



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 2023
Přednáška ze 21.9.2023**

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

... 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**.

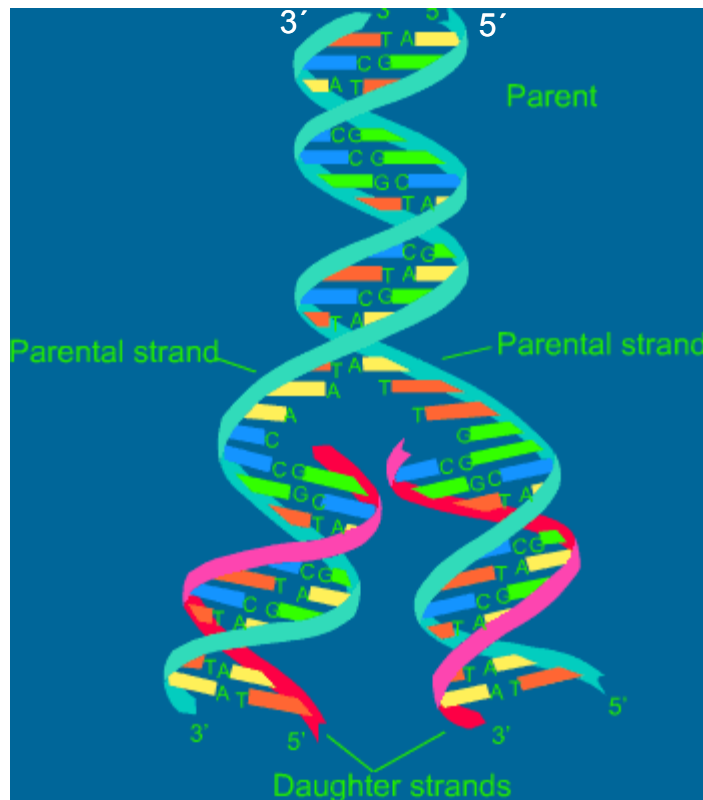
www.biophysics.org/tabid/517/Default.aspx

... 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

1. Replikace DNA:

Jakým mechanismem se při dělení buňky vytvoří z nesmírně dlouhé dvojité šroubovice DNA (u člověka: ~3 m) dvě nové identické dvojité šroubovice?



Metody studia: Organická syntéza (k manipulaci DNA, modifikaci bazí, značkování nukleotidů radioaktivními prvky atd.), gelová elektroforéza, spektroskopické metody, měření kinetiky reakcí, metody k oddělení frakce DNA z buněčných extraktů (např. ultracentrifugace)

