

Univerzitet u Beogradu – Fakultet veterinarske medicine

20I1009 BIOHEMIJA #08

ENZIMI #1

Priredio:

Prof. dr Ivan B. Jovanović



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

BIOENERGETIKA (TERMODINAMIKA) ENZIM KATALIZOVANIH REAKCIJA

BIOENERGETIKA

Proučava - energetska stanja molekula u organizmu
- promene energetskih stanja tokom biohemijskih reakcija

Brzina hemijskih reakcija u organizmu zavisi od:

- prirode reagujućih materija
- temperature
- koncentracije / pritiska
- prisustva katalizatora

U organizmu reakcije su izotermične i izobarične, tako da se energija za njihovo odvijanje sadrži prevashodno u hemijskim vezama.

Tokom reakcija dolazi do prenosa i transformacije hemijske energije

- u drugi vid hemijske energije (tokom biosinteze molekula)
- u mehaničku energiju (mišićni rad)
- u električnu energiju (nervni impuls)
- u toplotnu energiju (termoregulacija)

TERMODINAMIKA I NJENI ZAKONI

1. Zakon o održanju energije:

Ukupna energija jednog zatvorenog sistema uvek ostaje stalna – energija se ne može ni stvoriti ni uništiti.

2. Sistem teži neuređenosti:

Ukupna entropija sistema uvek raste ako se reakcije u njemu odigravaju spontano.

U ratu protiv termodinamike:

1. NE MOŽEŠ DA POBEDIŠ !

2. NE MOŽEŠ DA IGRAŠ
NEREŠENO !

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

OSNOVNI POJMOVI TERMODINAMIKE

ENTALPIJA (ΔH) UKUPNI TOPLOTNI SADRŽAJ

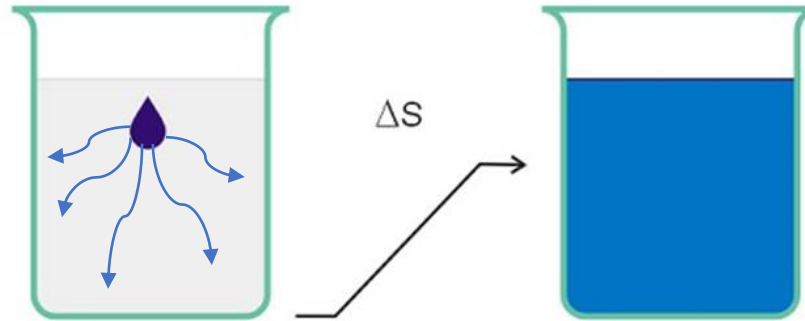
Glukoza + 6 O₂

ΔH -673 kcal/mol

6 CO₂ + 6 H₂O

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ENTROPIJA (ΔS) MERA NEUREĐENOSTI SISTEMA



ΔS

Tokom vremena...

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

SLOBODNA ENERGIJA (ΔG) GIBBS-OVA ENERGIJA

Glukoza + 6 O₂

-673 kcal/mol ΔH

Oko 58% energije se gubi kao nekorisna toplota

ΔS

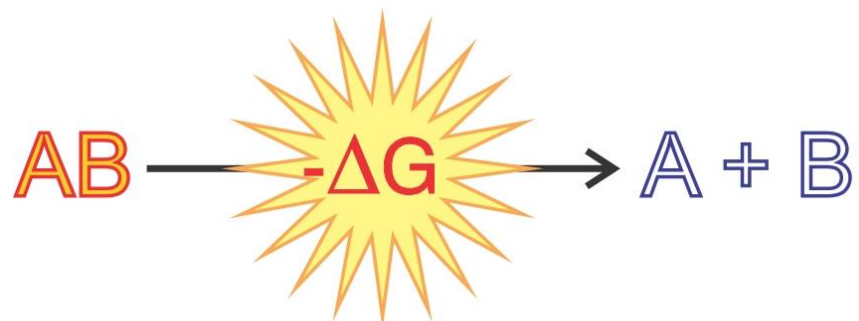
Oko 42% energije se koristi za sintezu visokoenergetskog ATP

