

Predmet:
Bioneorganska hemija

Studijski program: Master akademske studije, Hemija 2014

Modul: Istraživanje i razvoj; Profesor hemije

Status predmeta: Izborni

Šifra predmeta: (H-222-B)

Semestar: I

Predmetni Profesori:

Prof. dr Ružica S. Nikolić

Doc. dr Nenad S. Krstić

Predmetni Asistent:

Doc. dr Nenad S. Krstić

Bioelementi, uvod

- U prirodi, sa većom ili manjom osetljivošću, može se identifikovati 90 elemenata.
- U grupu najrasprostranjenijih bioloških elemenata ulazi **18 elemenata**.
- Šest elemenata: **C, H, N, O, P i S** ulaze u sastav proteina i nukleinskih kiselina, čine osnovu života na Zemlji i više od 97% težine većine živih organizama.
- Dvanaest drugih elemenata su veoma značajni za životnu aktivnost organizma. Tu spadaju nemetali **Cl i I**, i metali **Na, K, Mg, Ca, Fe, Co, Cu, Zn, Mn i Mo**. Ovi metali se nazivaju "**biometalima**".

➤ Prema novijim podelama elementi koji imaju važnu ulogu za živi svet mogu se podeliti u 4 velike grupe:

1) glavni elementi (H, C, N, O, P, S),

2) makrominerali i joni (Na, K, Mg, Ca, Cl, PO_4^{3-} , SO_4^{2-}),

3) „trace elements“ elementi u tragovima (Fe, Zn, Cu),

4) „ultratrace elements“ koji obuhvataju nemetale (F, I, Se, Si, As, B) i metale (Mn, Mo, Co, Cr, V, Ni, Cd, Sn, Pb, Li).

Prosečan sadržaj elemenata u ljudskom organizmu (prosečne mase od 70 kg)

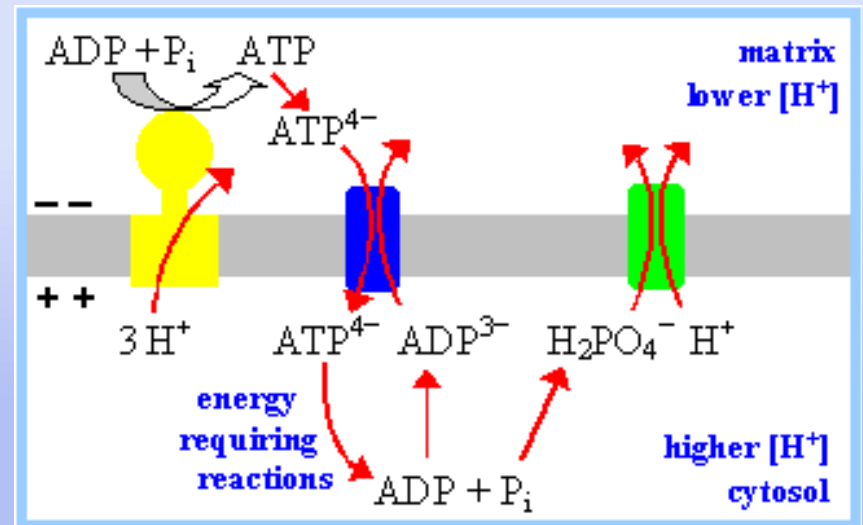
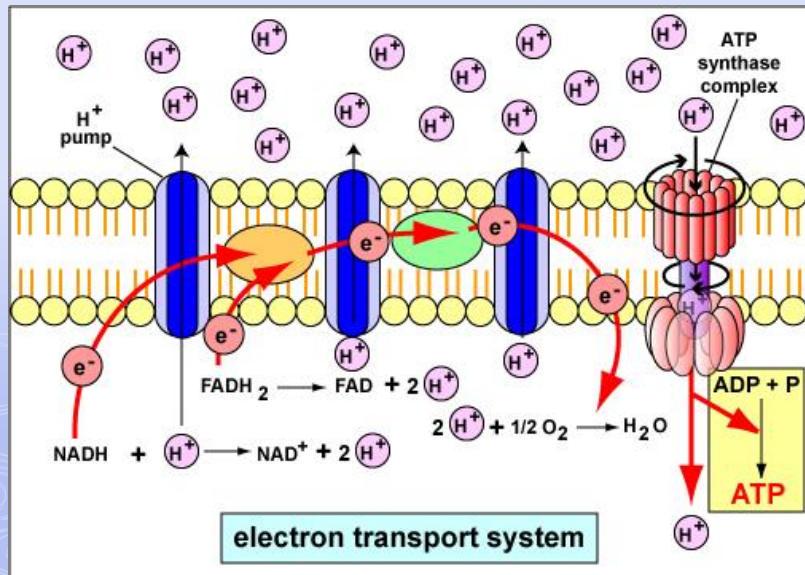
| <i>Osnovni elementi i mineralni joni</i> | | | |
|--|---------|----|--------|
| O | 44.0 kg | P | 680 g |
| C | 12.6 kg | K | 150 g |
| H | 6.6 kg | Cl | 115 g |
| N | 1.8 kg | S | 100 g |
| Ca | 1.7 kg | Na | 70 g |
| | | Mg | 42 g |
| <i>Metali u tragovima</i> | | | |
| Fe | 5000 mg | Mn | 70 mg |
| Zn | 3000 mg | Mo | 14 mg |
| Cu | 280 mg | Co | ~ 3 mg |

Procentualni sadržaj bioelemenata u organizmu odraslog čoveka

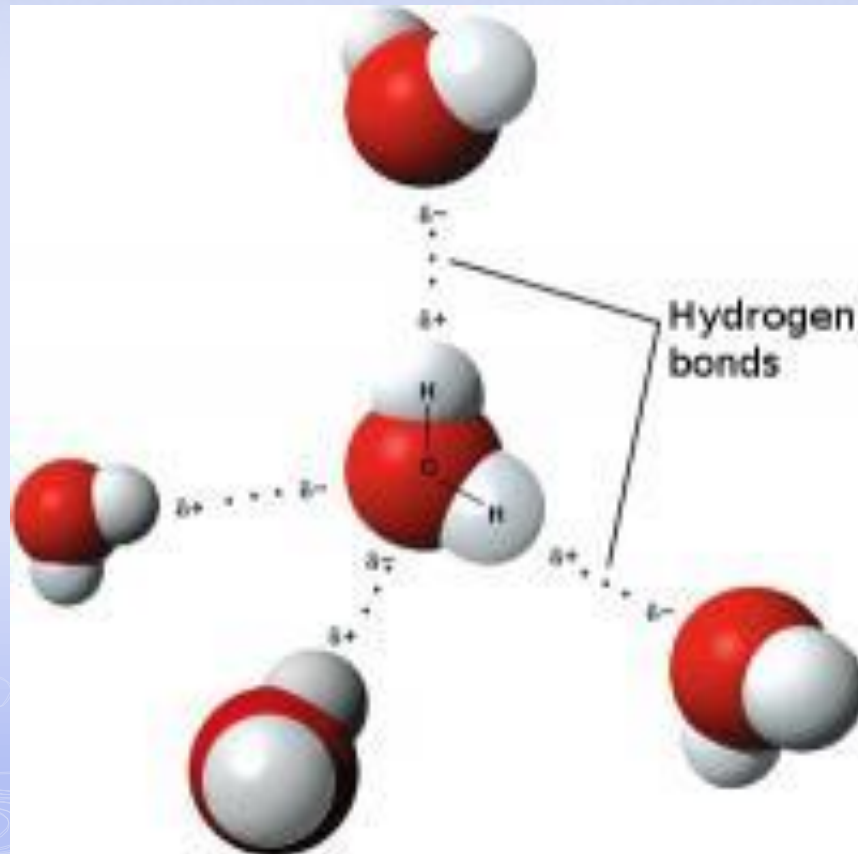
| Element | Percentage (by weight) | Element | Percentage (by weight) |
|------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| Oxygen | 53.6 | Silicon, Magnesium | 0.04 |
| Carbon | 16.0 | Iron, fluorine | 0.005 |
| Hydrogen | 13.4 | Zinc | 0.003 |
| Nitrogen | 2.4 | Copper, bromine | 2×10^{-4} |
| Sodium, potassium, sulfur | 0.10 | Selenium, manganese, arsenic, nickel | 2×10^{-5} |
| Chlorine | 0.09 | Lead, cobalt | 9×10^{-6} |

Vodonik

- Vodonik učestvuje u kovalentnim vezama sa mnogim nemetalima, pre svega C i N.
- U najvećem broju redoks procesa uključeni su u proces transfera jednog ili dva elektrona i učestvuju u stvaranju gradijenta protona kroz biološke membrane, što je neophodno za sintezu ATP molekula (nosioca energije).