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

Metaloproteiny transportující kyslík: vazebná místa

Hemoglobin

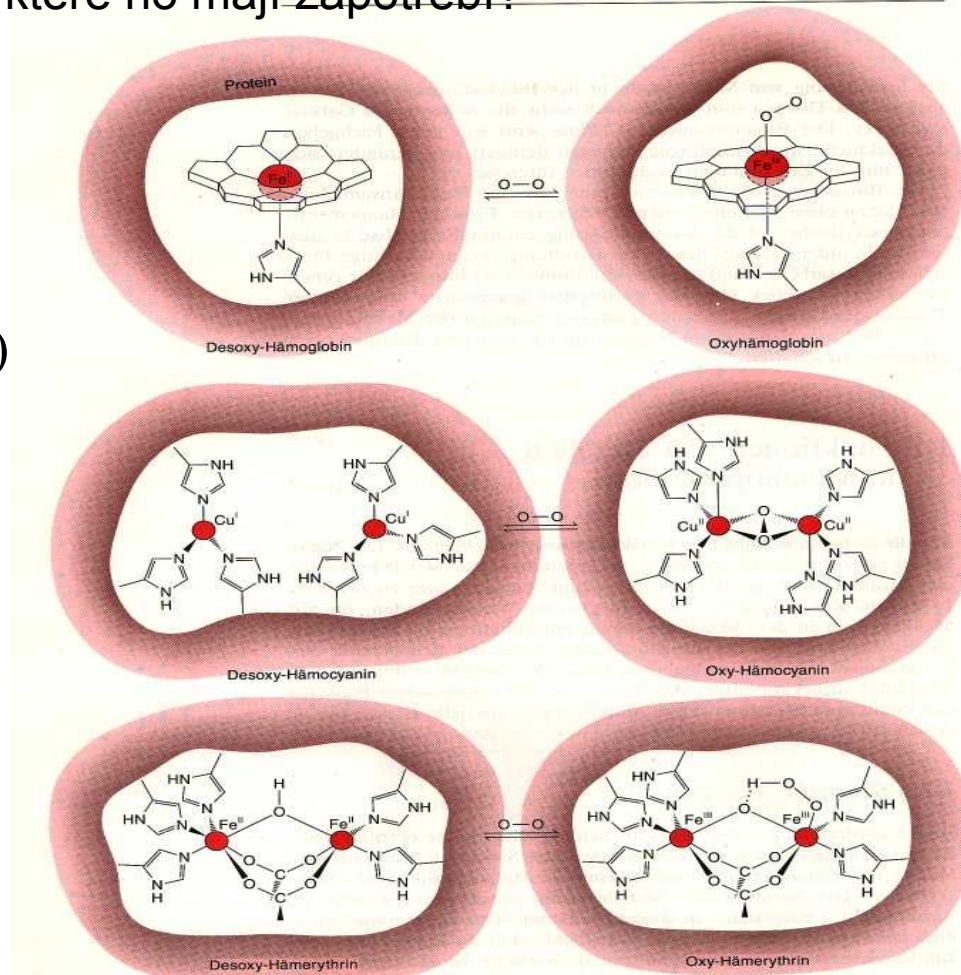
(obratlovci, někteří bezobratlí)

Hemocyanin

(měkkýši, někteří členovci)

Hemerythrin

(někteří mořští bezobratlí)

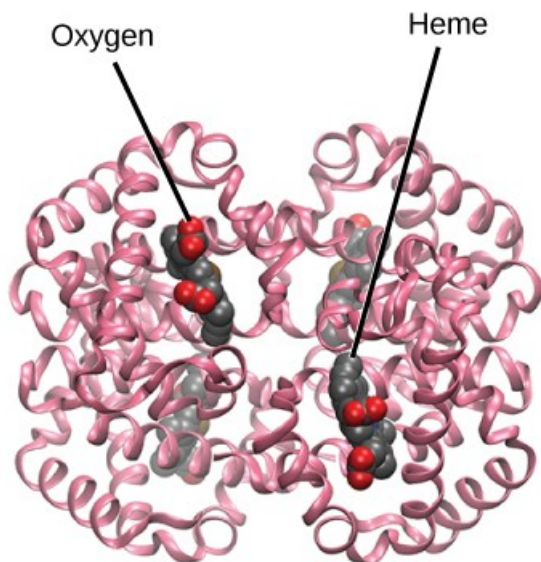


Lippard: Bioinorganic Chemistry, 1994

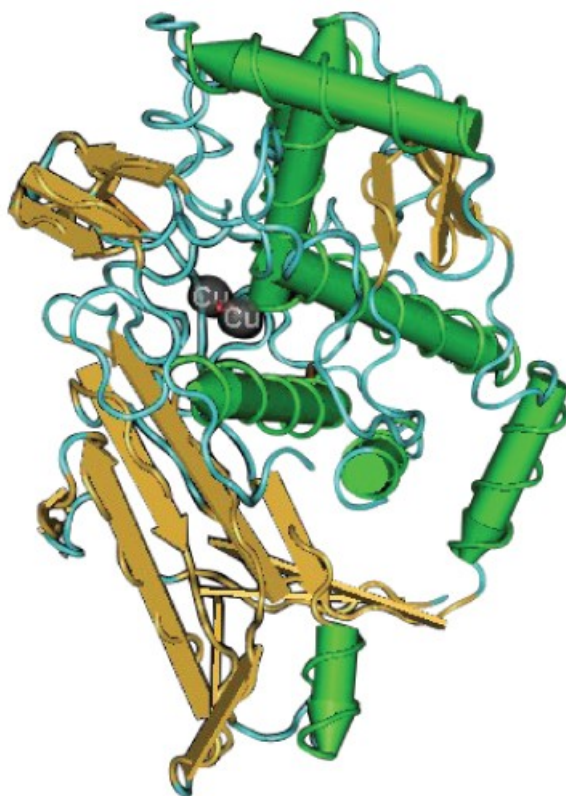
Metody studia: **Rentgenová krystalografie, NMR, EPR a molekulové simulace** ke zjištění prostorového uspořádání metaloproteinů transportujících kyslík, **spektroskopické metody** ke studiu vazby kovových kationtů (Fe^{2+} , Cu^+) na kyslík, **dozimetrie** k měření koncentrace O_2 a CO_2 , **anorganická syntéza** umělých transportérů O_2 napodobujících aktivní místo metaloproteinu, kde proteinová kostra je nahrazena malými organickými nebo anorganickými ligandy, **kvantově-chemické výpočty** k pochopení reakčních mechanismů

