



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**F1190 Úvod do biofyziky  
Masarykova Univerzita  
Podzimní semestr 2024  
Přednáška ze 26.9.2024**

**Vyučující:**

**Prof. Jiří Kozelka, Biofyzikální Laboratoř, Ústav fyziky kondenzovaných látek, PŘF MU, Kotlářská 2**

**Doc. Mgr. Karel Kubíček, CEITEC, Kamenice 5**

# Co je biofyzika?

**Biofyzika** je **mezioborová** disciplína (hraniční obor) **zkoumající biologické objekty** a problémy fyzikálními metodami.

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Biofyzika>

...the application of physical principles and methods to the **study of the structures of living organisms** and the mechanics of life processes.

[www.hss.energy.gov/HealthSafety/ohre/roadmap/achre/glossary.html](http://www.hss.energy.gov/HealthSafety/ohre/roadmap/achre/glossary.html)

... that branch of knowledge that applies the principles of **physics** and **chemistry** and the methods of **mathematical** analysis and computer modeling to **understand how biological systems work**.

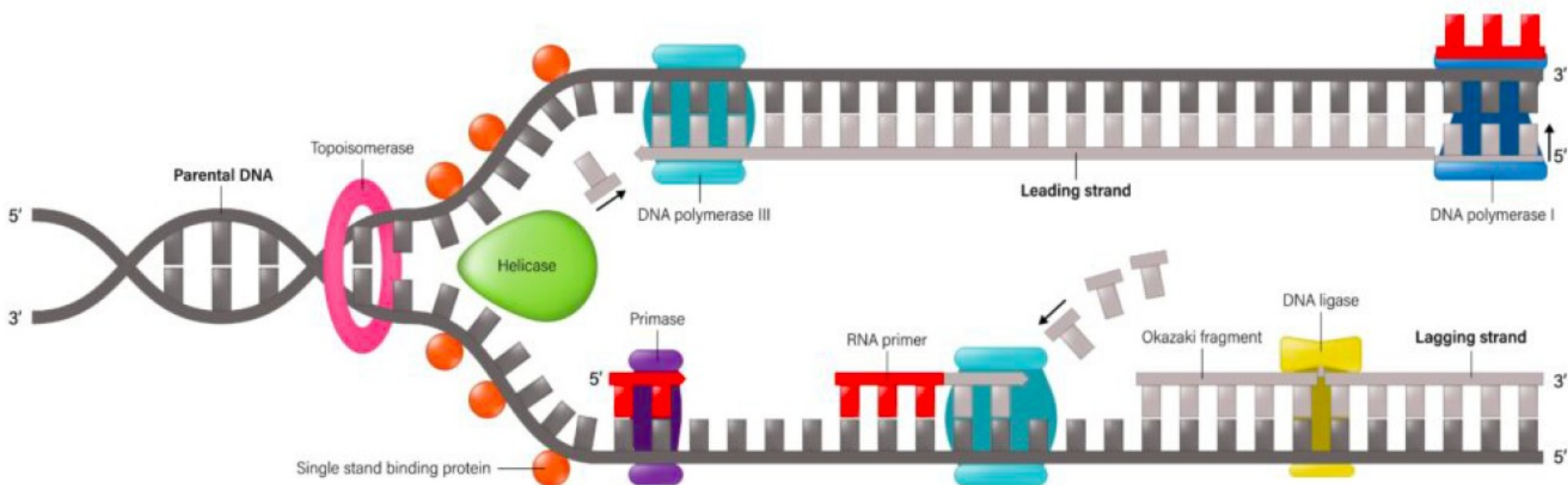
[www.biophysics.org/tabid/517/Default.aspx](http://www.biophysics.org/tabid/517/Default.aspx)

... an **interdisciplinary** field which applies techniques from the **physical** sciences to **understanding biological structure and function at the molecular level**.

[www.britishbiophysics.org.uk/what-is/whatis.html](http://www.britishbiophysics.org.uk/what-is/whatis.html)

# Příklady biofyzikálních témat

Příklad 1. Jakým mechanismem se při dělení buňky vytvoří z nesmírně dlouhé dvojité šroubovice DNA dvě nové identické dvojšroubovice?