➤ Sastavni je deo molekula H_2O , koja čini 70% mase čovekovog organizma. Jedna od bitnih karakteristika vodonika je i sposobnost da gradi **vodonične veze** koje su od značaja za brojne biološke procese i stanja u organizmu.

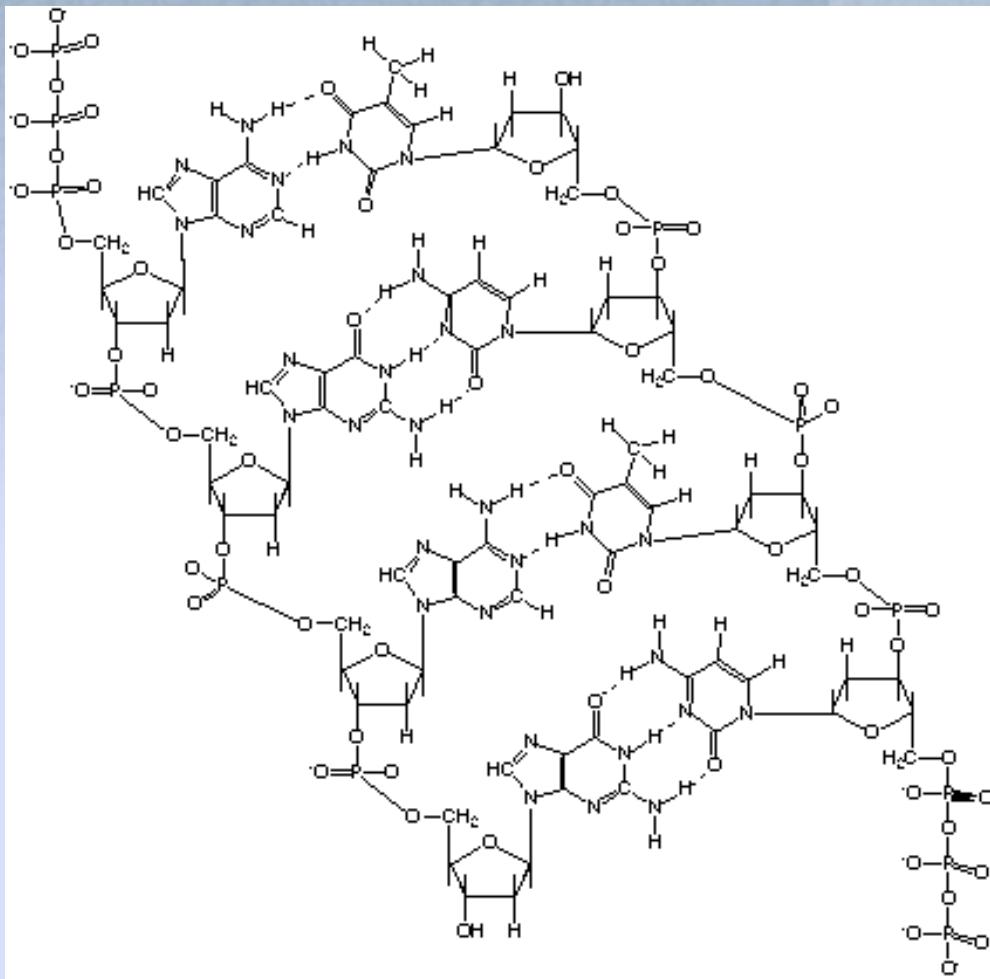


Bor

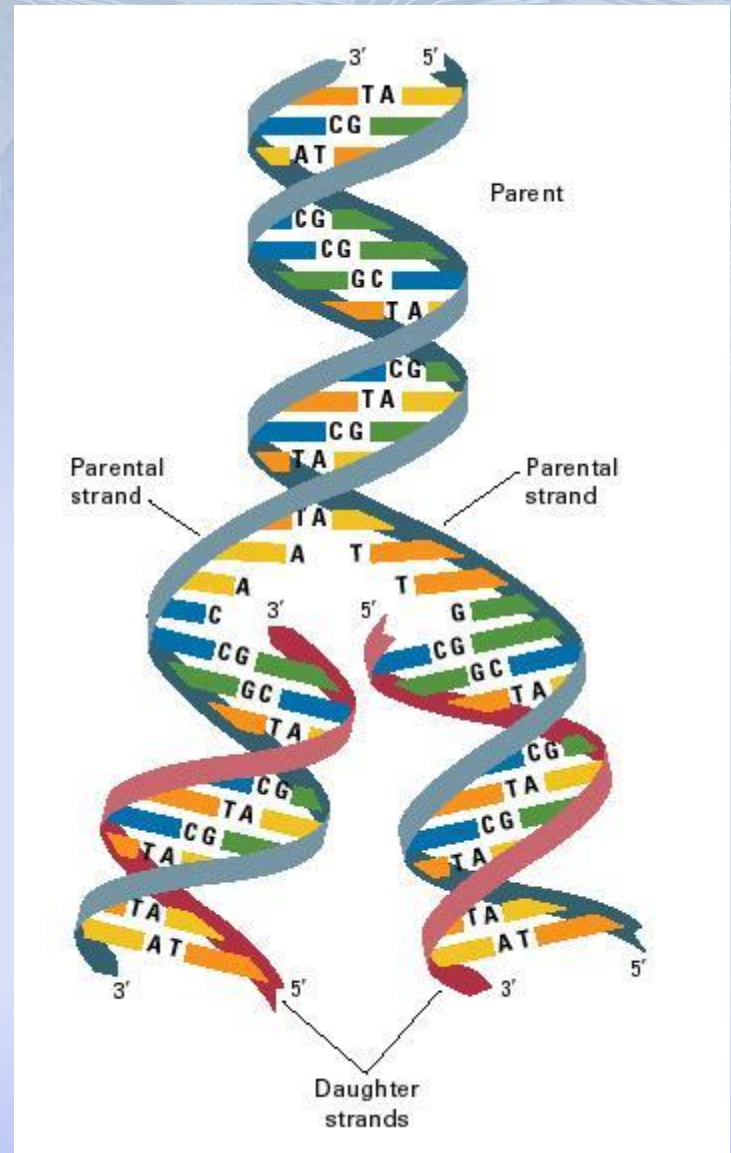
➤ Bor je esencijalni element za biljke. Polietar-makrolid antibiotik, bromicin, koji sadrži bor je izolovan kao potencijalni anti-HIV agens.

Ugljenik

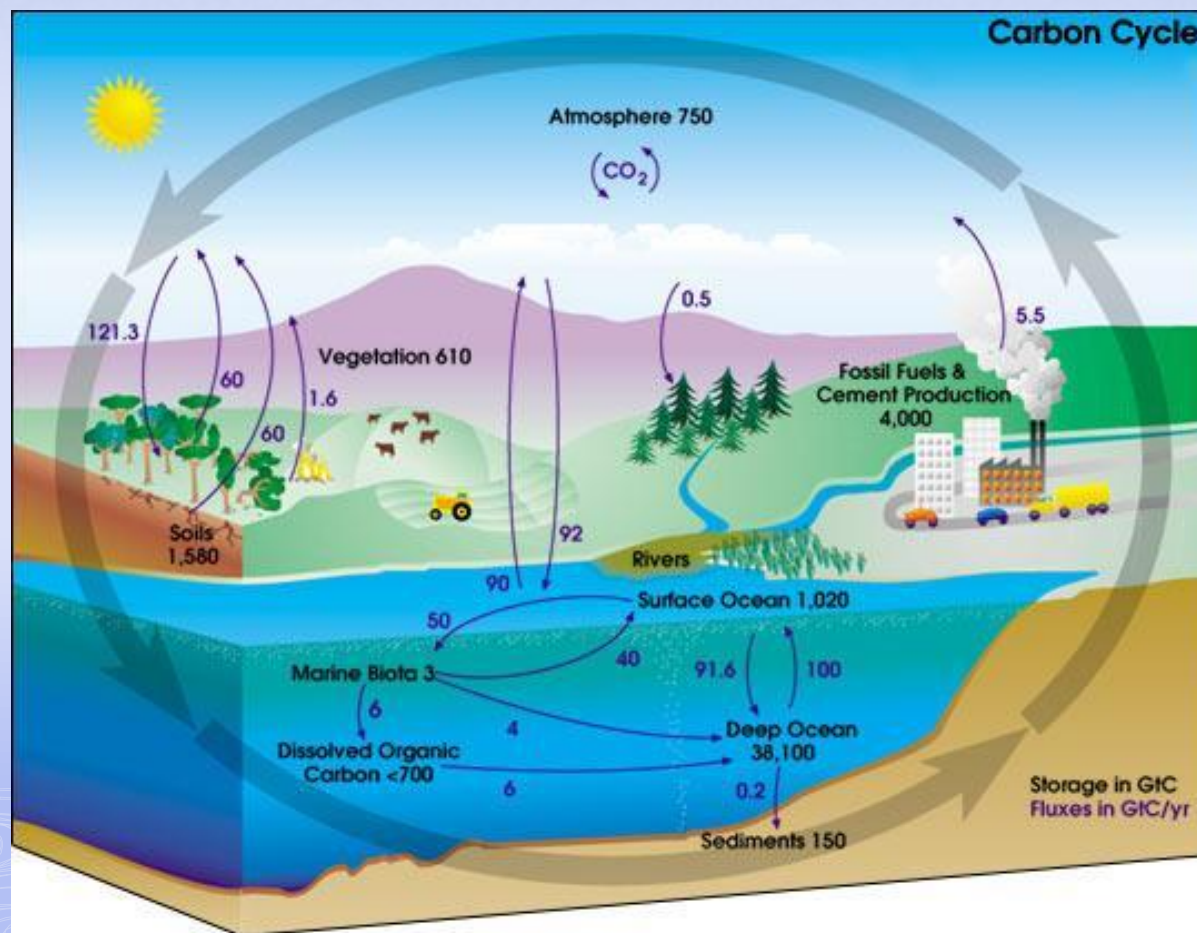
➤ Ugljenik je verovatno jedan od najvažnijih elemenata za život, skoro svaki deo ljudskog tela je izgrađen od ugljenika kao „gradivnog“ elementa i to u većem procentu. To je jedan od 6 glavnih bioelemenata i drugi najjednostavniji element u ljudskom organizmu. Ugljenik je jedna od konstituenata DNK kiselina i osnovni „gradivni blok“ organske materije u organizmu.