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?

→ Studium prostorové struktury proteinů (**Rentgenová krystalografie, NMR, EPR [pro paramagnetické proteiny], molekulové modelování**)



(a) Hemoglobin



(b) Hemocyanin

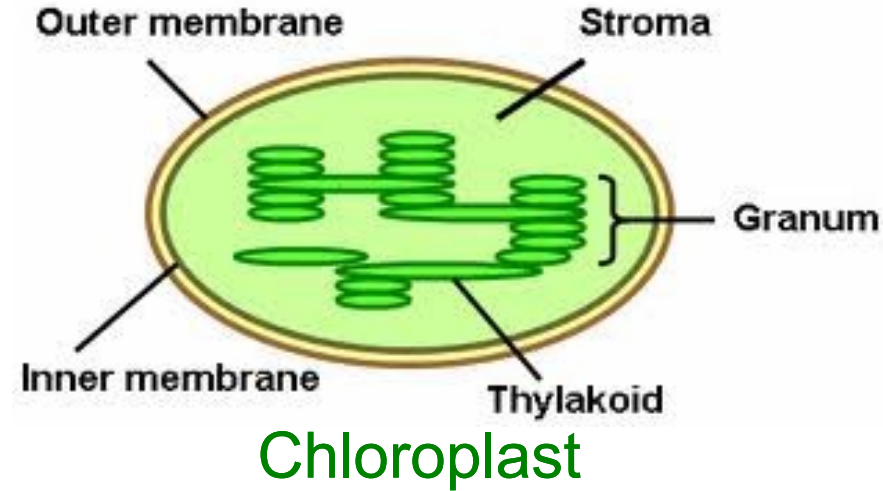
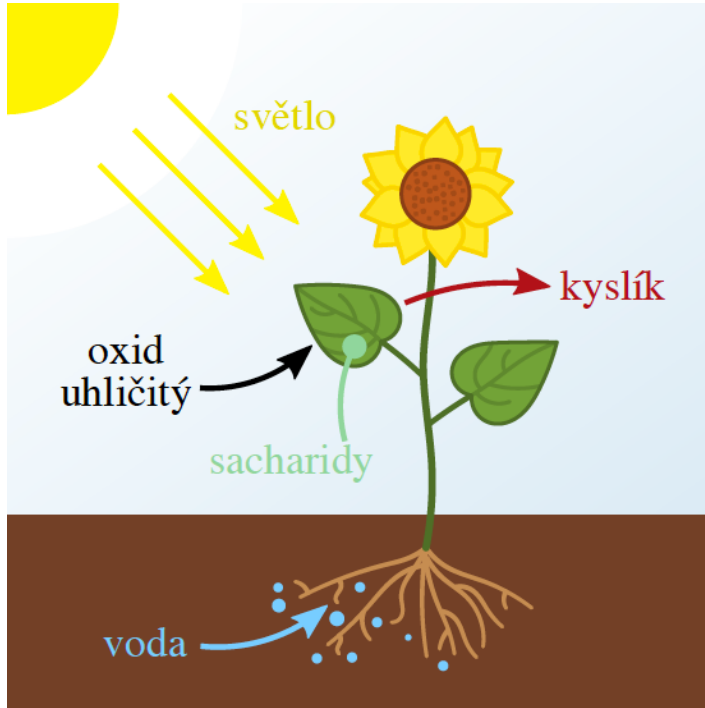
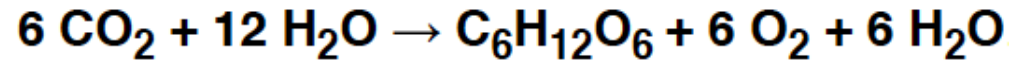