ΔG

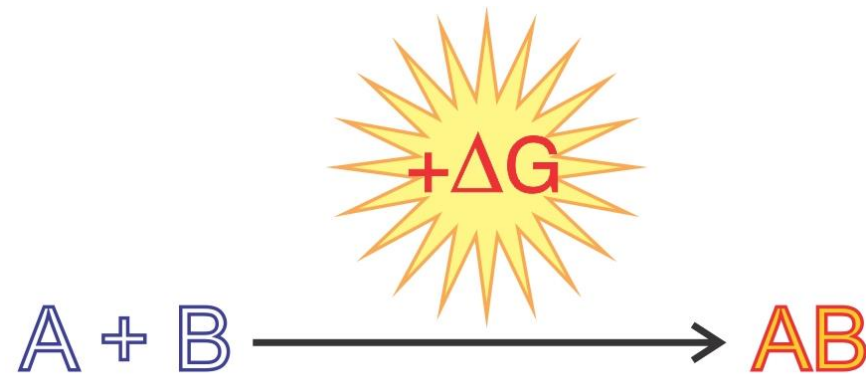
6 CO₂ + 6 H₂O

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

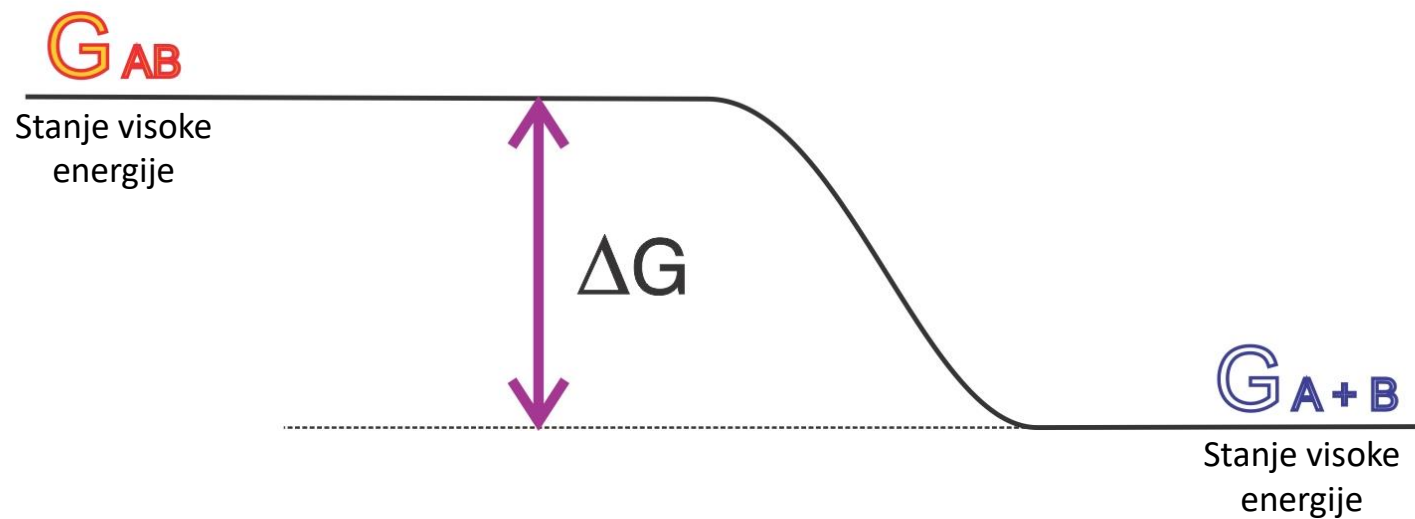
EGZERGONE I ENDERGONE REAKCIJE



Egzergona reakcija **oslobađa** energiju ($-\Delta G$)

