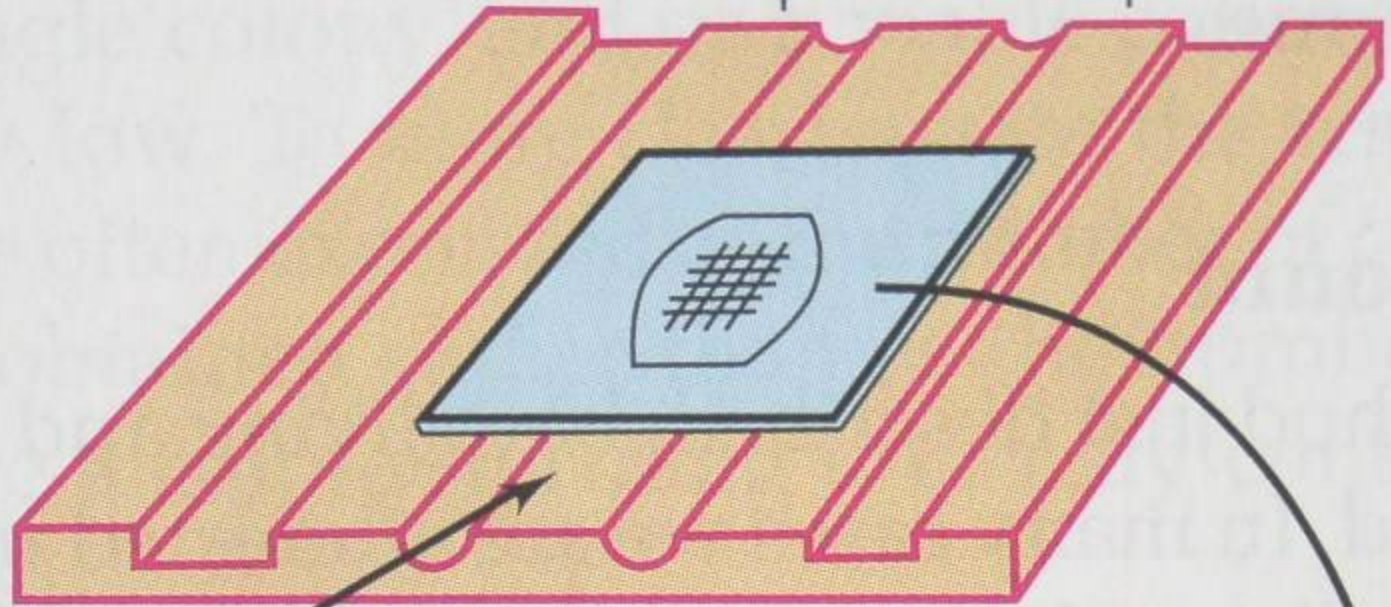
EXPONENCIÁLNÍ FÁZE: Je fáze intenzivního a pravidelného růstu. Buňky zde mají nejkratší generační dobu, která je po celou dobu exponenciální fáze konstantní. Počet buněk roste exponenciálně s časem. Tato fáze se také označuje jako

LOGARITMICKÁ, vzhledem k lineární závislosti mezi logaritmem počtu buněk a dobou růstu. **FÁZE ZPOMALUJÍCÍHO SE RŮSTU:** Nastává po exponenciální fázi růstu. Rychlost rozmnožování postupně klesá až k rovnovážnému stavu s odumíráním buněk.

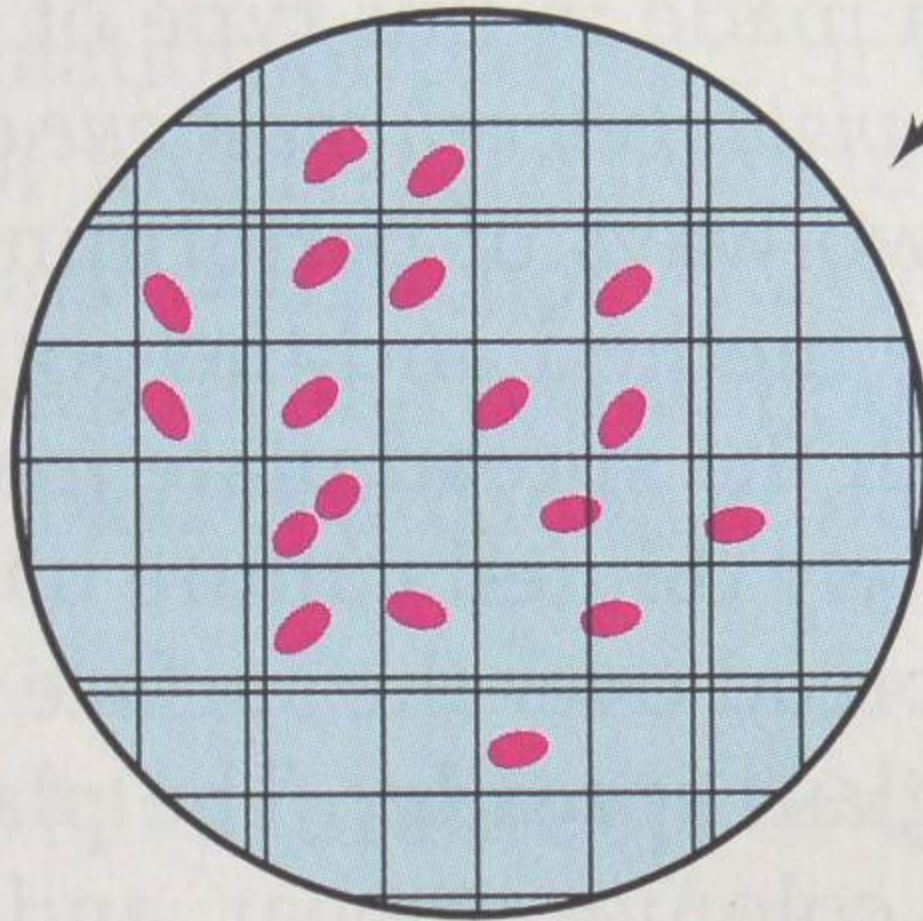
STACIONÁRNÍ FÁZE: Při vyčerpání některé živiny nebo při vzrůstu koncentrace toxického metabolitu nad určitou hranici dojde k zastavení růstu buněčné populace. V této fázi buňky nepřibývají, ale ani neubývají. Počet odumírajících buněk je kompenzován jejich pomalým rozmnožováním.

FÁZE POSTUPNÉHO ODUMÍRÁNÍ: Buňky se vůbec nerozmnožují, hynou a jejich koncentrace v čase klesá. U různých mikroorganismů může trvat dny, týdny, měsíce.

Ridges that support coverslip



Sample added here; care must be taken not to allow overflow; space between coverslip and slide is 0.02 mm ($\frac{1}{50}$ mm). Whole grid has 25 large squares, a total area of 1 mm² and a total volume of 0.02 mm³.



Microscopic observation; all cells are counted in large square: 12 cells (in practice, several squares are counted and the numbers averaged.)