DNK



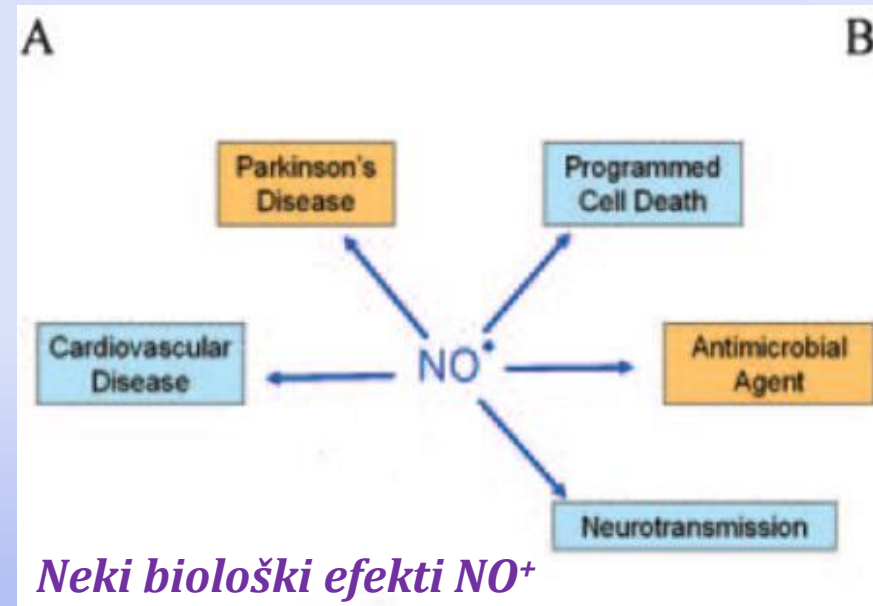
Ugljen-dioksid (CO_2) se prevodi tokom brojnih životnih procesa u različita jedinjenja ugljenika, koji se zatim prevode u fosilna goriva tokom procesa raspadanja u prirodi, čijim kasnijim sagorevanjem opet dolazi do nastanka CO_2 . Jedinjenja ugljenika kao što su CO i $-\text{CN}$ veoma su opasna.



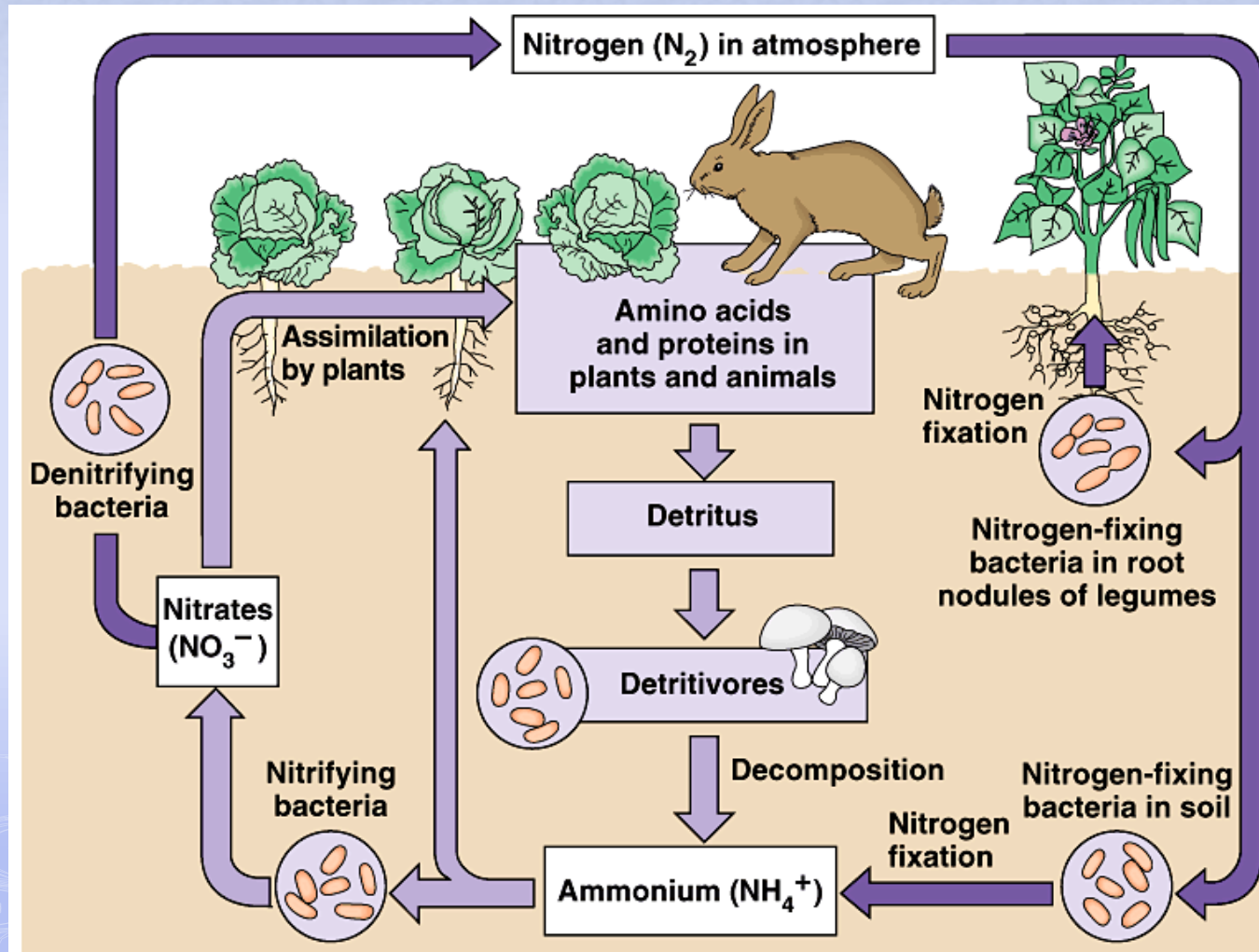
Azot

➤ Azot ima veliku ulogu u **dogestiji hrane i rastu**. Ljudi ne mogu koristiti azot iz forme u kojoj je on prisutan u vazduhu, već ga u organizam unose preko hrane koja je bogata ovim elementom (spagete, salate, razne žitarice).

➤ Kod biljaka azot je jedan od tri najvažnija elementa za njihov rast i razvoj. Ulazi u sastav aminokisline, protein, purinskih i pirimidinskih baza, raznih pigmenta, pa prema tome njegova funkcija u organizmu je povezana sa funkcijom ovih biomolekula.