<https://www.tebubio.com/blog/what-type-of-biological-molecule-is-a-dna-helicase/>

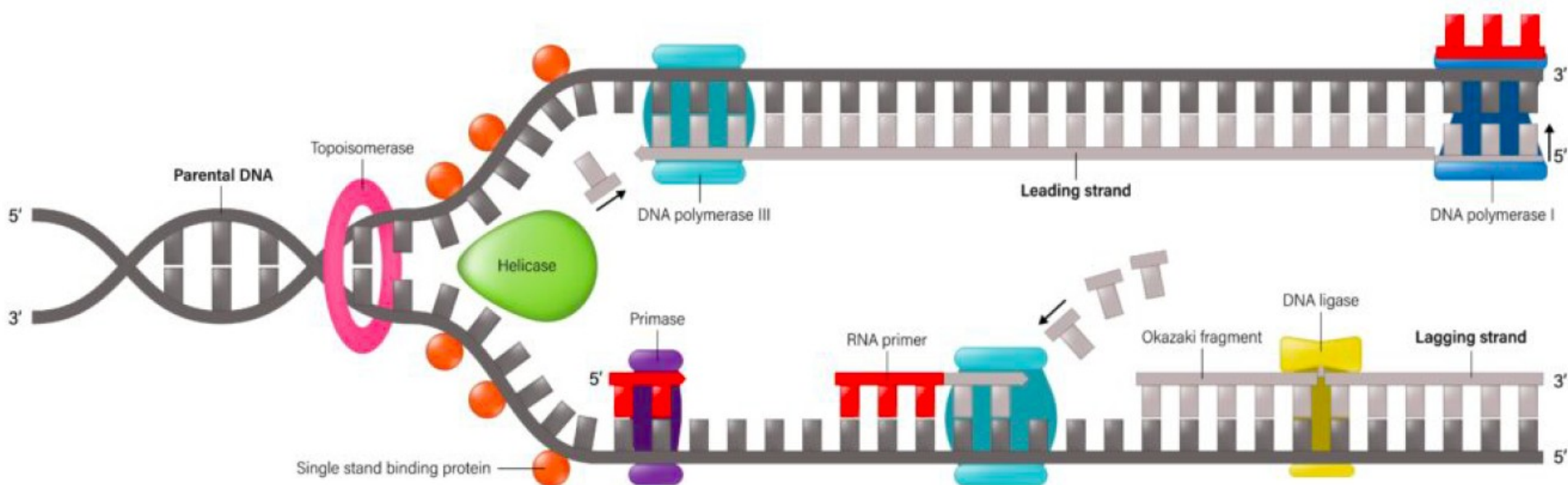
**Komentář:** Každý ze dvou řetězců DNA tvoří tzv. nukleotidy, složené z cukru ribózy, fosfátové skupiny a jedné ze čtyř nukleových bází (které? ..... ). Ve dvojšroubovici se báze párují vždy (jak? ....., tzv. komplementární páry). Ty jsou na sebe vázány tzv. vodíkovými můstky, díky kterým báze do sebe zapadají jako klíč do zámku. Enzym **DNA-polymeráza** syntetizuje ke každému z oddělených řetězců řetězec komplementární, a to tak, že rafinovaným způsobem „zkoumá“, která báze nejlépe „pasuje“ k protilehlé bázi.

Obrázek nahoře schematicky ukazuje replikaci DNA u bakterií. Té se účastní hlavně dvě polymerázy, **polymeráza I a III**. Při replikaci se DNA musí nejprve „rozplést“ na jednotlivé řetězce. Toto je úkol enzymu **helikázy**. Helikáza nabídne každému z obou řetězců vazebná místa, která jsou výhodnější než vodíkové můstky mezi řetězci.

Na každém z oddělených řetězců syntetizuje DNA polymeráza III komplementární řetězec. Syntéza postupuje vždy od konce 5' ke konci 3'. Horní řetězec na obrázku má volný konec 3', DNA polymeráza III zde tedy může syntetizovat komplementární řetězec souvisle. Na dolním řetězci syntéza probíhá po krátkých úsecích (několik set až tisíců nukleotidů) zvaných Okazakiho fragmenty Ty později propojí enzym **DNA-ligáza**.

# Příklady biofyzikálních témat

Příklad 1. Jakým mechanismem se při dělení buňky vytvoří z nesmírně dlouhé dvojité šroubovice DNA dvě nové identické dvojšroubovice?