(c) Hemerythrin

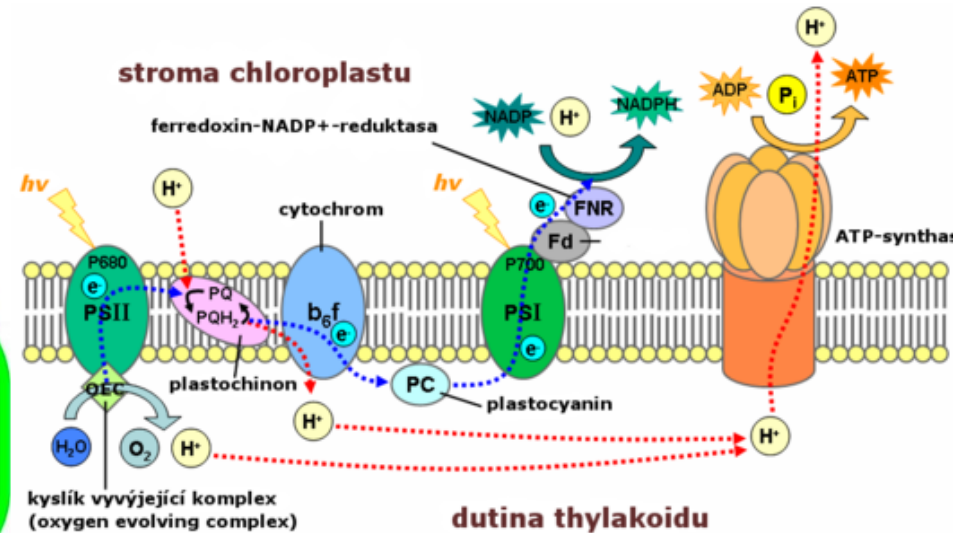
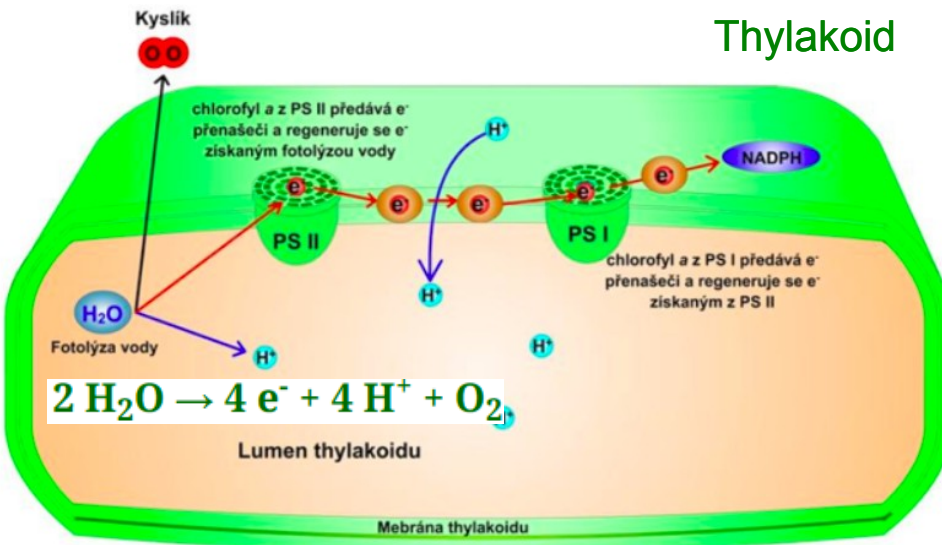
Struktury proteinů hemoglobin (a), hemocyanin (b), hemerythrin (c)