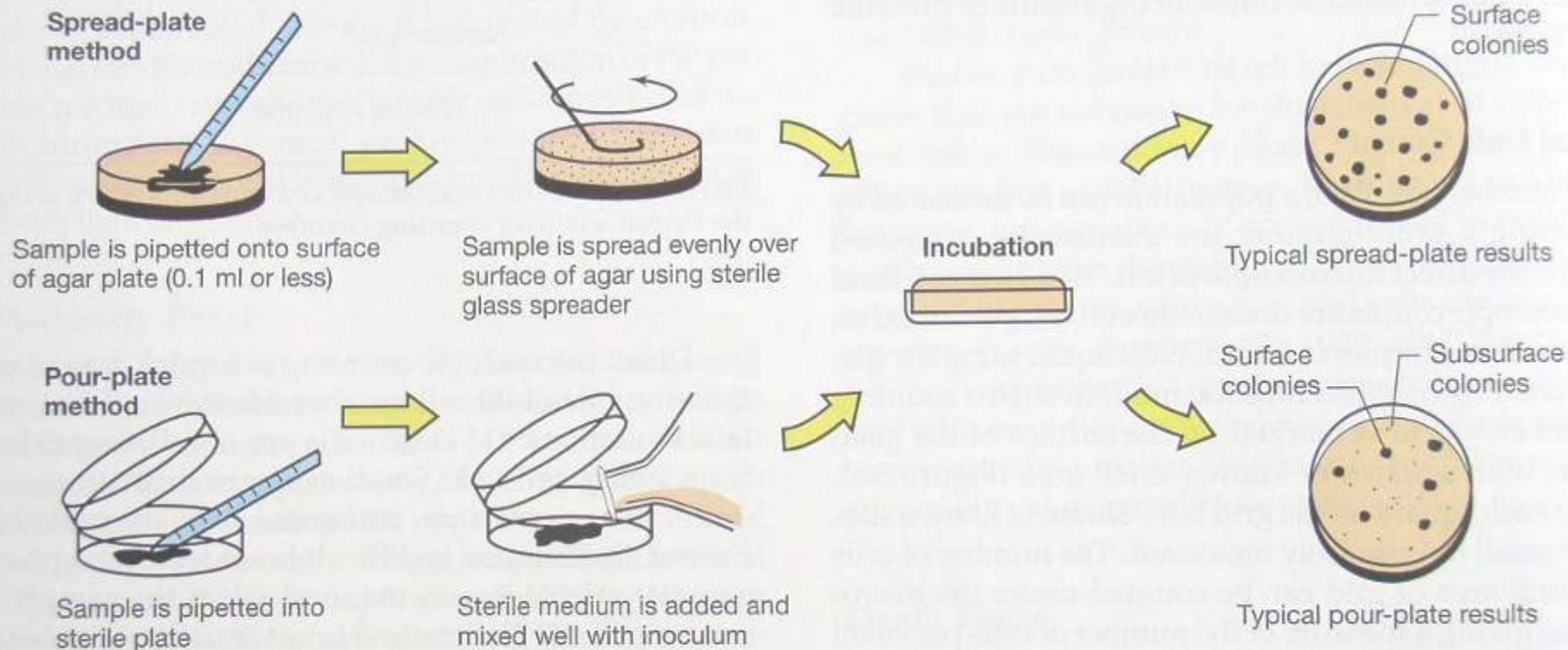
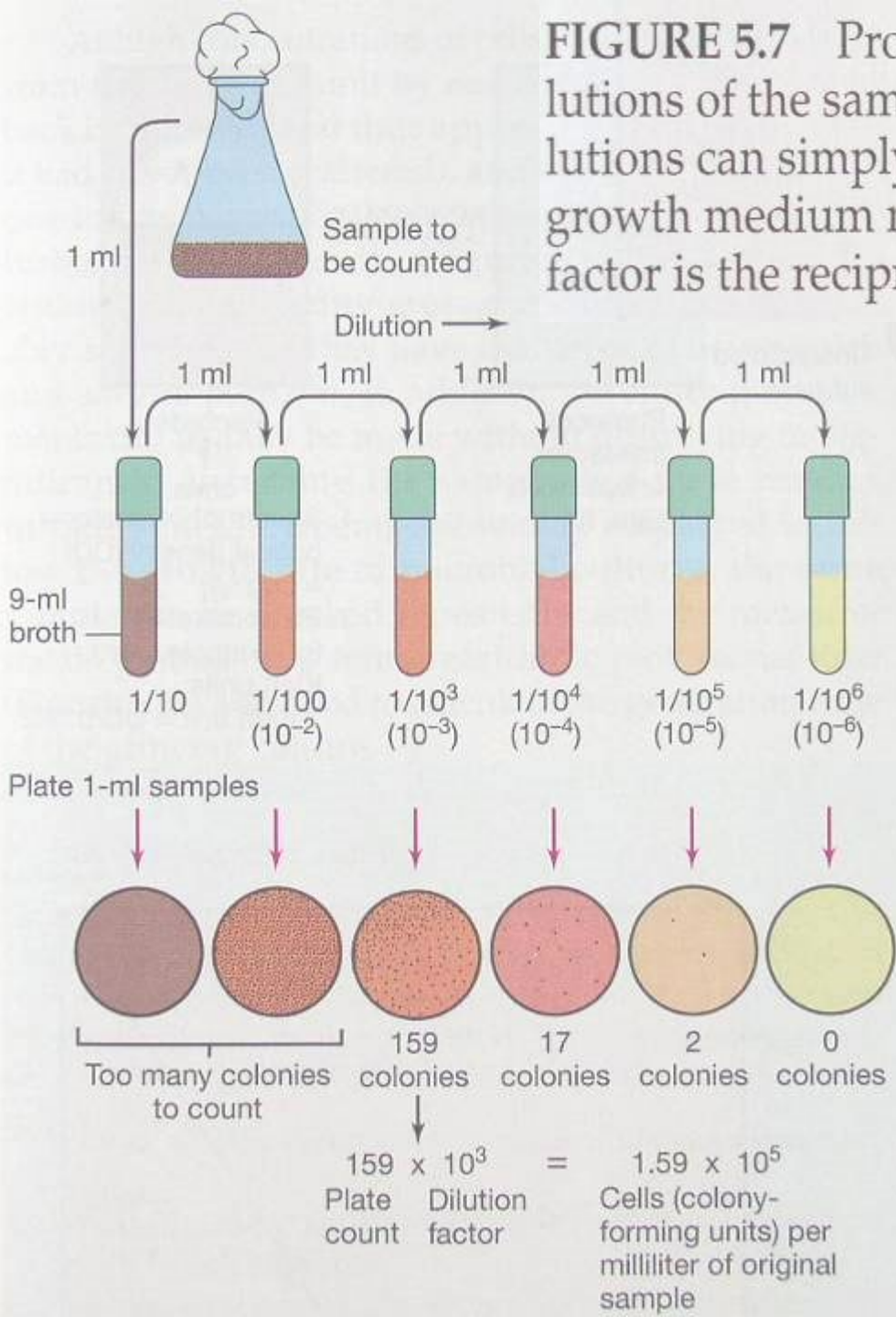
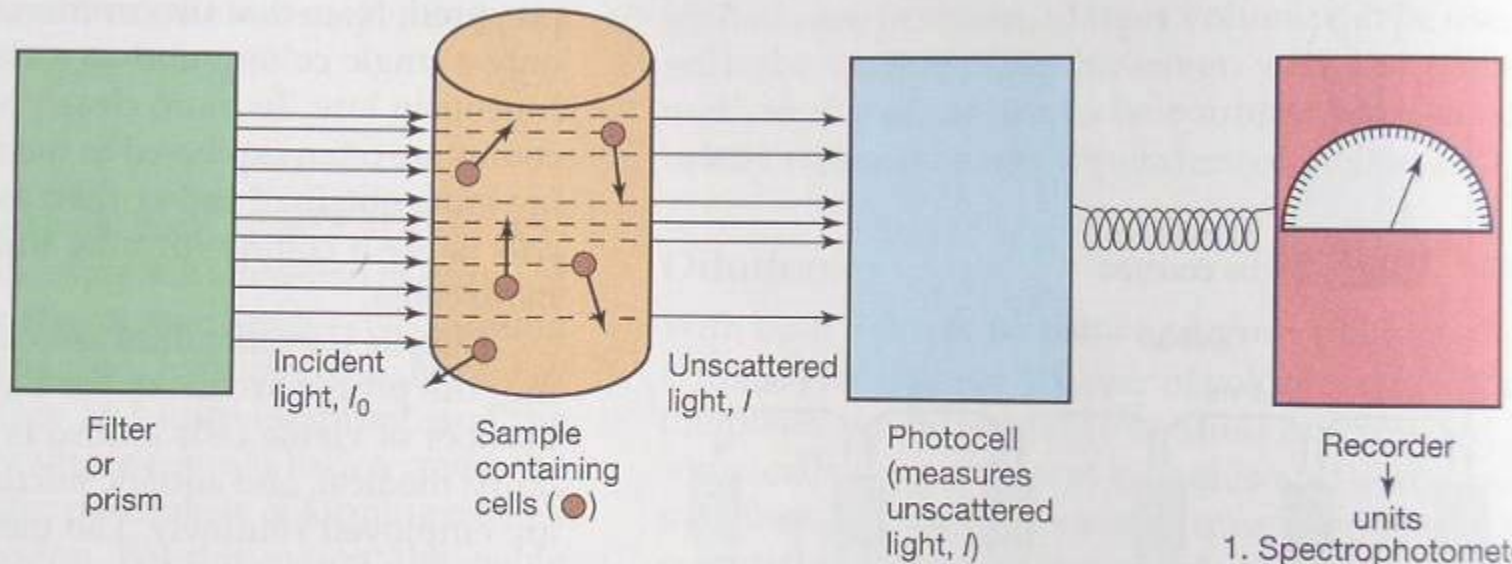


FIGURE 5.6 Two methods of performing a viable count (plate count). In either case the sample must usually be diluted before plating.

FIGURE 5.7 Procedure for viable counting using serial dilutions of the sample. The sterile liquid used for making dilutions can simply be water, but a balanced salt solution or growth medium may yield a higher recovery. The dilution factor is the reciprocal of the dilution.





units

1. Spectrophotometer—
optical density (OD)
 $= \text{Log } I_0/I$
2. Photometer—
for example, Klett,
Klett units;
1 Klett unit = $\text{OD}/0.002$

Princip turbidimetrie

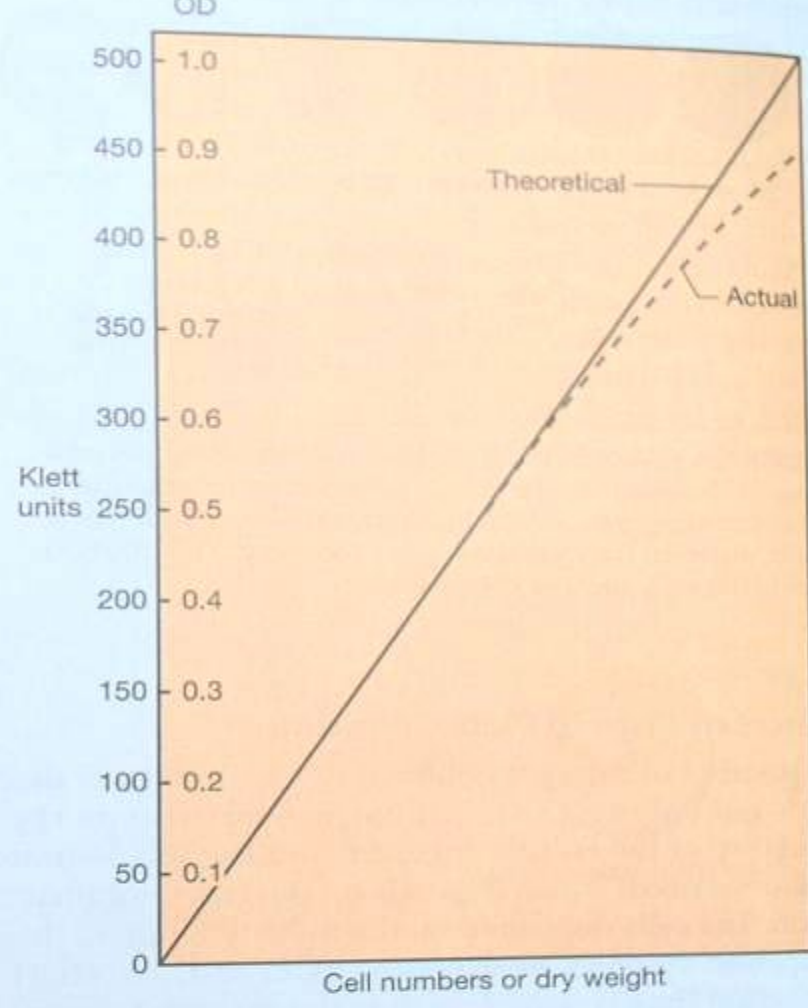
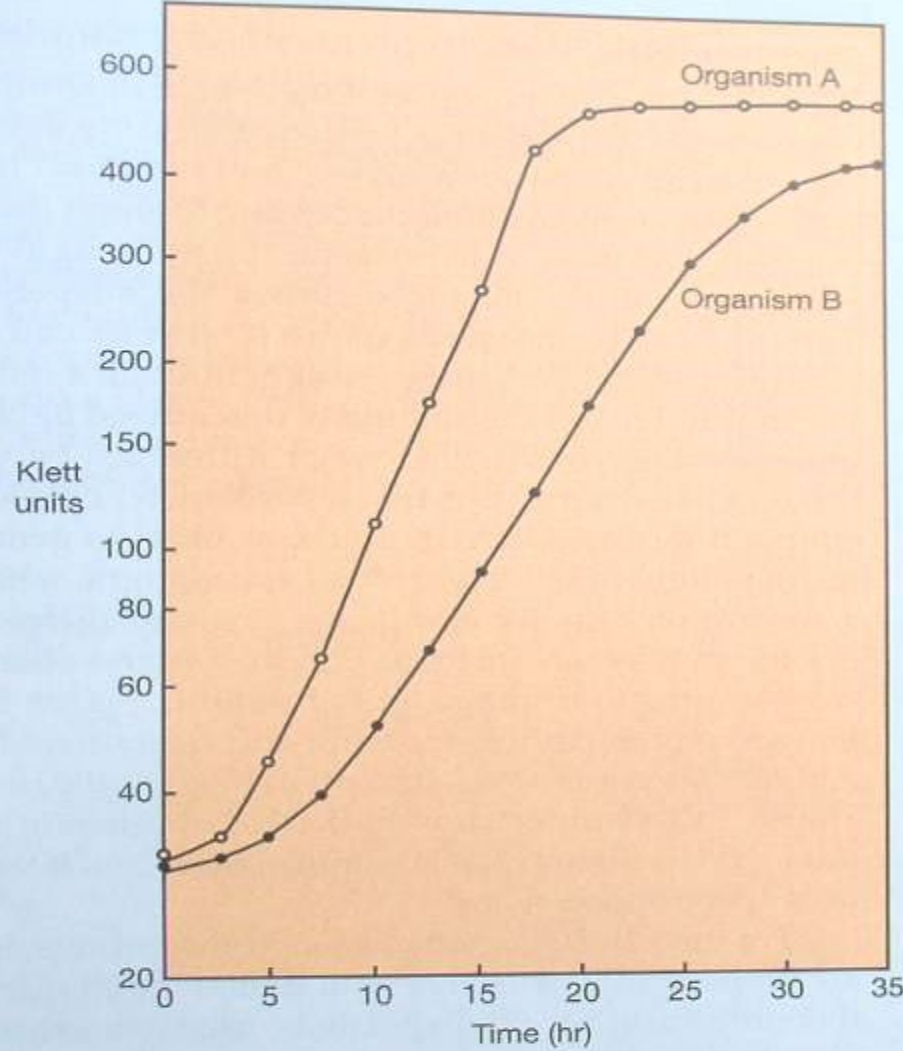


FIGURE 5.8 Turbidity measurements of microbial growth. (a) Measurements of turbidity are made in a spectrophotometer or photometer. The photocell measures incident light unscattered by cells in suspension and gives readings in optical density or photometer units. (b) Typical growth curve data obtained in Klett units for two organisms growing at different growth rates. For practice, calculate the generation time (g) of the two cultures using the formula $n = 3.3(\log N - \log N_0)$ where N and N_0 are two different Klett values taken between a time interval t . Which organism is growing faster, A or B? (c) Relationship between cell number or dry weight and turbidity readings. Note that the one-to-one correspondence between these relationships breaks down at high turbidities.

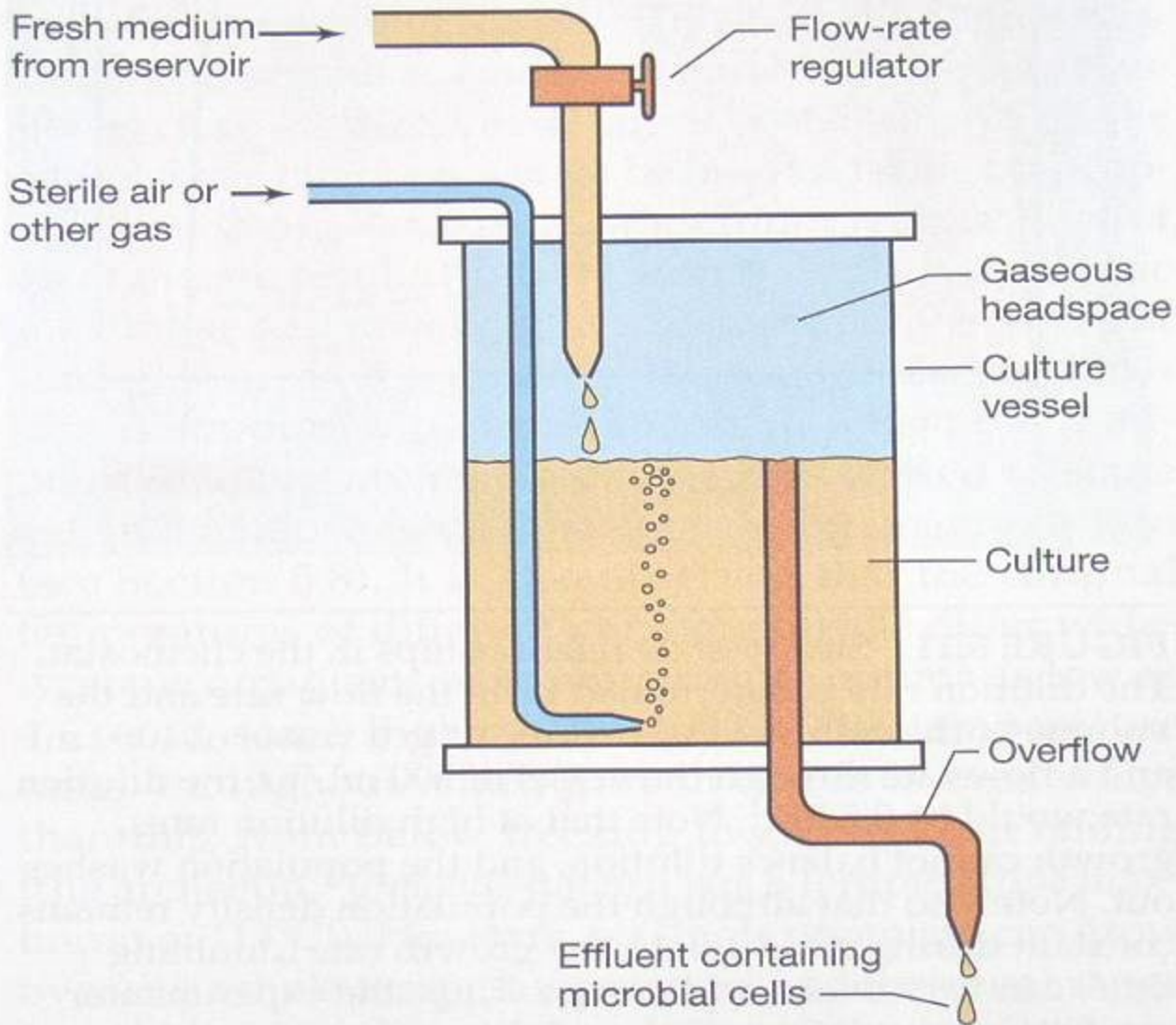


FIGURE 5.9 Schematic for a continuous culture device (chemostat). In such a device, the population density is controlled by the concentration of limiting nutrient in the reservoir, and the growth rate is controlled by the flow rate (see Figure 5.11). Both parameters can be set by the experimenter.

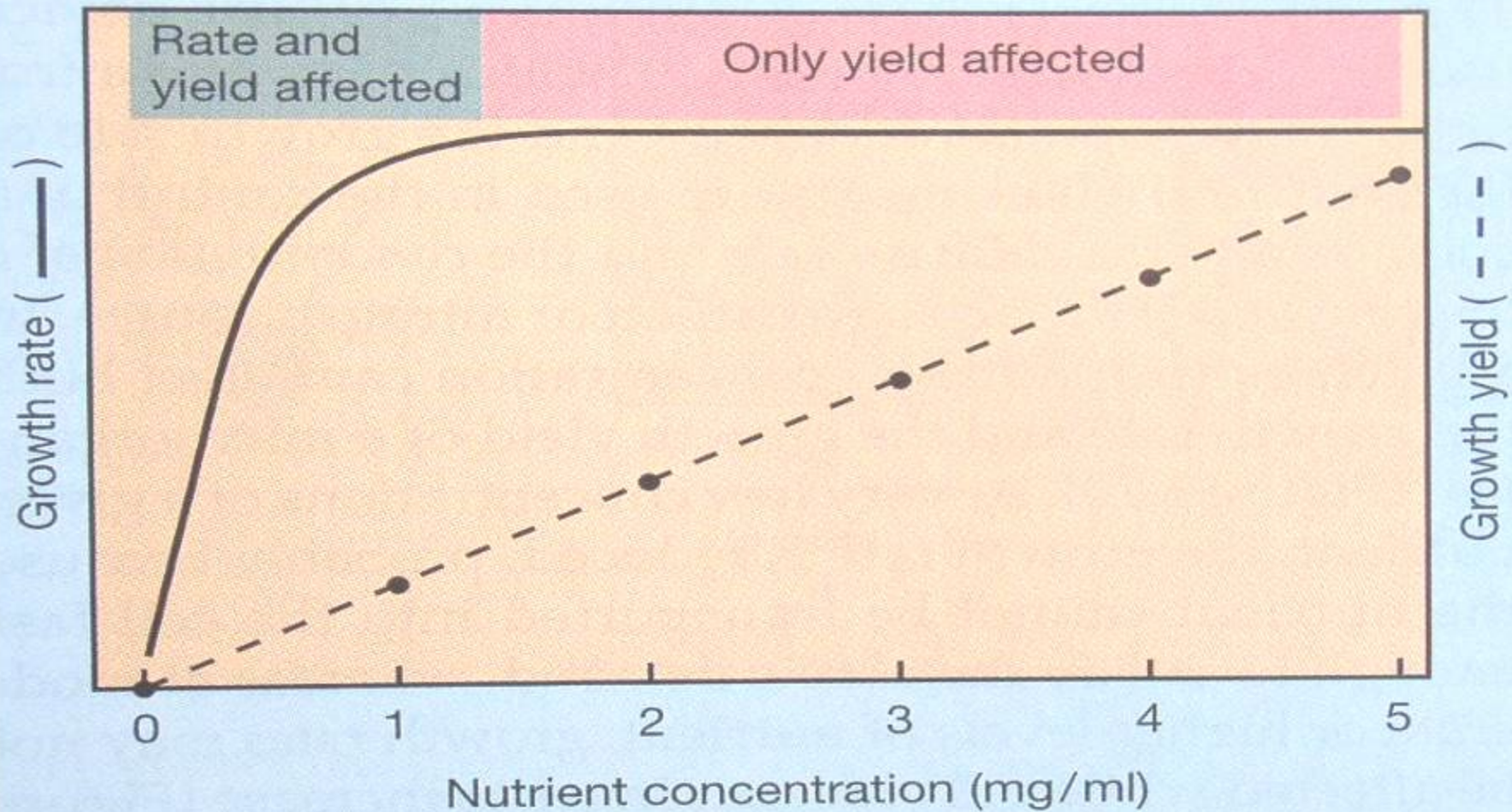


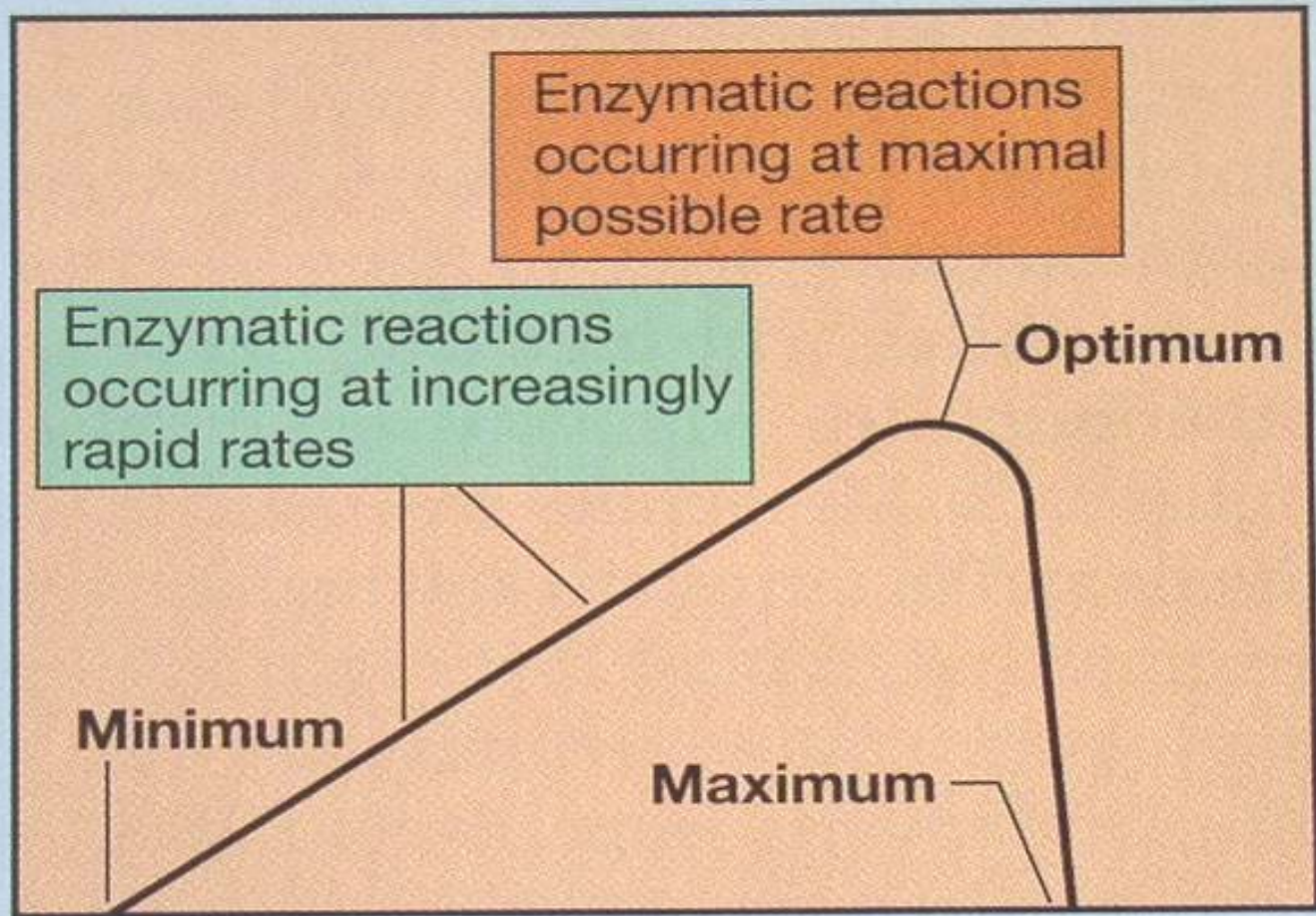
FIGURE 5.10 Relationship among nutrient concentration, growth rate (solid line), and growth yield (dashed line) in a batch culture (closed system). At low nutrient concentrations both growth rate and growth yield are affected.

TABLE 5.1**Presently known upper temperature limits for growth of living organisms**

Group	Upper temperature limits (°C)
Animals	
Fish and other aquatic vertebrates ^a	38
Insects	45–50
Ostracods (crustaceans)	49–50
Plants	
Vascular plants	45
Mosses	50
Eukaryotic microorganisms	
Protozoa	56
Algae	55–60
Fungi	60–62
Prokaryotes	
Bacteria	
Cyanobacteria	70–74
Anoxygenic phototrophs	70–73
Chemoorganotrophic/chemolithotrophic Bacteria	95
Archaea	
Chemoorganotrophic/chemolithotrophic Archaea	113

^a See a possible exception in Section 16.12 and Figure 16.34.

Growth rate



Enzymatic reactions occurring at maximal possible rate

Enzymatic reactions occurring at increasingly rapid rates

Optimum

Minimum

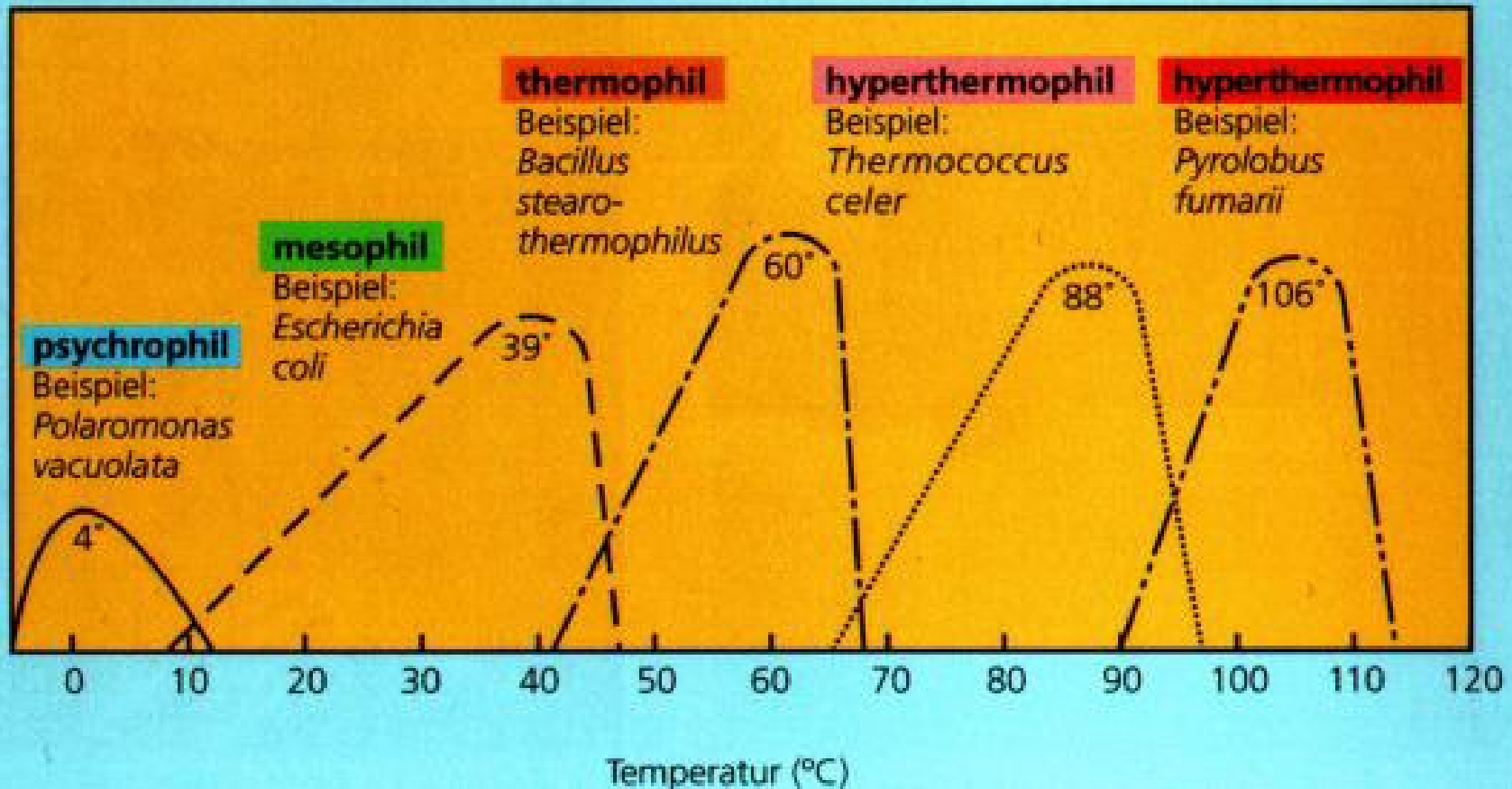
Maximum


Temperature

Membrane gelling; transport processes so slow that growth cannot occur

Protein denaturation; collapse of the cytoplasmic membrane; thermal lysis

Bezeichnung	Temperaturfenster	Beispiellebensraum
psychrophil	unterhalb 15° C	Gletscher
mesophil	15 - 40° C	gemäßigte Zonen, Meere
thermophil	40 - 100° C	Komposthaufen
hyperthermophil	über 100° C	heiße Quellen





- **Letální účinek tepla**- výše teploty, doba expozice, podmínky prostředí, kondice MO

- Účinek především na koagulaci bílkovin

- Denaturace bílkovin – inaktivace enzymů, destrukce jedinného esenciálního – odumření buňky

- Ochlazení pod bod mrazu – rozdíl spočívá v tom, zda se jedná o pomalé – vznik velkých krystalů a poškození buňky

- Při rychlém ochlazení vznikají malé krystalky a buňky se nepoškodí

- Lyofilizace buněk – dehydratace zmrazených mikroorganismů se používá u sbírkových MO



Bezeichnung	pH-Bereich	Beispiel Lebensraum
acidophil	$\text{pH} < 5$	Moorgewässer
neutrophil	$\text{pH} = 5..9$	menschlicher Darm
alkalophil	$\text{pH} > 9$	Sodasee

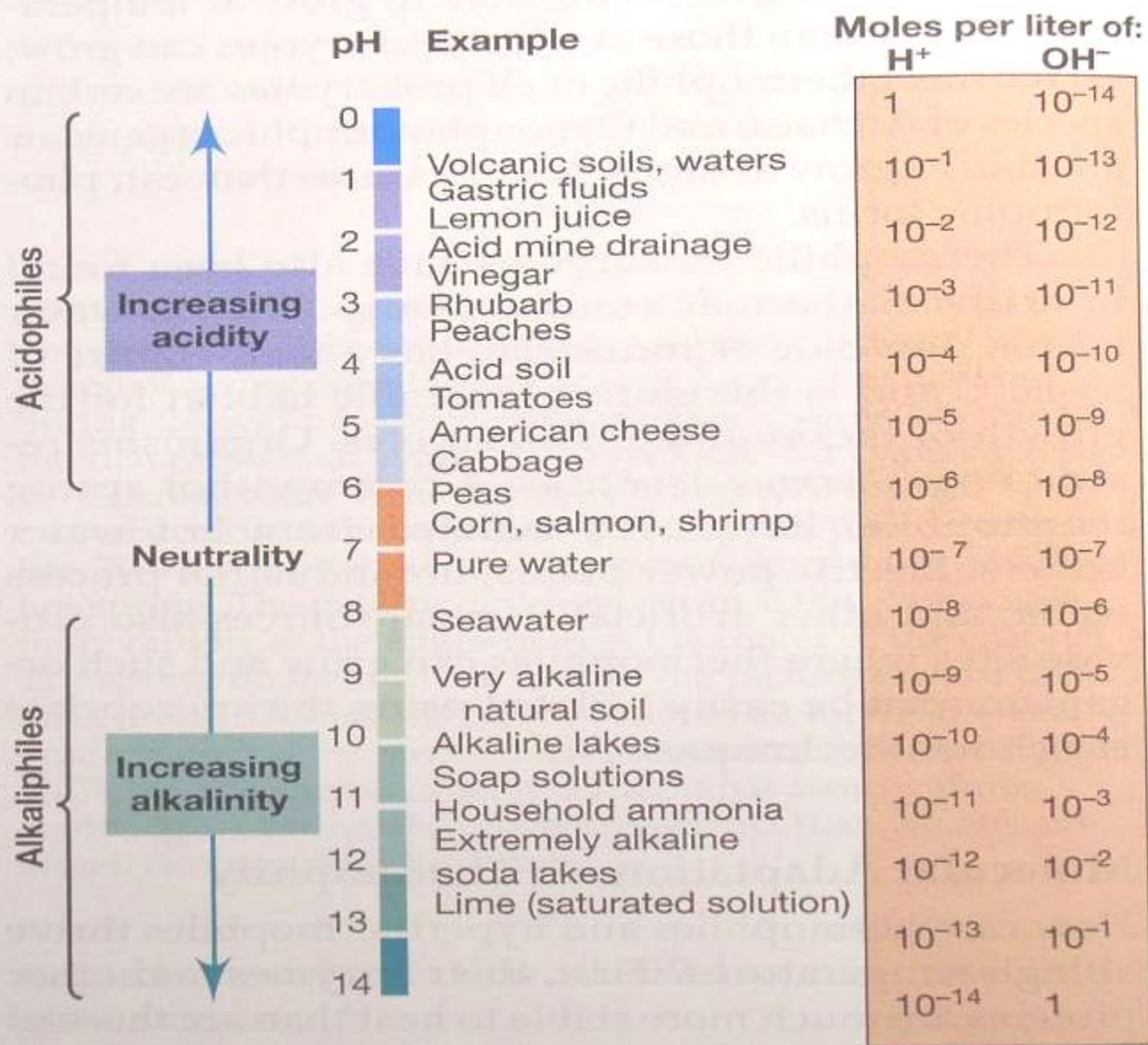


FIGURE 5.18 The pH scale. Note that although some microorganisms can live at very low or very high pH, the cell's internal pH remains near neutrality.



Salzkonzentration	Bezeichnung	Beispiellebensraum
obligatorisch geringe Salzkonzentration	nichthalophil	Süßwasser, Boden
fakultativ mittlere Salzkonzentration	halotolerant	menschliche Haut
obligatorisch mittlere Salzkonzentration	halophil	Meerwasser
obligatorisch hohe Salzkonzentration	extrem halophil	Solequellen, totes Meer

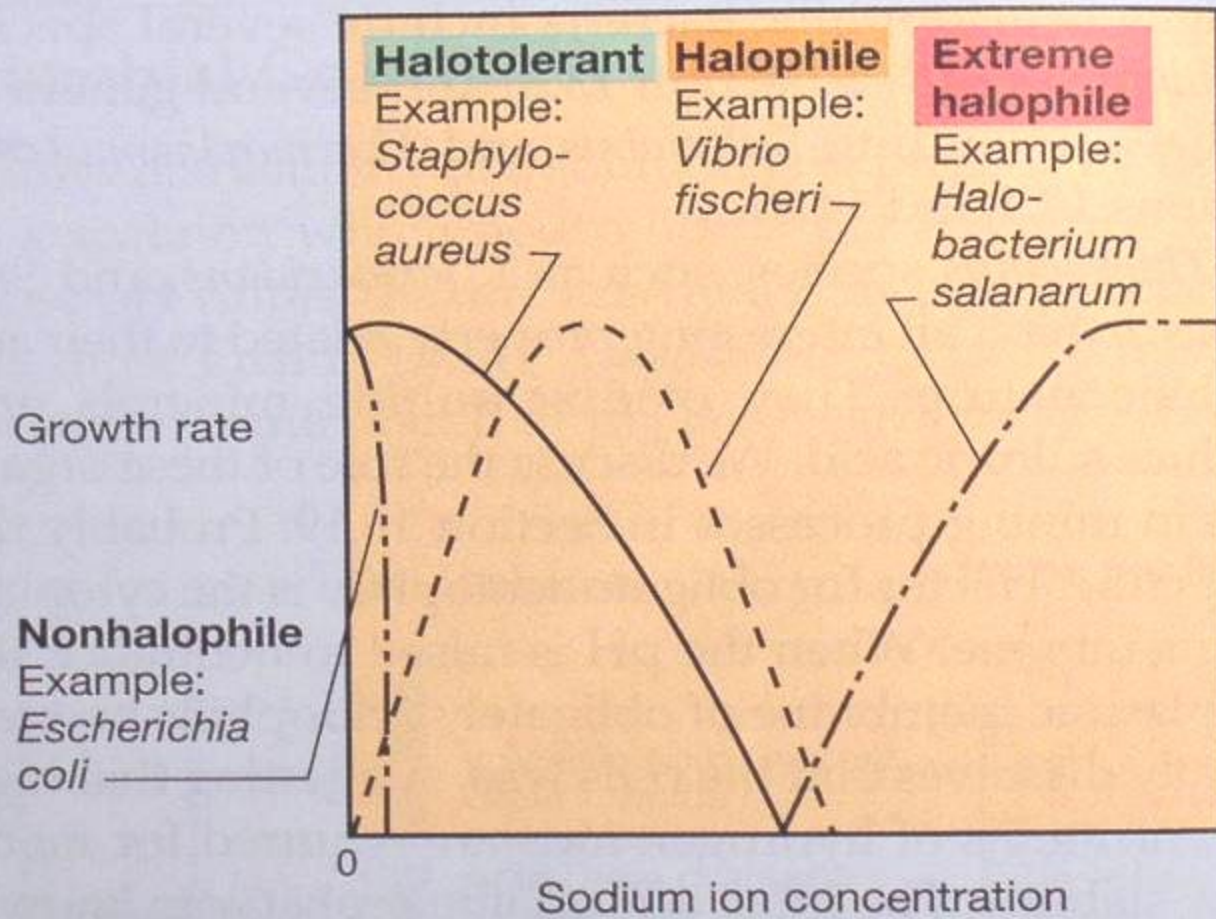


FIGURE 5.19 Effect of sodium ion concentration on growth of microorganisms of different salt tolerances. The optimum NaCl concentration for marine microorganisms such as *V. fischeri* is about 3%; for extreme halophiles, it is between 15 and 30%, depending on the organism.

TABLE 5.2

Water activity of several substances

Water activity, a_w	Material	Examples of organisms growing at stated water activity
1.000	Pure water	<i>Caulobacter</i> , <i>Spirillum</i>
0.995	Human blood	<i>Streptococcus</i> , <i>Escherichia</i>
0.980	Seawater	<i>Pseudomonas</i> , <i>Vibrio</i>
0.950	Bread	Most gram-positive rods
0.900	Maple syrup, ham	Gram-positive cocci such as <i>Staphylococcus</i>
0.850	Salami	<i>Saccharomyces rouxii</i> (yeast)
0.800	Fruit cake, jams	<i>Saccharomyces bailii</i> , <i>Penicillium</i> (fungus)
0.750	Salt lakes, salted fish	<i>Halobacterium</i> , <i>Halococcus</i>
0.700	Cereals, candy, dried fruit	<i>Xeromyces bisporus</i> and other xerophilic fungi



- **Podle nároků na vlhkost**

- Xerofilní (mikromycety, streptomycety)
- Mezofilní (bakterie, řasy, prvoci)
- Hydrofilní (*Azotobacter*, *Rhizobia*)

- **Osmotický tlak**

- prostředí hypo (nastává plasmoptýza – prasknutí buňky a vyhřeznutí b. obsahu) a hypertonické (ztráta vody – plasmolýza) *S. aureus* snáší i koncentraci 6,5 % NaCl, *E. coli* nikoliv, **halofilní b.** V mořské vodě (i v Mrtvém moři)

TABLE 5.4 Oxygen relationships of microorganisms

Group	Relationship to O ₂	Type of metabolism	Example	Habitat ^a
Aerobes				
Obligate	Required	Aerobic respiration	<i>Micrococcus luteus</i>	Skin, dust
Facultative	Not required, but growth better with O ₂	Aerobic, anaerobic respiration, fermentation	<i>Escherichia coli</i>	Mammalian large intestine
Microaerophilic	Required but at levels lower than atmospheric	Aerobic respiration	<i>Spirillum volutans</i>	Lake water
Anaerobes				
Aerotolerant	Not required, and growth no better when O ₂ present	Fermentation	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Upper respiratory tract
Obligate	Harmful or lethal	Fermentation or anaerobic respiration	<i>Methanobacterium formicicum</i>	Sewage sludge digestors, anoxic lake sediments

^a Listed are typical habitats of the example organism.

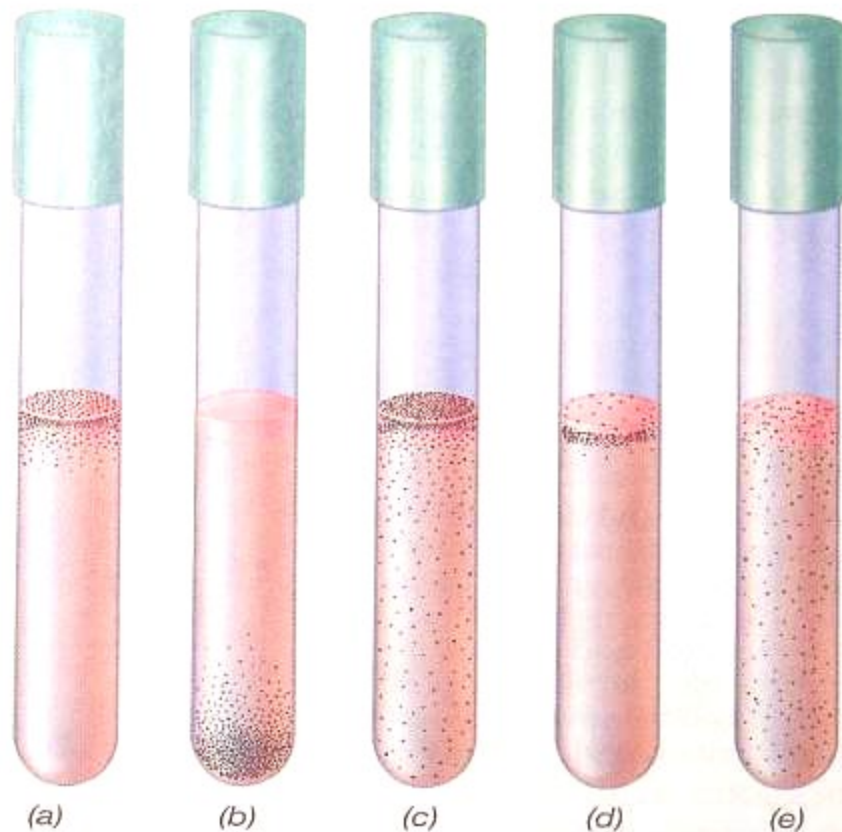


FIGURE 5.21 Aerobic, anaerobic, facultative, microaerophilic, and aerotolerant anaerobe growth, as revealed by the position of microbial colonies (depicted here as black dots) within tubes of a culture medium. A small amount of agar has been added to keep the liquid from becoming disturbed and the redox dye, resazurin, which is pink when oxidized and colorless when reduced, is added as a redox indicator. (a) Oxygen penetrates only a short distance into the tube, so obligate aerobes grow only at the surface. (b) Anaerobes, being sensitive to oxygen, grow only away from the surface. (c) Facultative aerobes are able to grow in either the presence or the absence of oxygen and thus grow throughout the tube. (d) Microaerophiles grow away from the most oxic zone. (e) Aerotolerant anaerobes grow throughout the tube.



- **Hydrostatický tlak**

- – jsou známy MO, žijící ve Filipínské rýze v hloubce více jak 10 km žijí **barofilní MO**,

- **barotolerantní** ty které rostou a rozmnožují se při normálním atm. tlaku, ale jsou schopny překonat i tyto extrémní podmínky

Kontrolní otázky

1. **Metabolismus**
2. Zvláštnosti metabolismu mikrobů
3. Mikrobiální enzymy a průběh enz. reakce
4. **Dělení enzymů**
5. **Fototrofy x chemotrofy, autotrofy x heterotrofy**
6. **Litotrofy x organotrofy, aeroby x anaeroby**
7. Fototrofní bakterie
8. Jak získávají MO energii?
9. Biol. oxidace, $\text{NAD}^+ \times \text{NADH} + \text{H}^+$
10. **Glykolýza**
11. Fermentace mléčná
12. Ostatní druhy fermentace
13. **Srovnání respirace a fermentace**
14. Ana- a katab., syntéza OL (glukoneogeneze.)
15. Růst a množení MO
16. **Fáze růstu mikrobiální populace**
17. Zřed'ovací metoda stanovení MO
18. Turbidimetrie, chemostat
19. **Vztah MO k teplotě**
20. Vztah MO k pH, k osmotickému tlaku
21. Vztah MO k vodě a hydrostatickému tlaku
22. **Vztah MO ke kyslíku**