<https://www.tebubio.com/blog/what-type-of-biological-molecule-is-a-dna-helicase/>

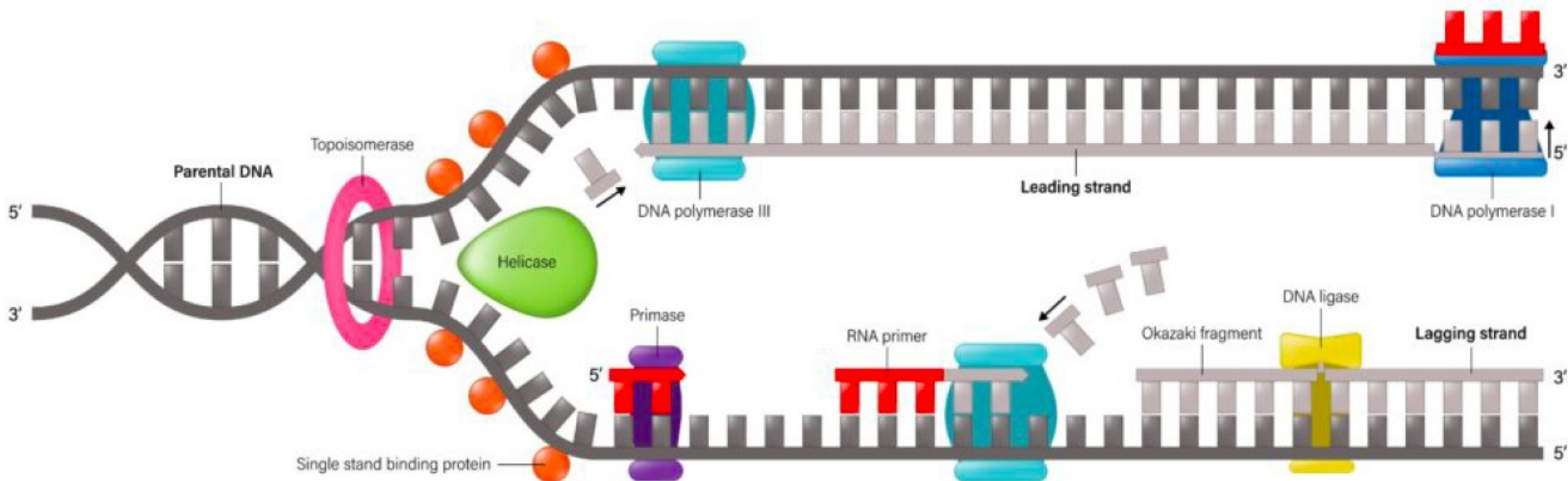
**Komentář:** Každý ze dvou řetězců DNA tvoří tzv. nukleotidy, složené z cukru ribózy, fosfátové skupiny a jedné ze čtyř nukleových bází (adenin, guanin, cytosin, thymin). Ve dvojšroubovici se báze párují vždy (jak? , tzv. komplementární páry). Ty jsou na sebe vázány tzv. vodíkovými můstky, díky kterým báze do sebe zapadají jako klíč do zámku. Enzym DNA-polymeráza syntetizuje ke každému z oddělených řetězců řetězec komplementární, a to tak, že rafinovaným způsobem „zkoumá“, která báze nejlépe „pasuje“ k protilehlé bázi.

Obrázek nahoře schématicky ukazuje replikaci DNA u bakterií. Té se účastní hlavně dvě polymerázy, polymeráza I a III. Při replikaci se DNA musí nejprve „rozplést“ na jednotlivé řetězce. Toto je úkol enzymu helikázy. Helikáza nabídne každému z obou řetězců vazebná místa, která jsou výhodnější než vodíkové můstky mezi řetězci.

Na každém z oddělených řetězců syntetizuje DNA polymeráza III komplementární řetězec. Syntéza postupuje vždy od konce 5' ke konci 3'. Horní řetězec na obrázku má volný konec 3', DNA polymeráza III zde tedy může syntetizovat komplementární řetězec souvisle. Na dolním řetězci syntéza probíhá po krátkých úsecích (několik set až tisíců nukleotidů) zvaných Okazaki fragments. Ty později propojí enzym DNA-ligáza.

# Příklady biofyzikálních témat

Příklad 1. Jakým mechanismem se při dělení buňky vytvoří z nesmírně dlouhé dvojité šroubovice DNA dvě nové identické dvojšroubovice?