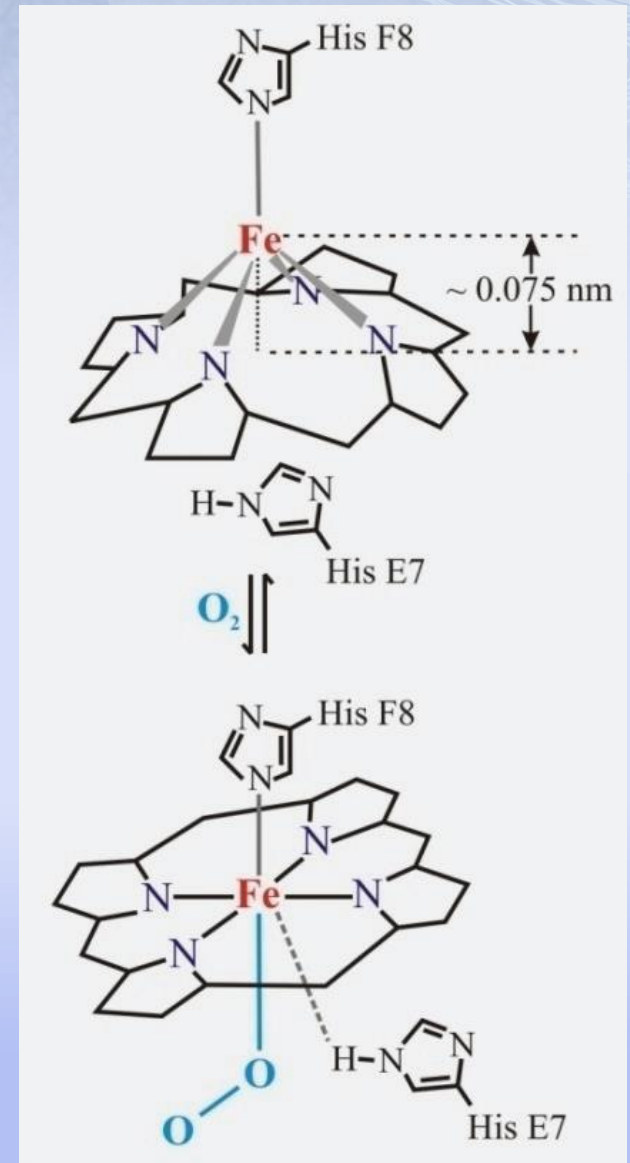
➤ Ciklus azota u prirodi je veoma važan za funkcionisanje života na zemlji, biljke koriste azot iz atmosfere, zatim preko životinja ulazi u lanac ishrane i potom se opet azot vraća u atmosferu.



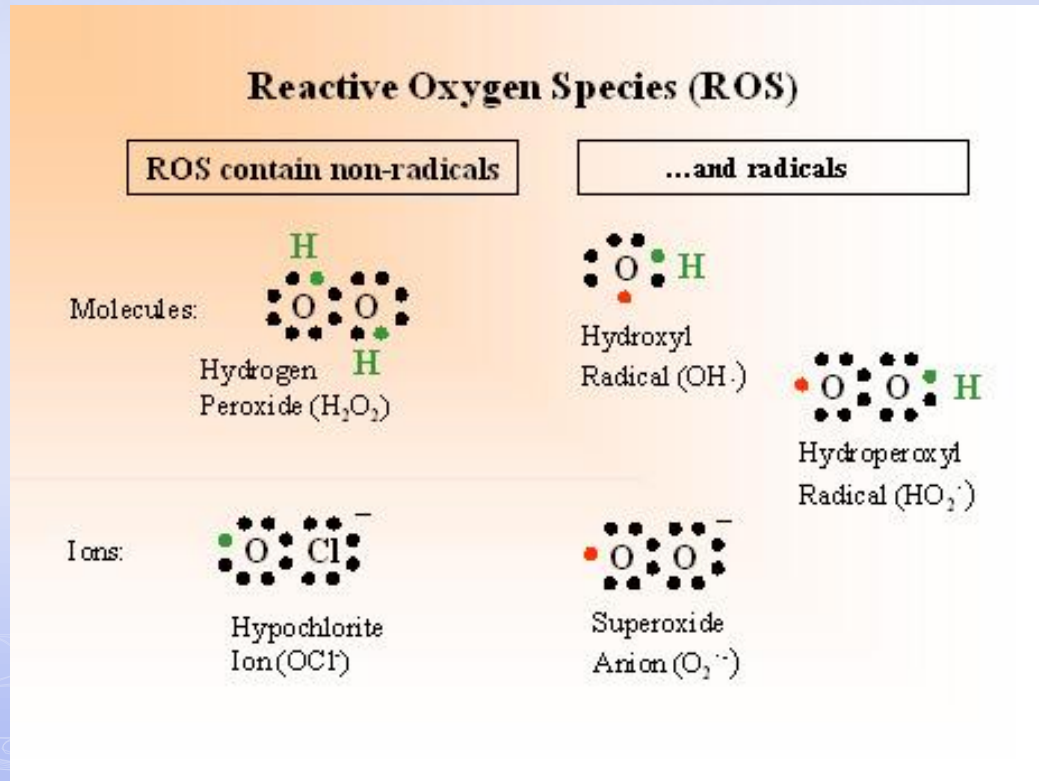
Kiseonik

➤ Kiseonik je veoma važan element (makronutrient) za živi svet jer učestvuje u ostvarenju vitalno važne funkcije – disanja ili respiracije.

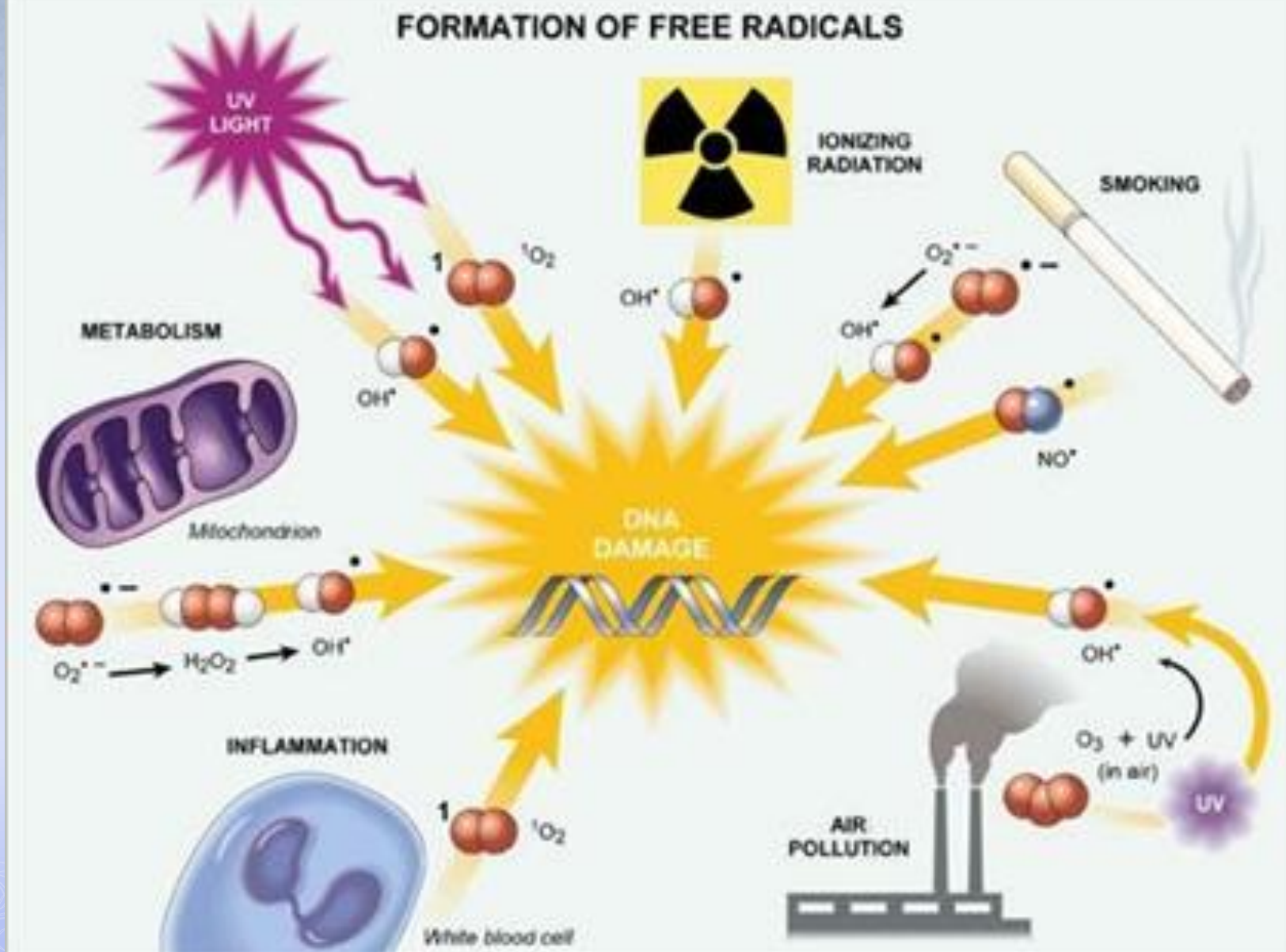
➤ Učestvuje u formiranju molekula H_2O koji je veoma važan za život na Zemlji. Poznato je da voda čini više od 70% organizma i kao takva ima važnu ulogu u njemu (transport, rastvaranje različitih hranljivih materija).