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

4. Fotosyntéza: jaký je molekulární mechanismus syntézy cukrů z CO₂ a H₂O ?

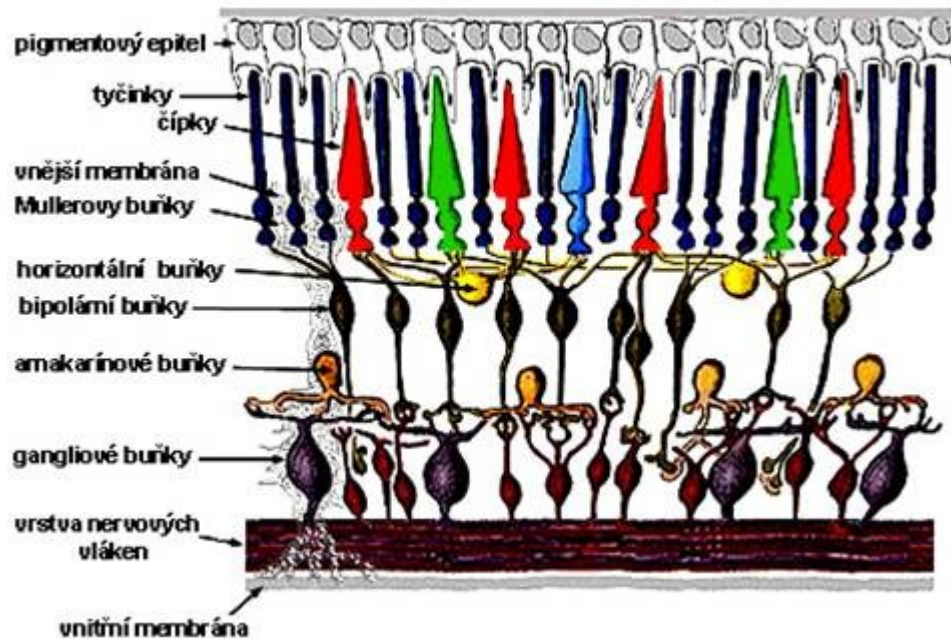
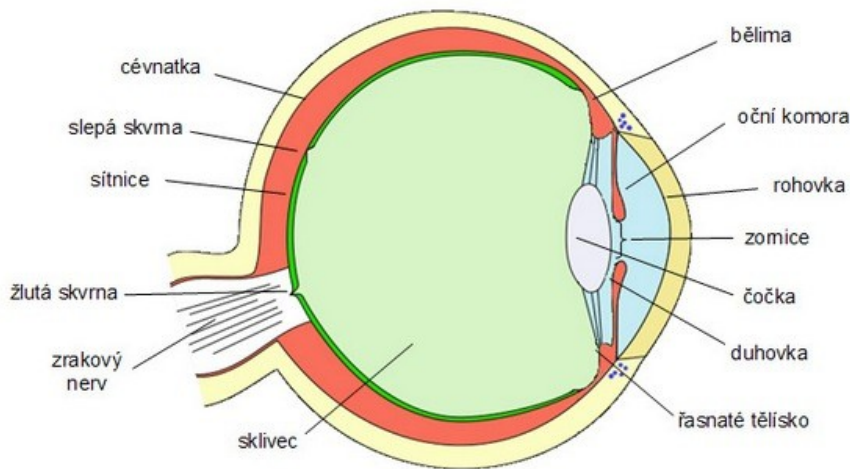


Thylakoid



Membrána thylakoidu

5. Jak detekuje oko světelné signály, a jak jsou tyto signály přeměňovány na elektrické impulzy? Jak se diferencuje oční barvivo v čípcích, jodopsin na detekci různě barevného světla?