<https://www.tebubio.com/blog/what-type-of-biological-molecule-is-a-dna-helicase/>

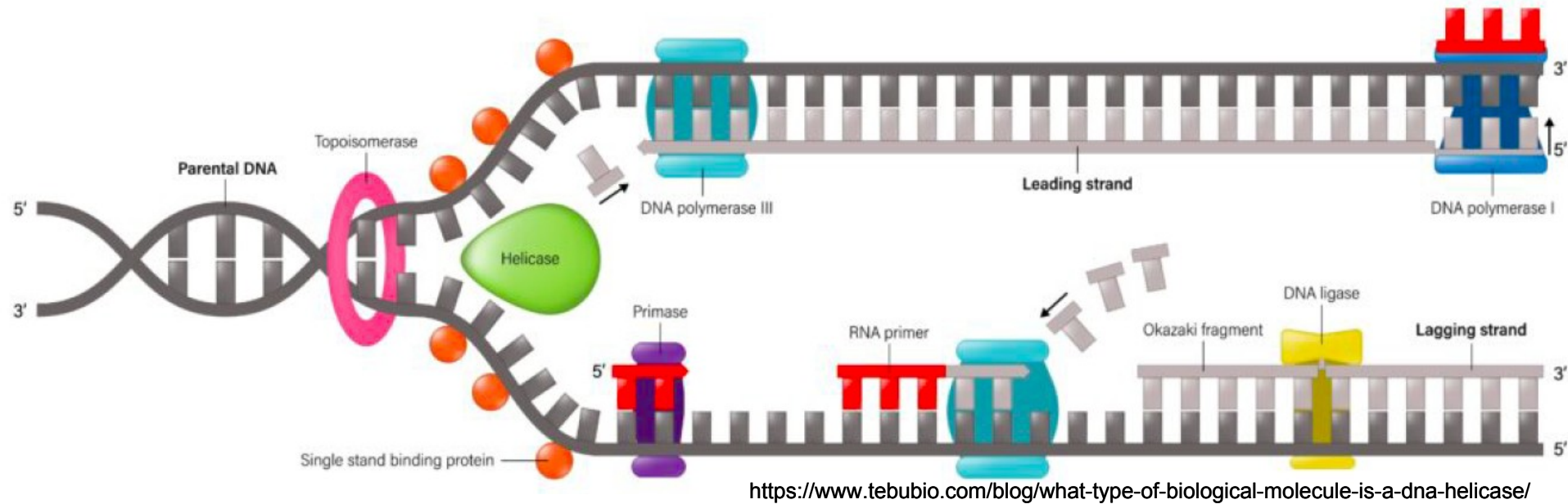
**Komentář:** Každý ze dvou řetězců DNA tvoří tzv. nukleotidy, složené z cukru ribózy, fosfátové skupiny a jedné ze čtyř nukleových bází (adenin, guanin, cytosin, thymin). Ve dvojšroubovici se báze párují vždy (A-T, G-C, tzv. komplementární páry). Ty jsou na sebe vázány tzv. vodíkovými můstky, díky kterým báze do sebe zapadají jako klíč do zámku. Enzym DNA-polymeráza syntetizuje ke každému z oddělených řetězců řetězec komplementární, a to tak, že rafinovaným způsobem „zkoumá“, která báze nejlépe „pasuje“ k protilehlé bázi.

Obrázek nahoře schematicky ukazuje replikaci DNA u bakterií. Té se účastní hlavně dvě polymerázy, polymeráza I a III. Při replikaci se DNA musí nejprve „rozplést“ na jednotlivé řetězce. Toto je úkol enzymu helikázy. Helikáza nabídne každému z obou řetězců vazebná místa, která jsou výhodnější než vodíkové můstky mezi řetězci.

Na každém z oddělených řetězců syntetizuje DNA polymeráza III komplementární řetězec. Syntéza postupuje vždy od konce 5' ke konci 3'. Horní řetězec na obrázku má volný konec 3', DNA polymeráza III zde tedy může syntetizovat komplementární řetězec souvisle. Na dolním řetězci syntéza probíhá po krátkých úsecích (několik set až tisíců nukleotidů) zvaných Okazakiho fragmenty. Ty později propojí enzym DNA-ligáza.

## Příklady biofyzikálních témat

Příklad 1. Jakým mechanismem se při dělení buňky vytvoří z nesmírně dlouhé dvojité šroubovice DNA dvě nové identické dvojšroubovice?



Na začátku syntézy komplementárního řetězce musí nejprve enzym **primáza** vytvořit de konci 3' krátký komplementární řetězec RNA (tzv. **RNA primer**). DNA polymeráza III poté může připojit ke konci 3' primeru první nukleotid DNA a dále pokračovat se syntézou ve směru 5'→3'. Ten je posléze odstraněn **polymerázou I** a nahrazen úsekem DNA.

RNA primery potřebuje polymeráza III při začátku syntézy každého nového úseku DNA. U dolního řetězce tedy je nutný RNA primer pro každý započatý Okazakiho fragment.

Replikace DNA se také účastní enzym **topoizomeráza**. Ta rafinovaným způsobem napomáhá rozvíjet DNA v "replikační vidlici".

# Příklady biofyzikálních témat

Příklad 2. Jak se dostane kyslík do buněk, které jej mají zapotřebí?

## Metaloproteiny transportující kyslík: vazebná místa

### Hemoglobin

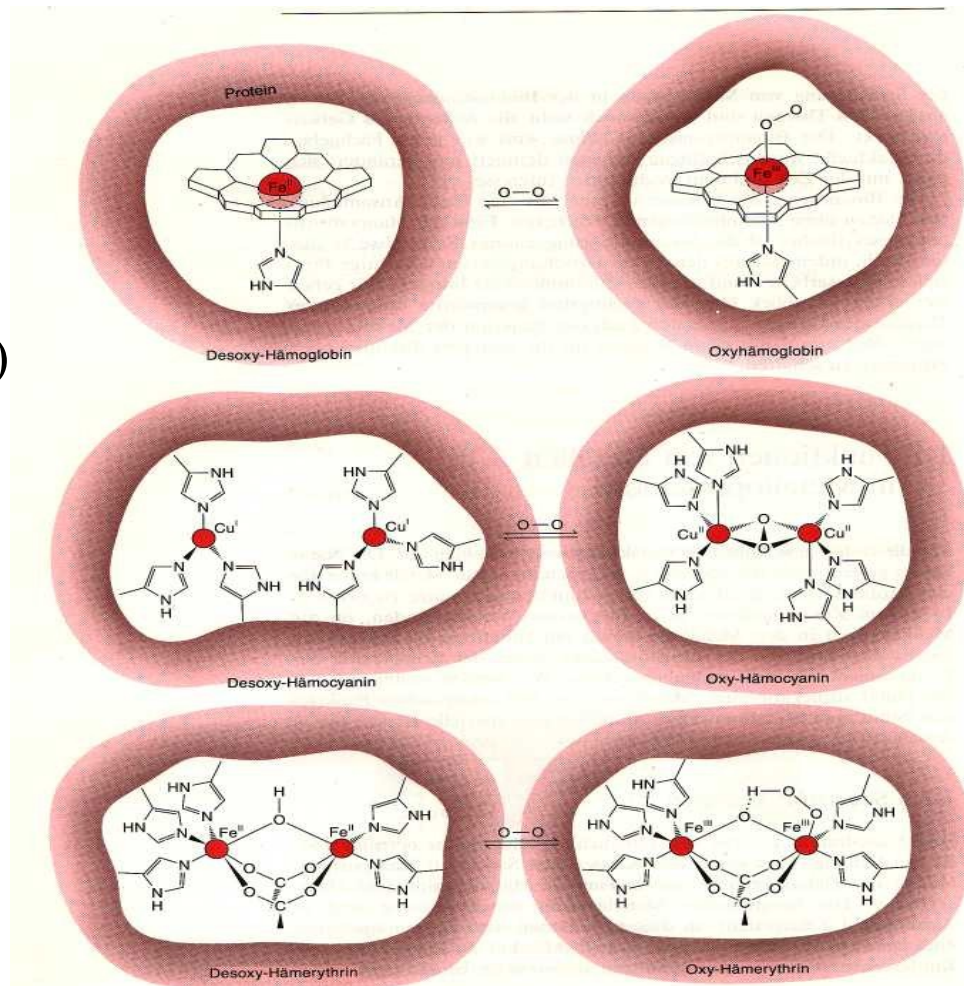
(obratlovci, někteří bezobratlí)

### Hemocyanin

(měkkýši, někteří členovci)

### Hemerythrin

(někteří mořští bezobratlí)



Lippard: Bioinorganic Chemistry, 1994

Komentář: Evoluce musela vyřešit dva problémy:

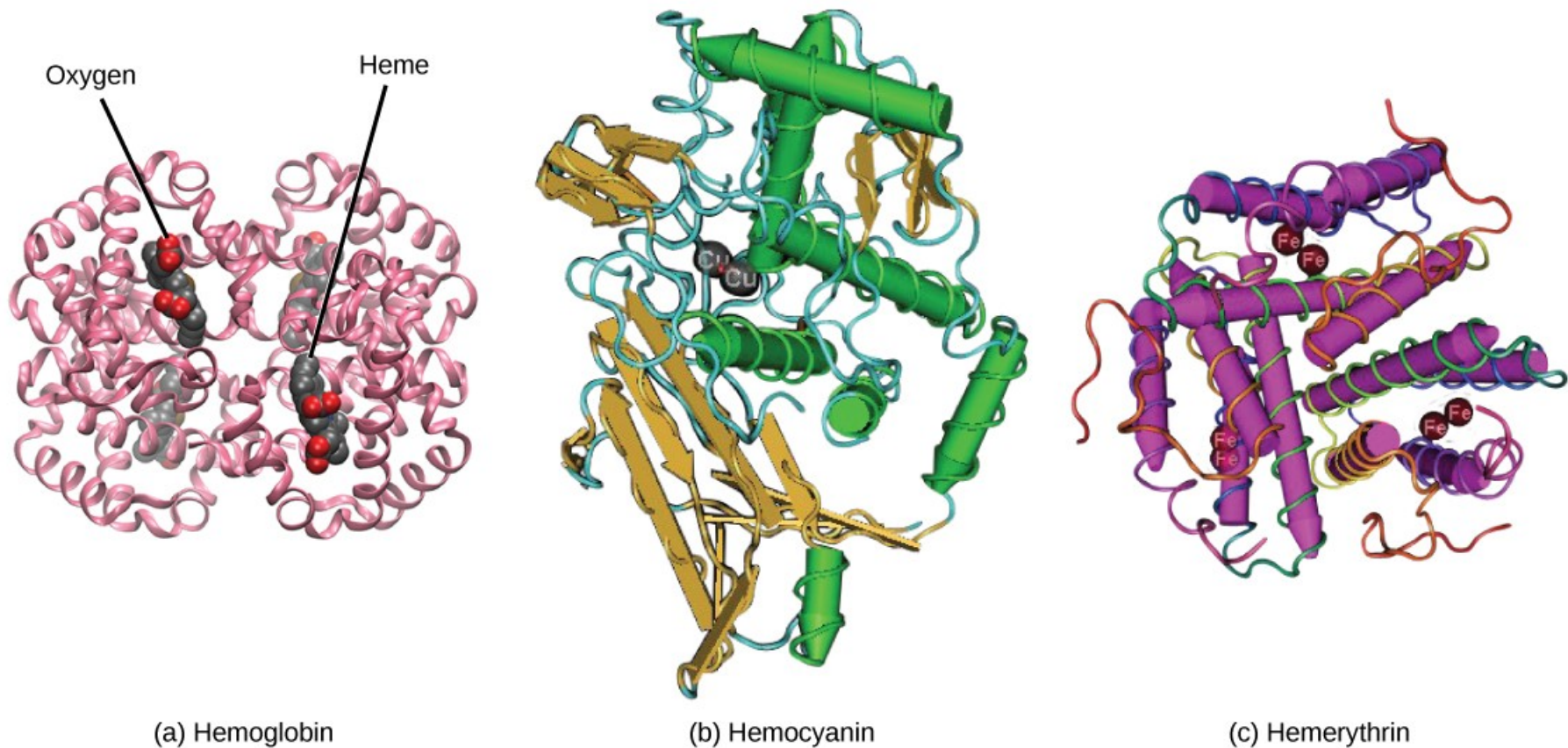
1. Vazebné místo musí kyslík vázat tak silně, aby se v něm udržel, dokud není zapotřebí, ale dostatečně slabě, aby jej bylo lze uvolnit, jakmile ve tkáni začne být zapotřebí.
2. V molekule transportující kyslík musí být kanálek, kterým se kyslík dostane k vazebnému místu.

Tento problém evoluce vyřešila třemi velmi odlišnými způsoby. V každém z nich použila protein, jenž má ve vazebném místě iont kovu. Takové proteiny nazýváme **metaloproteiny**.

## Příklady biofyzikálních témat

Příklad 3. Svinování proteinů: Proteiny jsou řetězce složené z pouze 20 druhů aminokyselin. Jak je možné vytvořit z jen 20 monomerů polymery s tak rozmanitou strukturou a s tak různými funkcemi?

<https://www.oercommons.org/courseware/module/15144/student/?task=3>



Komentář: **Struktura proteinů vykazuje dva základní typy prostorového uspořádání:**

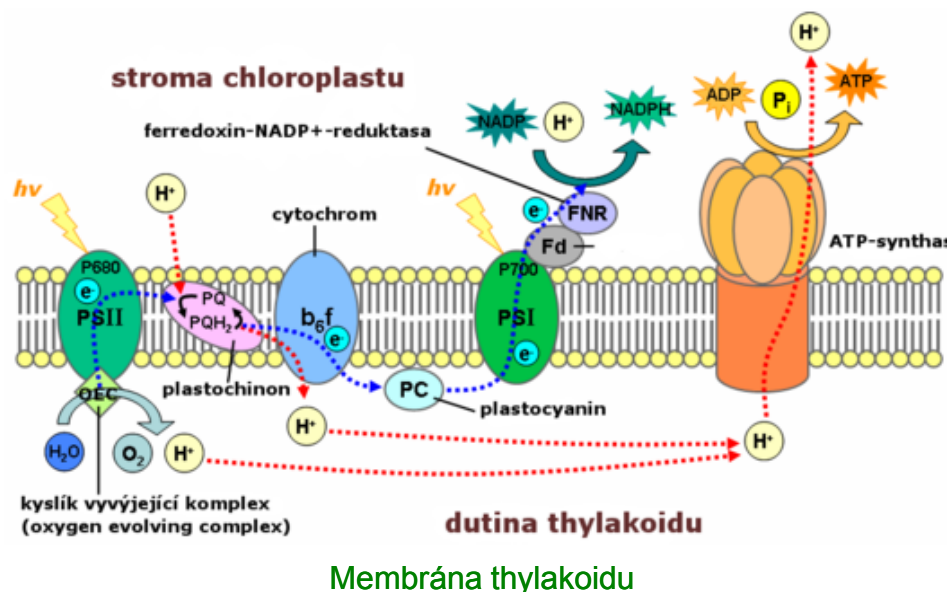
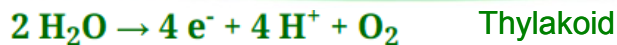
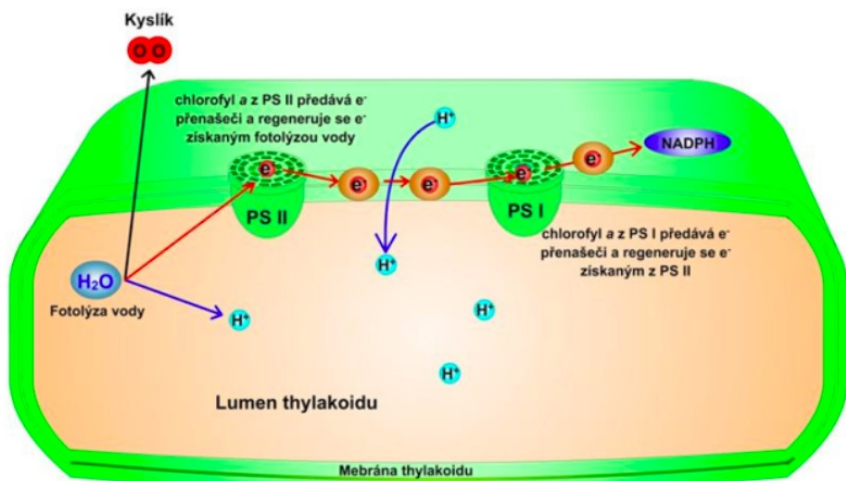
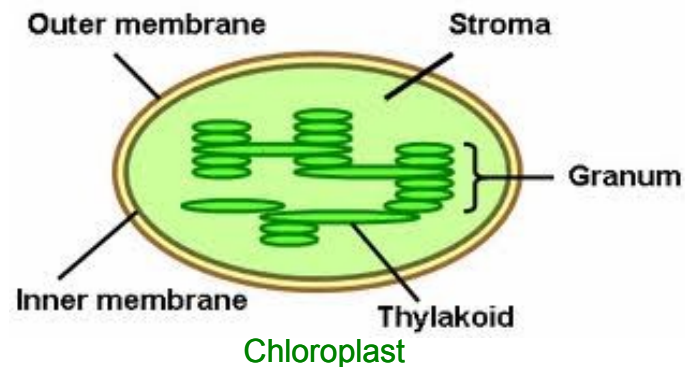
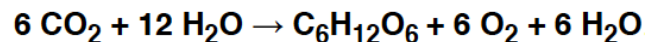
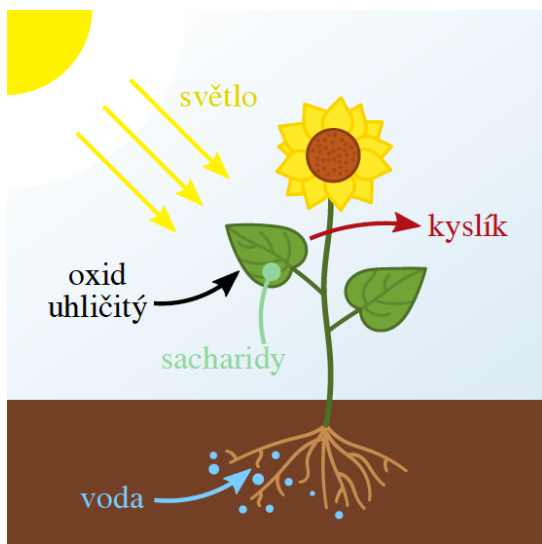
1. **Alfa-šroubovice (alpha-helix)**
2. **Beta-skládaný list (beta-sheet)**

Oba typy jsou stabilizované vodíkovými můstky mezi řetězci, tedy slabými vazbami, kterými na sebe působí také komplementární nukleové báze DNA. Zda-li je pro určitý fragment proteinu stabilnější alfa-šroubovice nebo beta-skládaný list, závisí na pořadí aminokyselin ve fragmentu.



# Příklady biofyzikálních témat

## Příklad 4. Fotosyntéza: jaký je molekulární mechanismus syntézy cukrů z CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O ?

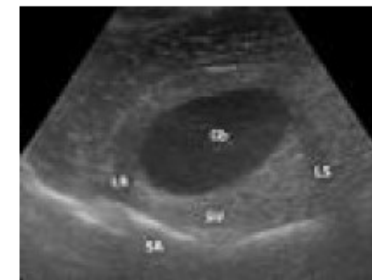
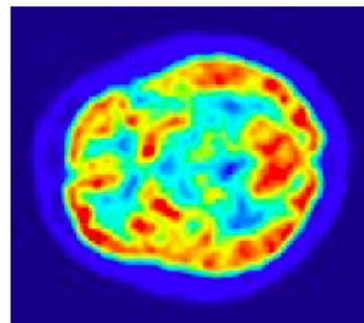


Membrána thylakoidu

Komentář: Při první fázi fotosyntézy se rozkládá voda. Vzniká kyslík a na každou molekulu kyslíku 4 elektrony a 4 protony. Elektrony jsou využity k redukci kofaktoru NADP<sup>+</sup> na NADPH, protony jsou hromaděny v dutině thylakoidu, jejich přebytek se vyrovnává průchodem membrány, kde enzym ATP-syntáza (využívá polarizované membrány jako zdroje napětí k syntéze ATP z ADP a volného zbytku kyseliny fosforečné. Energie světelná se tedy přeměňuje na elektrickou, mechanickou (ATP-syntáza je tzv. molekulární motor) a posléze chemickou. Chemická energie ATP je posléze užita pro fixaci CO<sub>2</sub> do sacharidů coby velkých zásobníků chemické energie.

# Příklady biofyzikálních témat

Příklad 5. Lékařská diagnostika. Jaká metoda je vhodná pro které lékařské vyšetření pacienta? Jak interaguje který typ vlnění s živou hmotou? Jak určit optimální vlnovou délku, intenzitu, druh zdroje?

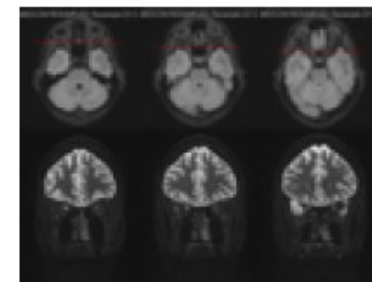
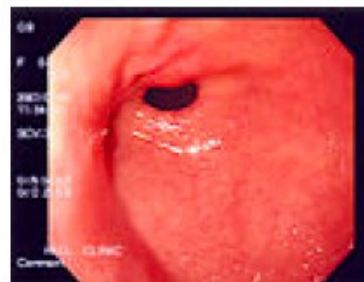
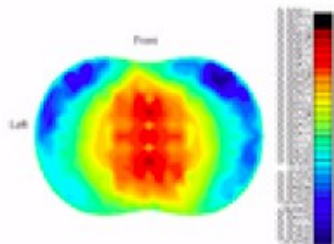


X-ray of the thorax  
(projection image)

CT chest image (axial  
section)  
Computer tomography

PET brain image  
(axial section)  
Positron emission tomography

Ultrasound image of  
the gallbladder



MRI knee joint image  
(sagittal section)

EIT of the chest  
(transverse section)  
Electrical impedance tomography

Endoscopic image of  
a stomach

MRI of the optic  
nerve (axial and  
coronal sections)

# Biofyzika je mezioborová věda

Biofyzik je konfrontován s problémy zasahujícími do

- Fyziky
- Biologie
- Chemie
- Medicíny
- Matematiky

Jako každý přírodovědec, musí ovládat **principy statistického vyhodnocování** experimentů

Connections among biosciences, fundamental sciences, and some of the applied sciences

A. I. Popescu, ROMANIAN J. BIOPHYS., Vol. 12, Nos. 3–4, P. 129–136, BUCHAREST, 2002