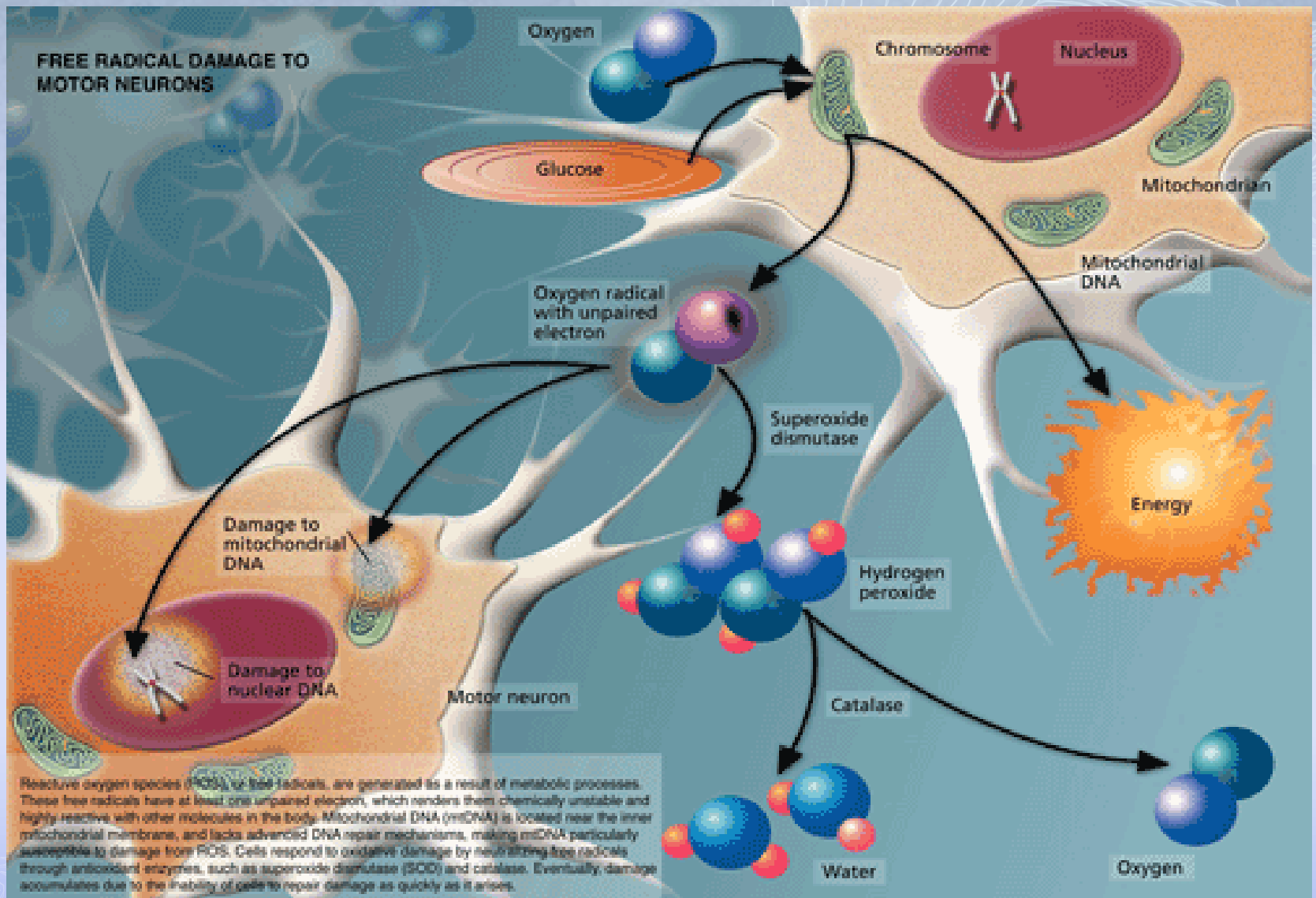
- Kiseonik čini oko 60% od ukupne mase čoveka. Konstituent je *DNK, enzima* i drugih važnih bioloških jedinjenja.
- Kiseonične radikalske vrste (*ROS*) imaju veoma važnu ulogu u brojnim procesima koji se odigravaju u organizmu.



FORMATION OF FREE RADICALS



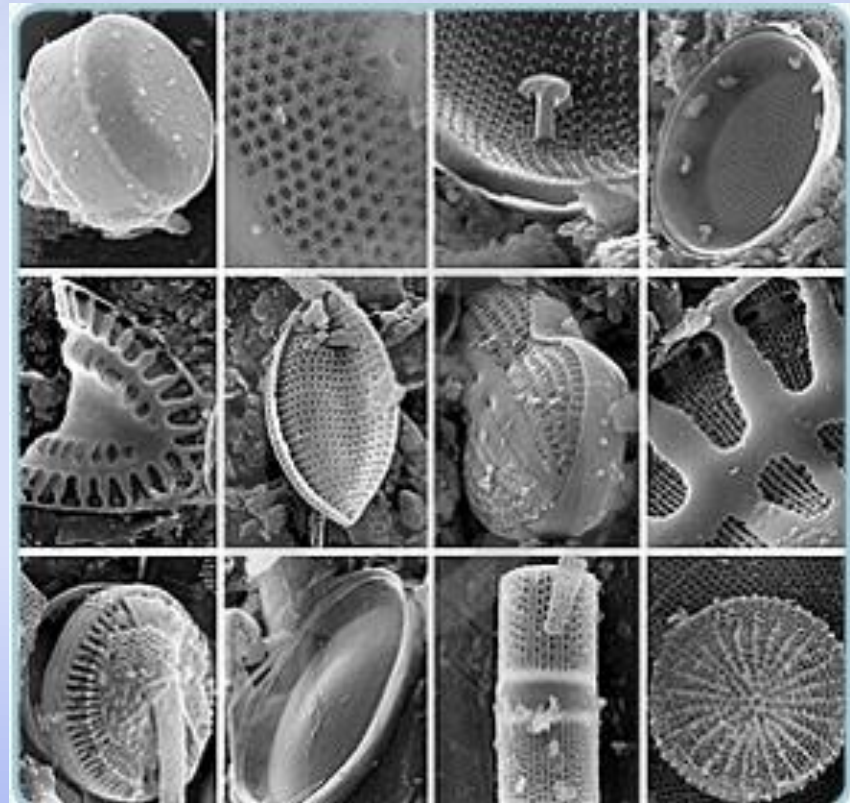
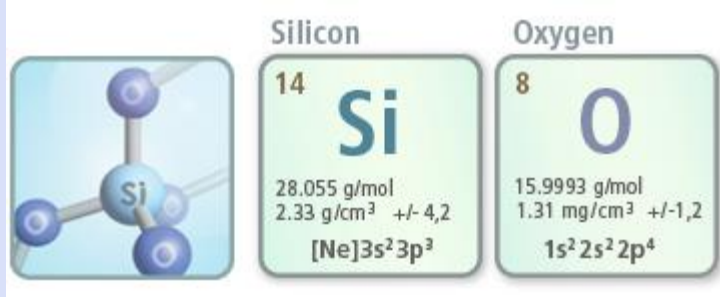
Formiranje reaktivnih kiseoničnih vrsti i štetni uticaj na DNK kiselinu



Štetni uticaj reaktivnih kiseoničnih vrsti na motorne neurone

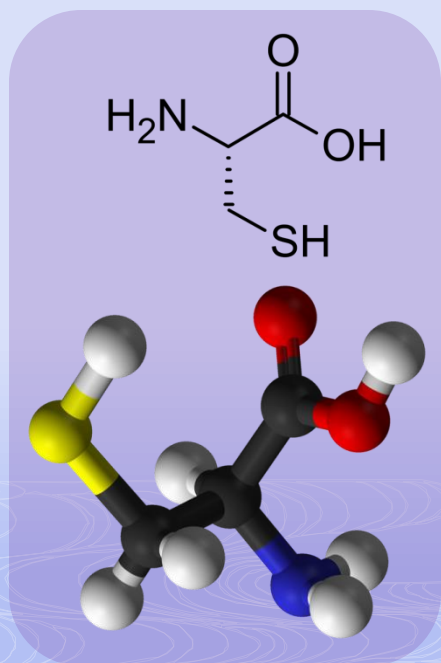
Silicijum

➤ Silicijum ima preventivnu ulogu kod koštano-zglobnih promena i kod starenja kože. Kod biljaka ulazi u sastav biosilikata. Hrana bogata silicijumom: žitarice, lucerka, repa, paprika, pasulj i grašak

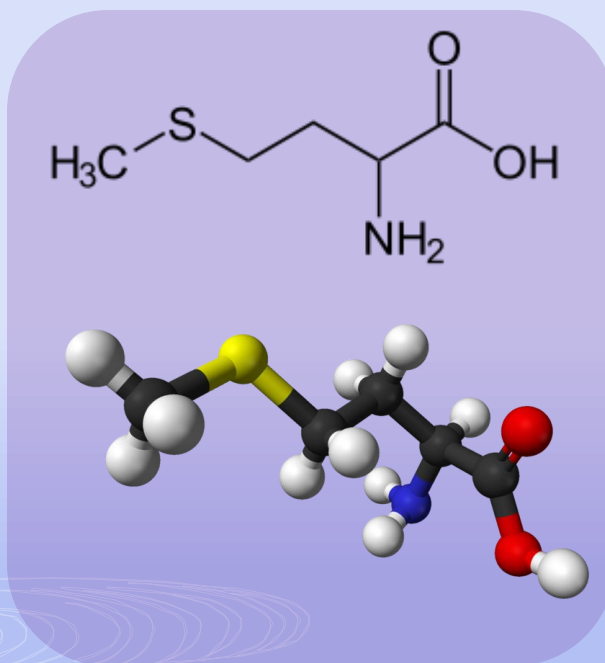


Sumpor

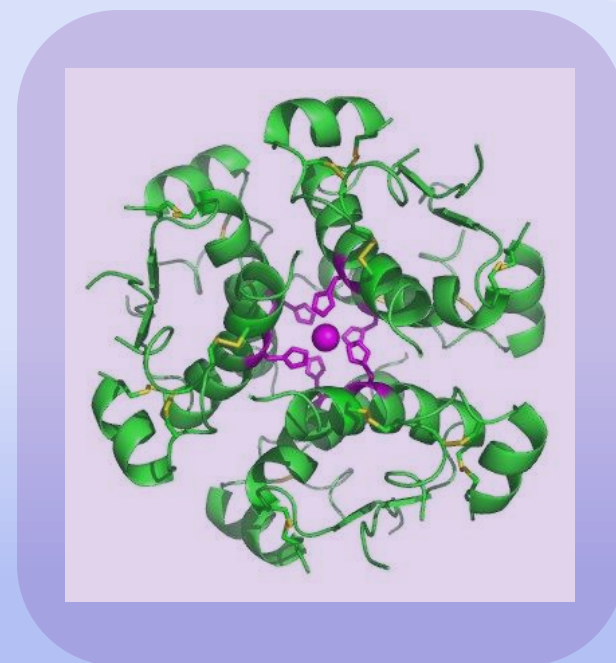
➤ Sumpor se nalazi u svim ćelijama ljudskog organizma kao sastavni deo ćelijskih proteina. Organski S ulazi u sastav aminokiselina (cistein i metionin), glikoproteina hrskavica i koštanog matriksa, keratina u kosi i noktima, heparina, insulina, biotina, tiamina, koenzima A, i dr.



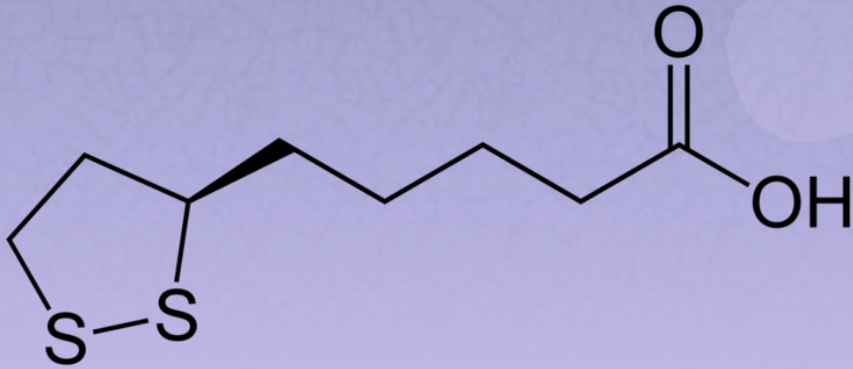
cistein



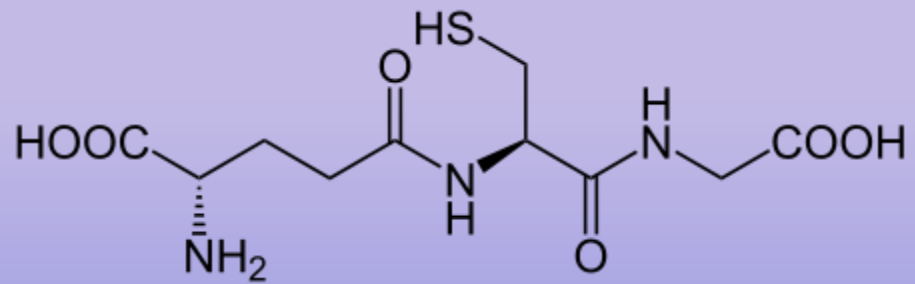
metionin



insulin



Liponska kiselina (LA)



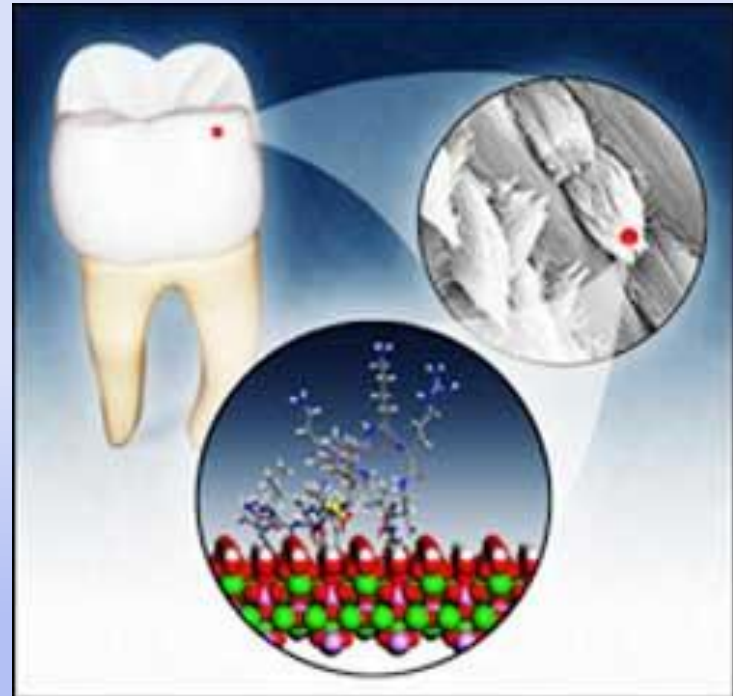
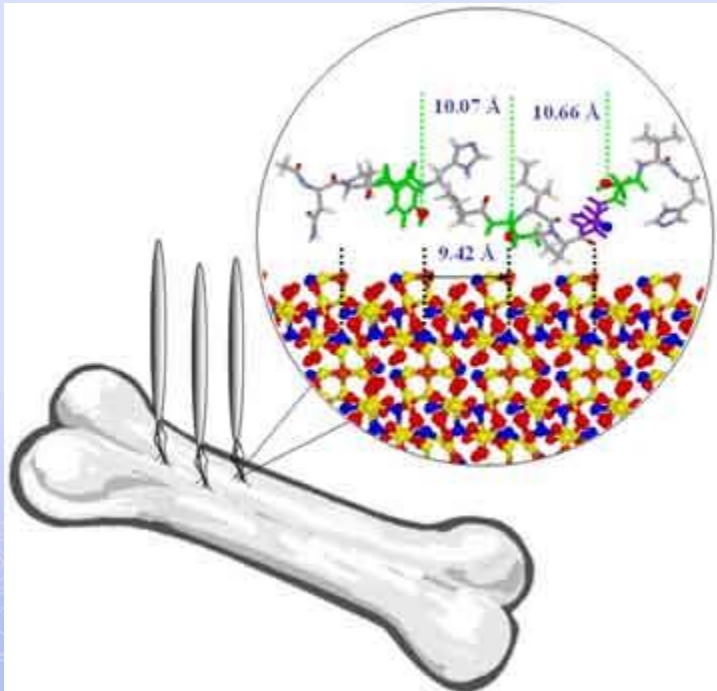
Glutation (GSH)

➤ Elementarni S se u namirnicama nalazi zajedno sa Na, K i Mg. Dnevne potrebe S se zadovoljavaju unosom hrane koja sadrži dovoljne količine proteina (meso, mleko, jaja, sir).



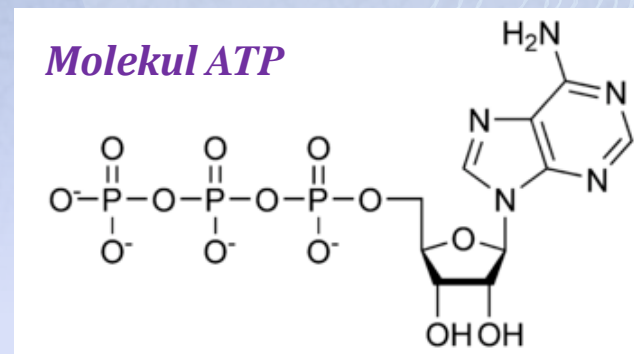
Fosfor

- Fosfor je nakon Ca najzastupljeniji mineral u ljudskom organizmu (čini oko 1% ukupne telesne mase).
- 80-90% P u ljudskom organizmu se nalazi u kostima i zubima, dok se preostali deo nalazi u krvi i mekim tkivima. Ima brojne veze sa metabolizmom Ca, ali ima i sopstvene značajne metaboličke uloge.



➤ Dnevne potrebe za fosforom iznose:

- za novorođenčad (do 6 meseci) – 100 mg,
- za decu od 6 meseci do jedne godine – 275 mg,
- za decu od 1-10 godina – 500-800 mg,
- za mlade od 11-25 godina – 1250 mg,
- za odrasle – 700 mg, i
- za žene u trudnoći i laktaciji – 1200 mg.



➤ Glavni izvor P predstavljaju mleko i mlečni proizvodi kao i meso.

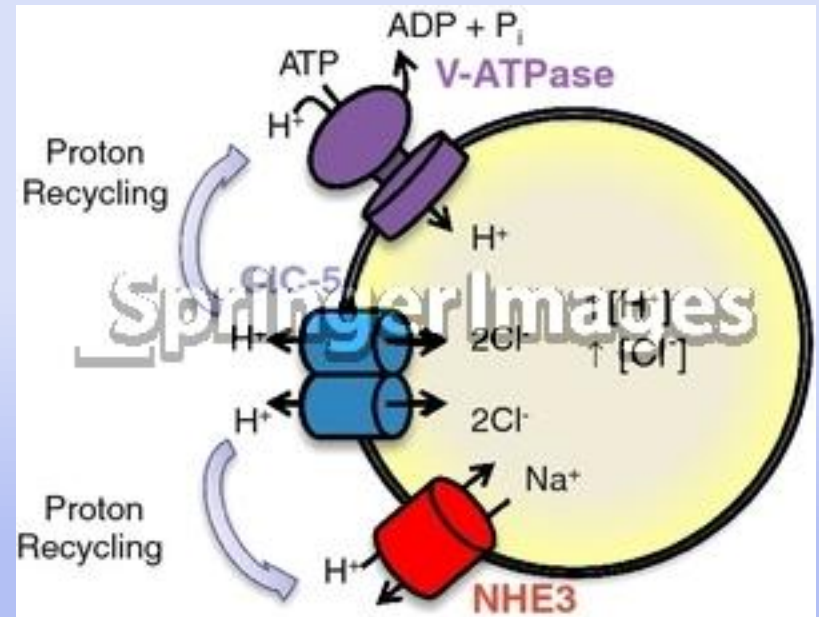
➤ Metabolička uloga u organizmu:

- u **apsorpciji glukoze** i glicerola u crevima i bubrezima;
- u **transportu masnih kiselina** (u sastavu fosfolipida);
- u energetskom metabolizmu (učestvuje u formiranju energijom bogatih jedinjenja: adenzin-trifosfat (**ATP**), i **kreatinfosfat**);
- u **održavanju acido-bazne ravnoteže** (fosfatni pufer).

Hlor

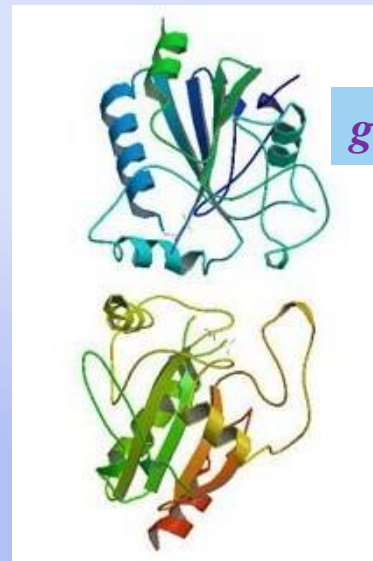
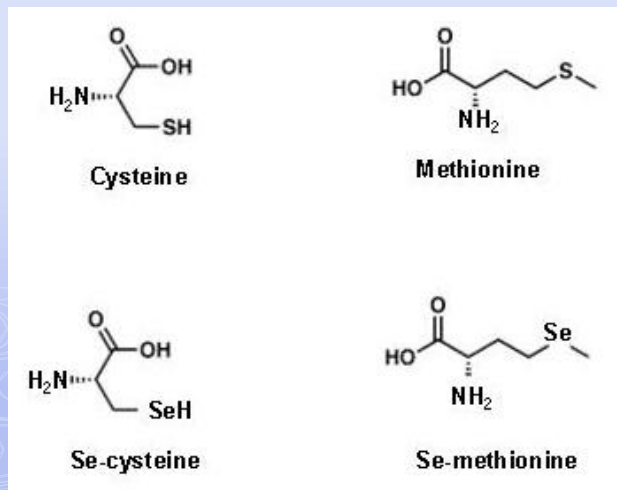
- Hlor predstavlja oko 3% ukupnog mineralnog sastava organizma.
- U ljudskom organizmu se nalazi u obliku Cl^- jona.
- Hloridni joni se najvećim delom nalaze u sastavu ekstracelularne tečnosti gde učestvuju u kontroli zapremine vode i održavanju acido-bazne ravnoteže.
- Značajan deo hlora se nalazi u sekretima digestivnog trakta, posebno u želudačnom soku (HCl).

➤ Dnevne potrebe Cl zavise od starosne dobi i iznose 500 mg kod novorođenčadi, 1000-2000 mg kod dece i 2000 mg za odrasle (minimalno 750 mg). Hloridi se nalaze u svim vrstama namirnica (voće, povrće, meso).

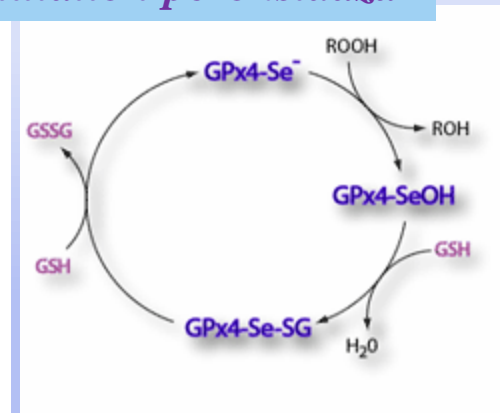


Selen

- Selen je sastavni deo pojedinih molekula koji imaju zaštitnu ulogu prema krvnim ćelijama.
- Zajedno sa vitaminom E selen podstiče imuni sistem u stvaranju antitela. Pomaže pankreasu i srcu da rade normalno.
- Ovaj element daje tkivima elastičnost.
- Ulazi u sastav brojnih enzima, npr glutation peroksidaza veoma važan antioksidativni enzim.
- Ugrađen je u selenoenzime u formi selenocisteina.
- Nedostatak ovog elementa je povezan sa leukemijom, artritisom, kancerima itd.

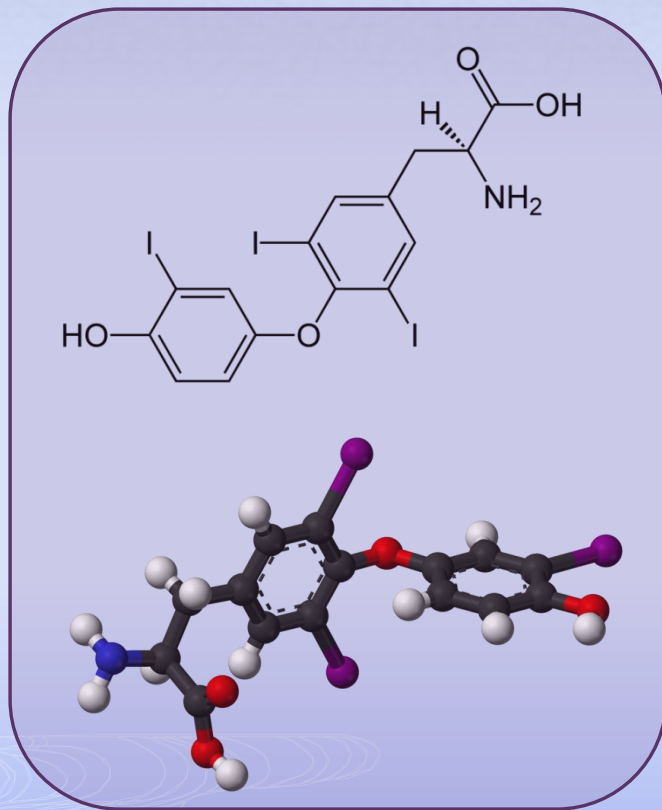


glutation peroksidaza



Jod

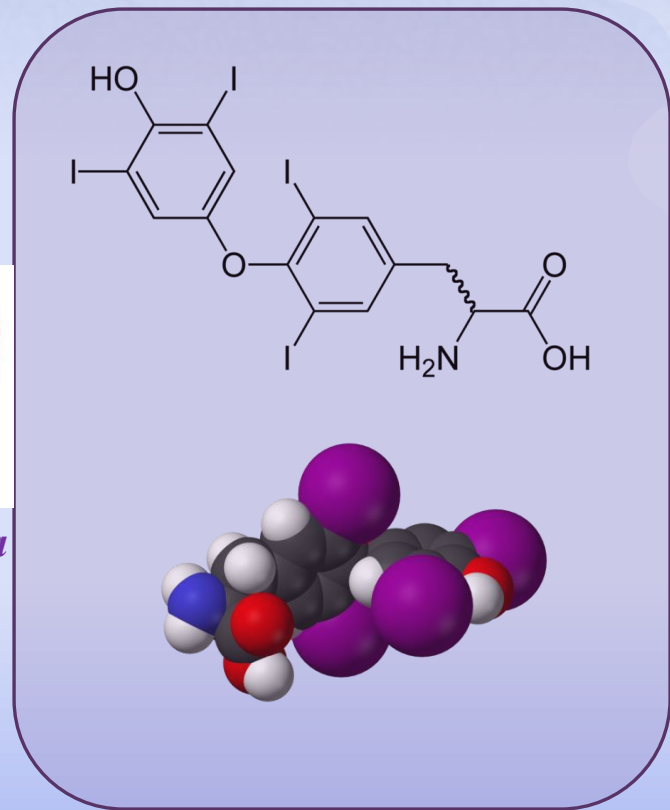
➤ Jod je esencijalni element sa važnom ulogom kod sisara u regulaciji metabolizma, preko dva hormona trijodotironin (T_3) i tiroksin (T_4) koje proizvodi tireoidna žlezda, gde je jod i najviše skoncentrisan u organizmu.



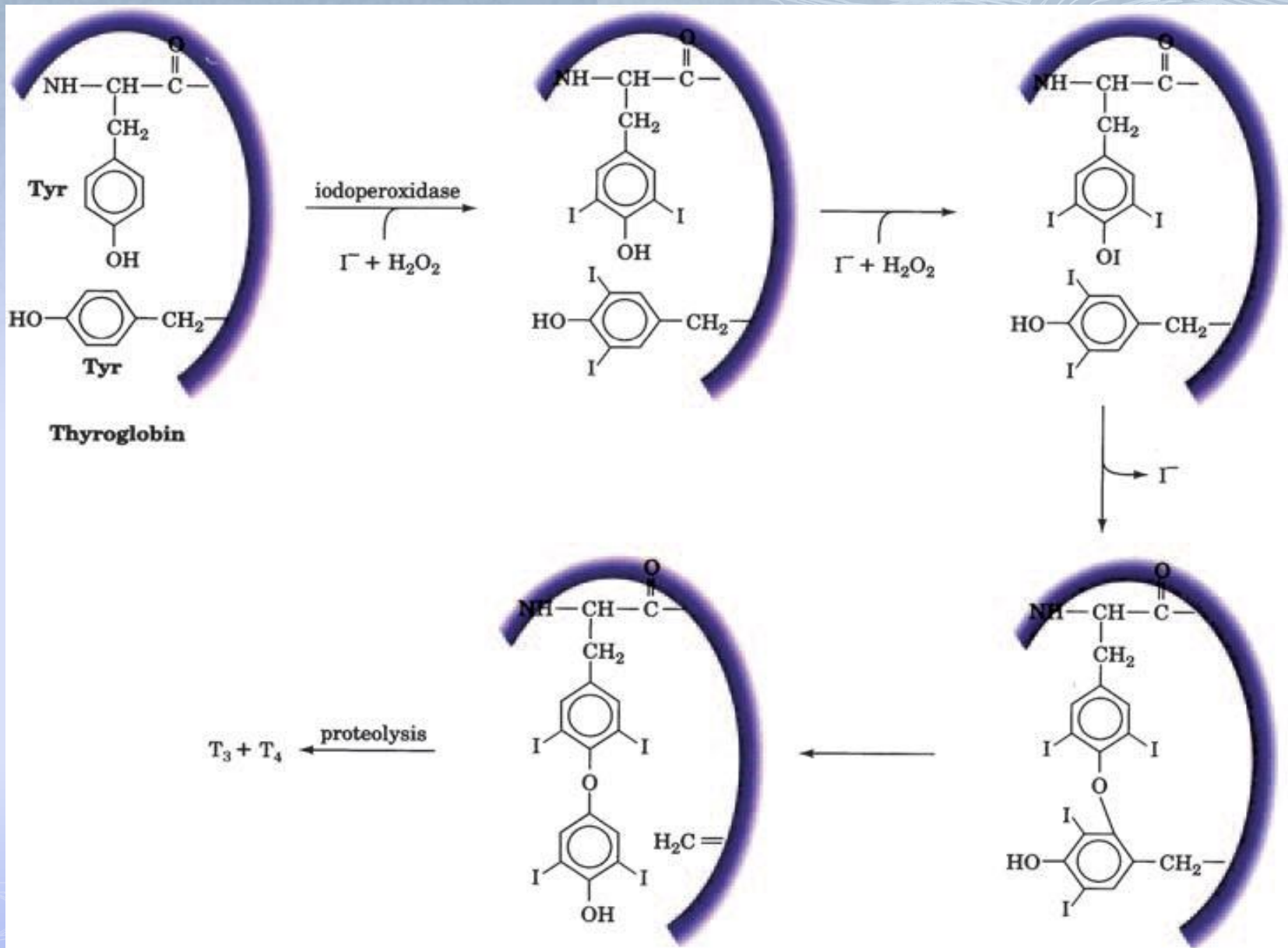
Trijodotironin (T_3)



tireoidna žlezda



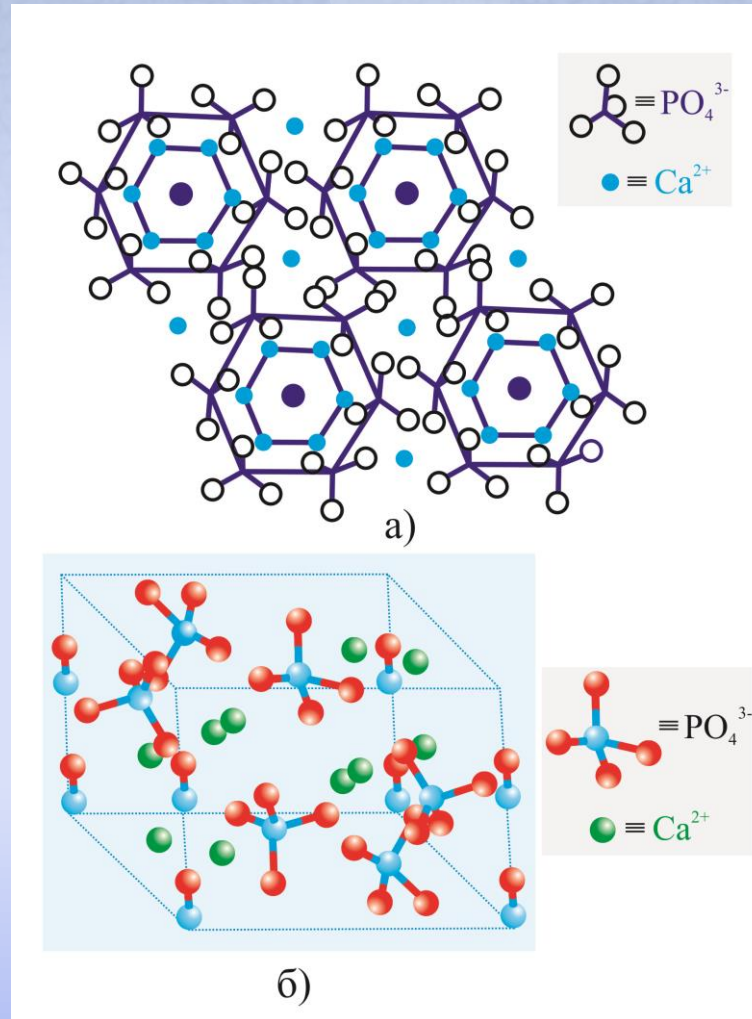
Tiroksin (T_4)



Tireoidni hormoni (tiroksin i trijodtironin) nastaju dejstvom jodoperoksidaze na tiroglobin uz kasniju proteolizu

Fluor

➤ Dodaje se u obliku NaF, kako bi se formirao CaF_2 čime se ojačava zubna gleđ.



hidroksiapatit