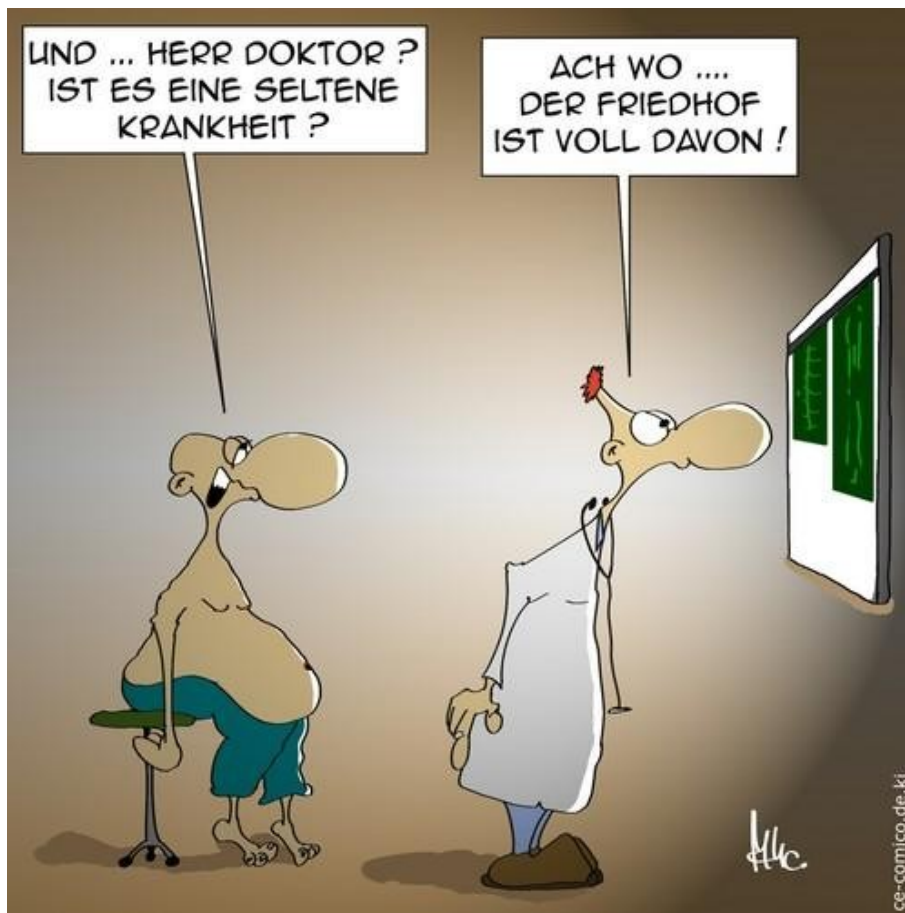
průřez sítnicí

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/486-stavba-oka>

Metody studia: Komplexní anatomické experimenty, spektroskopická, elektrická a mechanická měření, studie fotochemických reakcí a j.

Přenosem světelného signálu v oku na elektrický impuls a "laděním" vlnové délky v čípcích na červené, zelené či modré světlo, se budeme zabývat v přednášce „Základy molekulární biofyziky“ (F5351) ve třetím ročníku.

6. 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?



RTG
MRI
CT
EKG
Ultrazvuk
Magnetoterapie
Scintigrafie

Metody studia: Fyzikálně-chemické experimenty in vitro (na biomolekulách v chemické laboratoři, na buněčných kulturách v biologické laboratoři) a in vivo (na zvířatech), klinické studie.

Stěžejní roli hraje statistické vyhodnocování experimentů, velmi často nutno použít výpočetní metody.

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

Syllabus přednášek, otázky a řešení ke cvičením, otázky ke kolokviu jsou vyvěšovány na stránkách Biofyzikální Laboratoře:

<http://physics.muni.cz/biophys/vyuka.shtml>

Tabulka: BIOGENNÍ PRVKY

Kategorie	Prvek	Význam
Hlavní prvky = makrobiogenní > 1 %	H	Základní stavební jednotky organických sloučenin.
	C	
	O	
	N	
	Ca	V kostech a zubech (90 %), kofaktor enzymů, složka membrán, regulátor svalové aktivity.
	P	V kostech a zubech (80 %), součást nukleových kyselin a nukleotidů.
Mikrobiogenní (0,01 – 1 %)	Na	Hlavní kation extracelulárních kapalin, účastní se na vzniku a šíření impulsů v nervové tkáni.
	K	Hlavní kation intracelulárních kapalin, účastní se na vzniku a šíření impulsů v nervové tkáni a při svalové kontrakci.
	S	Vyskytuje se v bílkovinách a dalších látkách.
	Cl	Hlavní anion žaludeční šťávy a krve.
	Mg	Vyskytuje se v kostech (60 %), kofaktor řady enzymů.
Stopové prvky < 0,01 %	Fe	kofaktor řady oxidoreduktáz, transport O ₂
	Zn	kofaktor řady enzymů
	Cu	kofaktor mnohých oxidáz
	I	v hormonech štítné žlázy
	Mn	kofaktor některých enzymů
	Mo	- “ - “ - “ - “ - “ - “ -
	Co	součást vitamínu B ₁₂
	B	důležitý v rostlinách (kofaktor enzymů)
	Si	přítomen v nižších formách živé hmoty
V	součást některých barviv nižších forem živé hmoty	

Tabulka: BIOGENNÍ PRVKY

Kategorie	Prvek	Význam
Hlavní prvky = makrobiogenní > 1 %	H	
	C	Základní stavební jednotky organických sloučenin.
	O	
	N	
	Ca	V kostech a zubech (90 %), kofaktor enzymů, složka membrán, regulátor svalové aktivity.
	P	V kostech a zubech (80 %), součást nukleových kyselin a nukleotidů.
Mikrobiogenní (0,01 – 1 %)	Na	Hlavní kation extracelulárních kapalin, účastní se na vzniku a šíření impulsů v nervové tkáni.
	K	Hlavní kation intracelulárních kapalin, účastní se na vzniku a šíření impulsů v nervové tkáni a při svalové kontrakci.
	S	Vyskytuje se v bílkovinách a dalších látkách.
	Cl	Hlavní anion žaludeční šťávy a krve.
	Mg	Vyskytuje se v kostech (60 %), kofaktor řady enzymů.
Stopové prvky < 0,01 %	Fe	kofaktor řady oxidoreduktáz, transport O ₂
	Zn	kofaktor řady enzymů
	Cu	kofaktor mnohých oxidáz
	I	v hormonech štítné žlázy
	Mn	kofaktor některých enzymů
	Mo	- “ - “ - “ - “ - “ - “ -
	Co	součást vitamínu B ₁₂
	B	důležitý v rostlinách (kofaktor enzymů)
	Si	přítomen v nižších formách živé hmoty
V	součást některých barviv nižších forem živé hmoty	

V úvodu se soustředíme na prvky H, C, O, N, P, S, které tvoří základní stavební kameny nukleových kyselin a proteinů: nukleotidy a aminokyseliny.

Izotopy šesti nejvýznamějších biogenních prvků

Prvek	Izotopy stabilní* (jaderný spin; %)	Izotopy radioakt. (poločas rozpadu)	Oxidační čísla ve sloučeninách
H	^1H (1/2; 99.8%) ^2H (1; 0.2%)	^3H (12.3 y) β	-I, +I
C	^{12}C (0; 89.9%) ^{13}C (1/2; 1.1%)	^{14}C (5730 y) β	-IV, -III, -II, -I, 0, +I, +II, +III, +IV
N	^{14}N (1; 99.6%) ^{15}N (1/2; 0.4%)		-III, +I, +II, +III, +IV, +V
O	^{16}O (0; 99.96%) ^{17}O (5/2; 0.04%)		-II (O^{2-} , H_2O), -I (O_2^{2-} , H_2O_2), -0.5 (O_2^- , superoxid)
P	^{31}P (1/2; 100%)	^{32}P (14.3 d) β	-III, +III, +V (fosfát)
S	^{33}S (3/2; 0.76%)		-II, +IV, +VI

• Izotopy s nenulovým spinem je možno detegovat pomocí Nukleární Magnetické Rezonance (NMR)

Izotopy se spinem $\frac{1}{2}$ je možno detegovat s vysokým rozlišením

Cvičení 1: Pojmenujte následující sloučeniny a napište ke každému atomu oxidační číslo:

