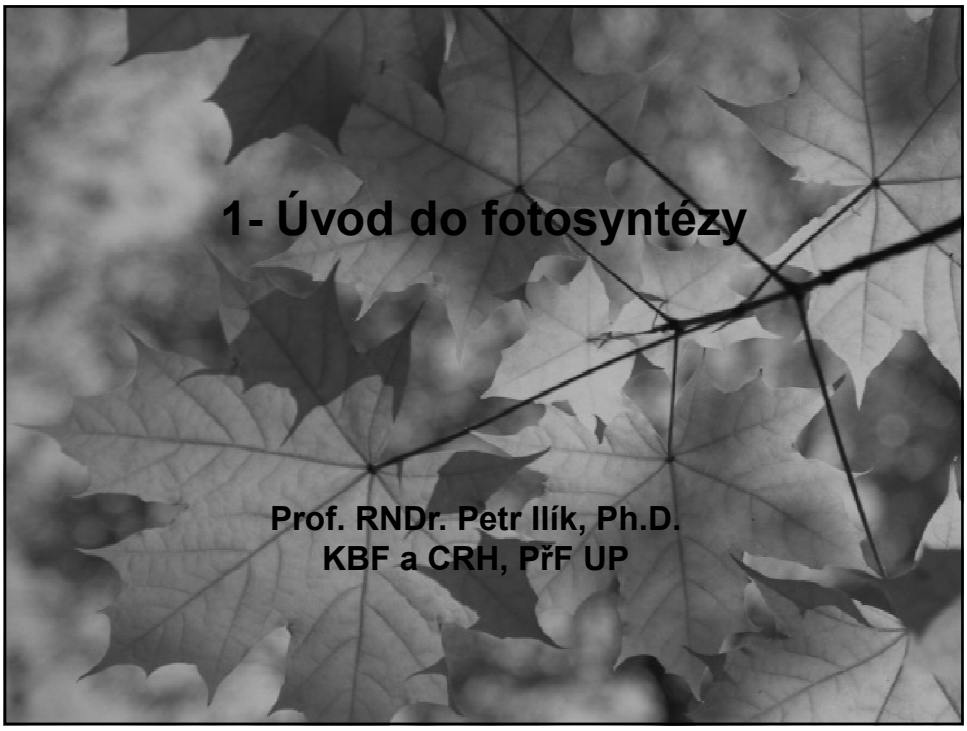
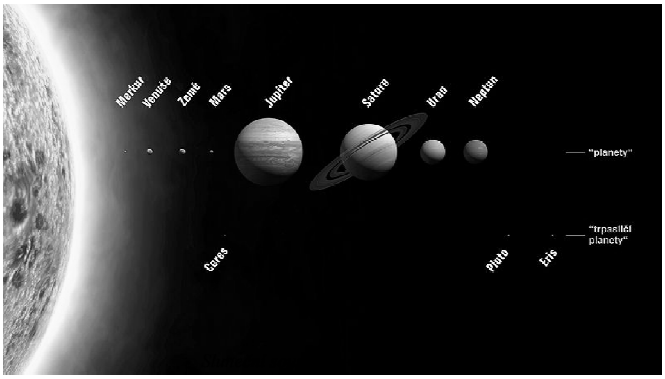


1- Úvod do fotosyntézy

Prof. RNDr. Petr Ilík, Ph.D.
KBF a CRH, PřF UP

FS – energetická bilance

- na povrch Země dopadá $2/10^{10}$ energie ze Slunce
- z toho 30% odraz do kosmu
  47% teplo
  23% odpar vody
  0.02% pro FS – z toho asi 0,2% na syntézu org. látek (0,8 kg m^{-2} rok^{-1})



http://www.phrenopolis.com/perspective/solarsystem (i ve vzdálenostním měřítku)

Spektrum el.-mag. záření

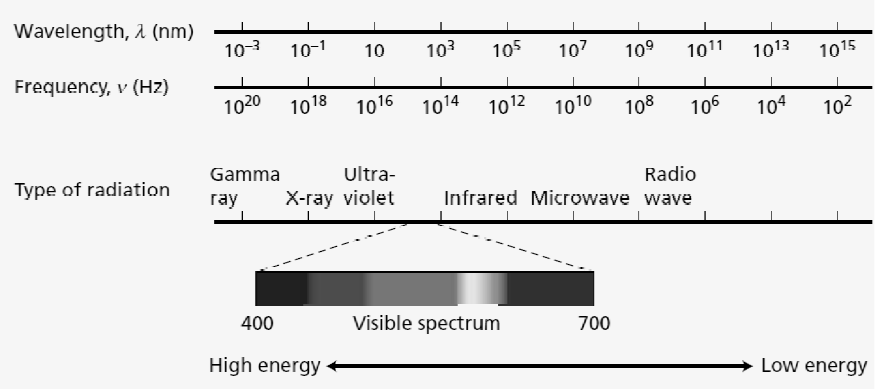
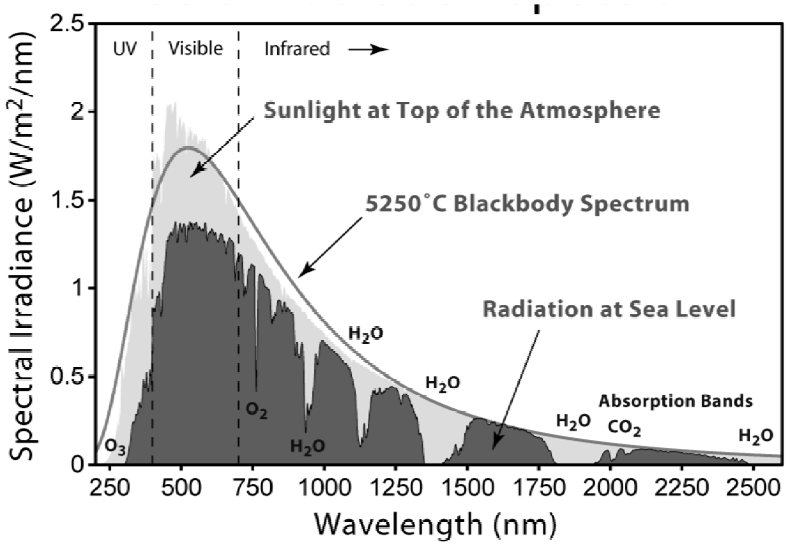


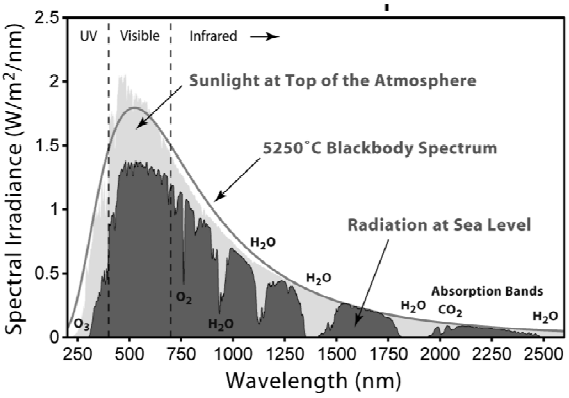
FIGURE 7.2 Electromagnetic spectrum. Wavelength (λ) and frequency (ν) are inversely related. Our eyes are sensitive to only a narrow range of wavelengths of radiation, the visible region, which extends from about 400 nm (violet) to about 700 nm (red). Short-wavelength (high-frequency) light has a high energy content; long-wavelength (low-frequency) light has a low energy content.

Spektrum slunečního záření



- Maximum na povrchu Země kolem 600 nm – žlutá (Planckův vyzařovací zákon)

Proč právě VIS pro FS?



- γ – *reabsorbováno Sluncem*
- *RTG - ionizace molekul*
- *UV – narušuje vazby organických molekul*
- *VIS - PAR*
- *IR – vibrace molekul*

- **hν: <u>VIS – absorpce pigmenty</u>** – přechod do excitovaných stavů,
  - mezi el. hladinami - S_0 - S_n (PAR – 400-700 nm)

Základní koncept FS

- Molekula pigmentu pohltí foton a dostane se do excitovaného stavu, ve kterém „ochotně“ odevzdá elektron a ten se využije na tvorbu energeticky bohatých látek. Molekula pigmentu přijme chybějící elektron z jiného zdroje.

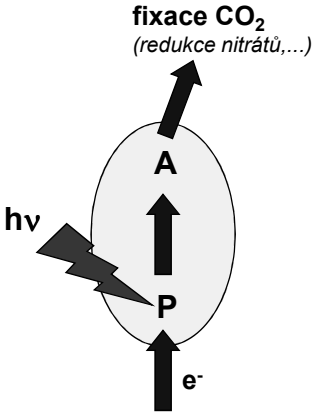
1) $P + h\nu \rightarrow P^*$ (absorpce, obecně reverzibilní, zpětná „reakce“ – fluorescence)

2) $P^* + A \rightarrow P^+ + A^-$ (silně ireverzibilní, unikátnost přírody – speciální PPC: Reakční centrum – nábojová separace – změna konformace PPC), A^- redukuje další molekuly - redukce CO_2

3) $P^+ + e^- \rightarrow P$ (elektron z jiného zdroje než A, H_2S – sirné baktérie, H_2O – sinice, řasy, nižší a vyšší rostliny,
$H_2D \rightarrow D + 2H^+ + 2e^-$;
D: S, 1/2 O_2, - štěpení vody – unikátní proteinový komplex připojený k reakčnímu centru, H^+ - acidifikace lumenu)

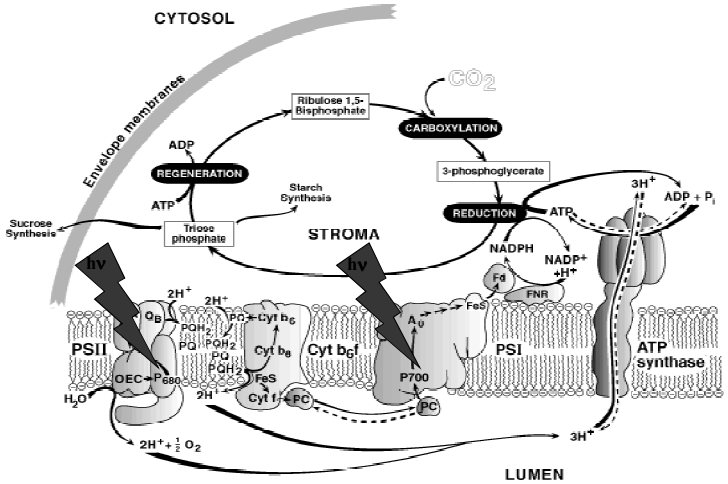
P - „katalyzátor“, RC – „enzym“

Reakční centrum (RC)

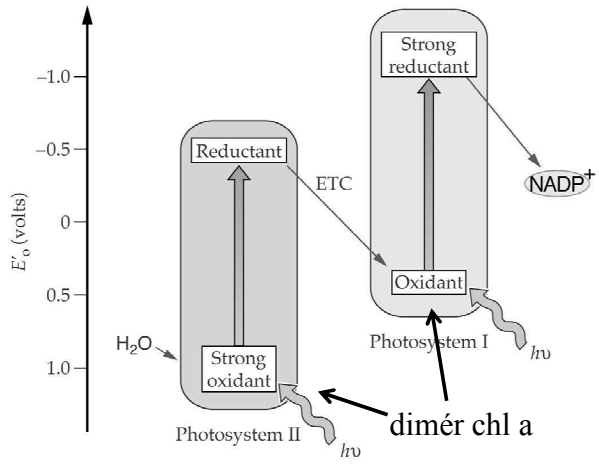


Thylakoidní membrána - funkční schéma

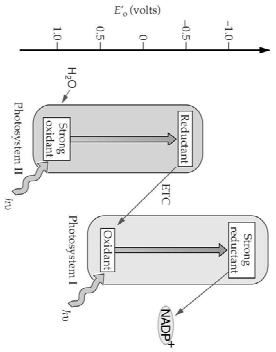
- světelné reakce FS - thylakoidní membrána, temnotní reakce FS - stroma



Z-schéma fotosyntézy

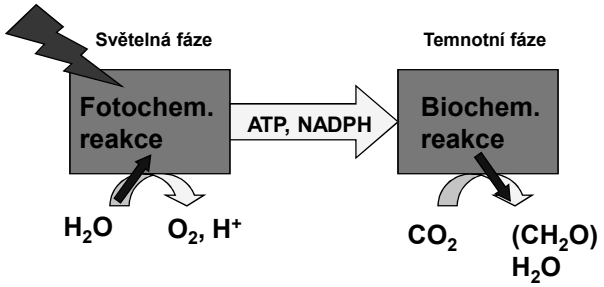


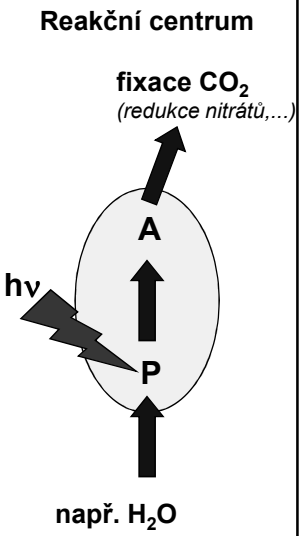
- Molekula pigmentu pohltí foton a dostane se do excitovaného stavu, ve kterém „ochotně" odevzdá elektron a ten se využije na tvorbu energeticky bohatých látek. Molekula pigmentu přijme chybějící elektron z jiného zdroje.



- **přeměna světelné energie na chemickou v reakčních centrech fotosystémů - brána mezi světem fyziky a chemie**
- **změna standardního redoxního potenciálu při pH 7 až o 2 V!**

Obecné schéma FS





$CO_2 + 2\ H_2O \rightarrow (CH_2O) + H_2O + O_2\ (\Delta G > 0)$

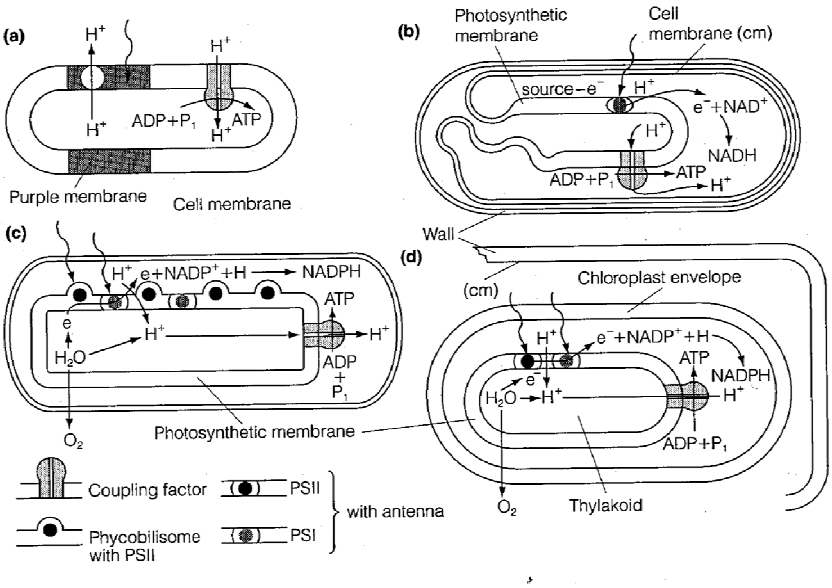
$NO_3^- + 4\ H_2O + H^+ \rightarrow NH_3 + 3\ H_2O + O_2$

$SO_4^{2-} + 2\ H_2O + H^+ \rightarrow HS^- + 4\ H_2O + O_2$

$2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$ (řasy bez O_2)

FS není jen asimilace CO_2!

Evoluce FS - 1



Evoluce FS - 2

A) **Halobaktérie *(Halobacterium halobium)***

- hlavní PPC – bakteriorhodopsin (pigment retinal) – H^+ pumpa poháněná světlem – H^+ pumpovány vně org., gradient koncentrace H^+ - syntéza ATP pomocí ATP syntázy, závislost na pH okolí, syntéza ATP není spojena s přenosem e^-

B) **Fotosyntetické baktérie**

- hlavní PPC – bakteriální RC (bchl) ve zprohýbané plazmatické membráně, po excitaci bchl předává elektron chinonovému přenašeči, který přenáší i H^+ stejně jako bakteriorhodopsin, e^- je předáván z chinonu na NAD+, ATP se tvoří jako u halobakterií, díky buněčné stěně spřažení přenosu e^- a H^+ není tak silné, závislost na pH okolí

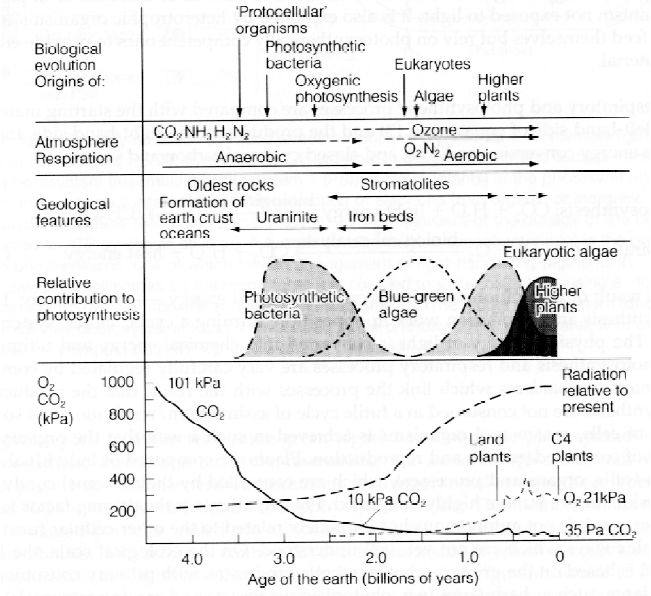
C) **Sinice (cyanobacteria, blue-green algae)**

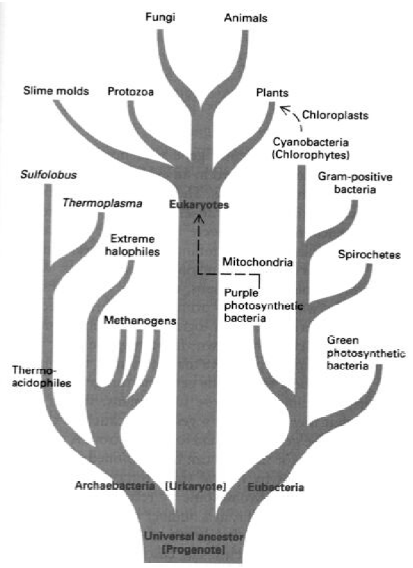
- hlavní PPC – fotosystém II (PSII) (chl a) a fotosystém I (PSI) (chl a) v ohraničeném membránovém systému („zaškrcení plazmatické membrány FS baktérie“), PSII s anténami fykobilizomy, PSII – štěpí vodu a transportuje e^- , PSI - transportuje e^- na ferredoxin (Fd) a odsud na $NADP^+$, spřažení přenosu e^- a H^+ jako u FS bakterií

D) **Řasy (algae), nižší a vyšší rostliny**

- hlavní PPC – PSII a PSI jakou u sinic, ale součástí membrán (thylakoidní) autonomní organely - chloroplastu (endosymbiozovaná sinice), thylakoidy uzavřené thylakoidní membránou, jinak totéž co u sinic, nejsilnější spřažení přenosu e^- a H^+

Evoluce FS - 3



Evoluce FS - 4

- V ranném období Země – redukční atmosféra (H_2O, CO_2, H_2, CH_4, CO_2, NH_3, bez volného O_2) + UV záření + vyšší teploty – syntéza org. molekul
- Oparinova teorie 1924 - koacerváty – kapkový útvar (z bílkovin) ve vodném prostředí – první „živé organismy“
- přirozená syntéza aminokyselin – Miller, Science 117, 1953, 528–529;
- báze NK - Oró, Biochem. Biophys. Res. Commun. 2, 1960, 407–412
- 1. halobakterie – 3,5 mld let
- 1. sinice – 3 mld let (kyslíková atmosféra, vznik O_3)
- 1. eukarytické org. - 1,5 – 1 mld let (evoluce díky O_3)
- C_4 a CAM – evoluce díky horší funkci Rubisco při nárůstu poměru O_2/CO_2