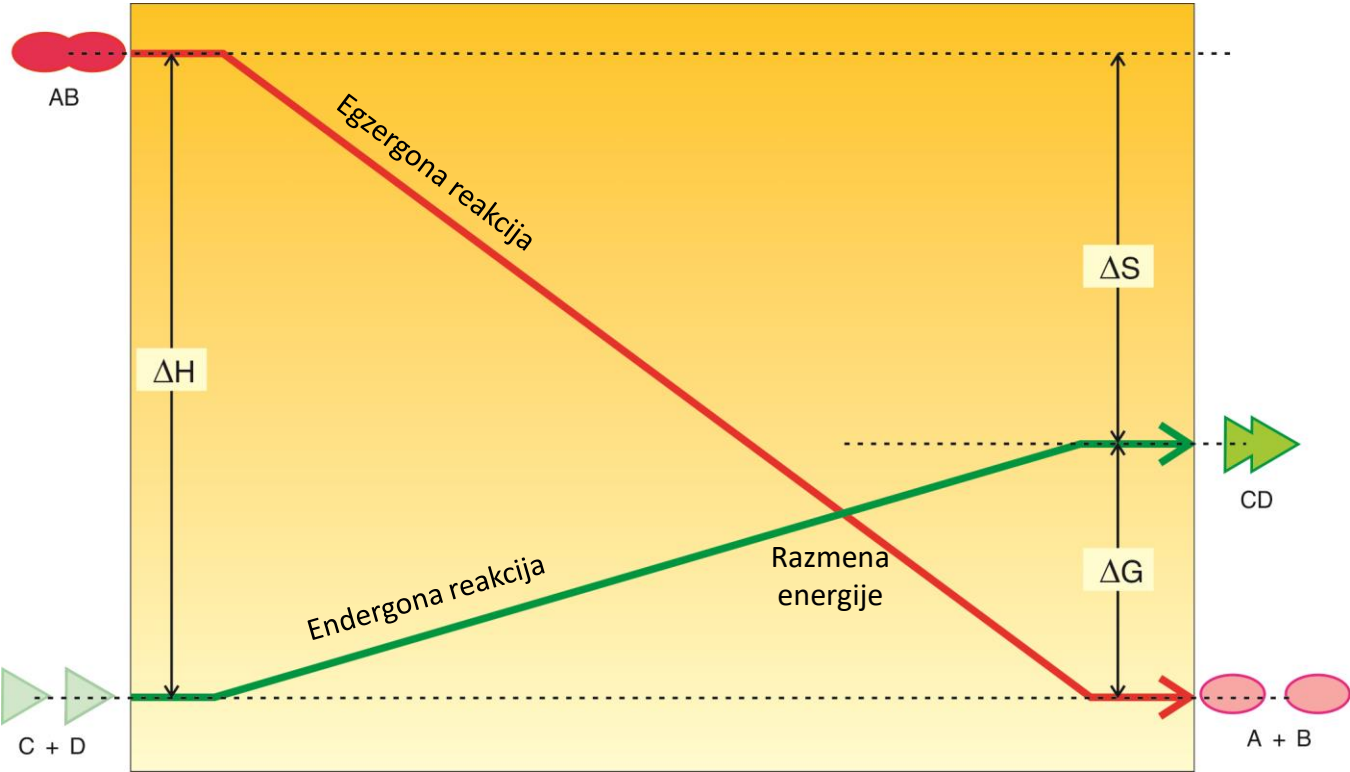


Endergona reakcija **prima** energiju ($+\Delta G$)



ENERGETSKI KUPLOVANE (SPREGNUTE) REAKCIJE

Kuplovane reakcije su spregnute tako da egzergona reakcija oslobađa energiju, a endergona reakcija koristi jedan deo te energije za svoje odvijanje; veći deo energije se gubi u vidu entropije.

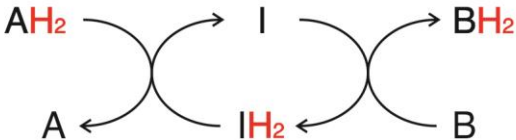


Energetski dijagram kuplovane reakcije

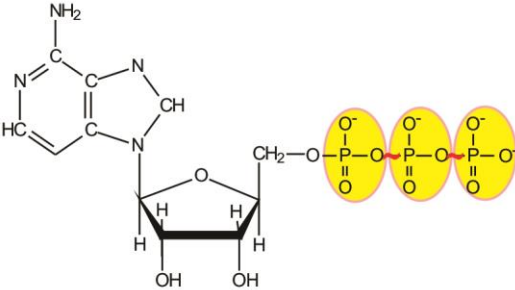
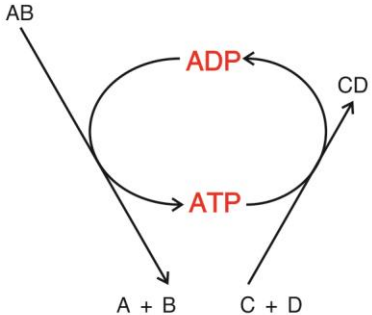
1. Stvaranje međuproizvoda koji je struktarno sličan reaktantima



2. Prenosnje redukcionih ekvivalenata

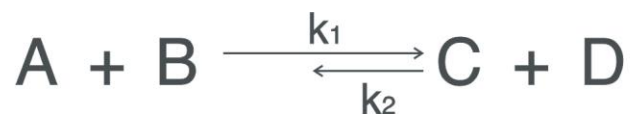
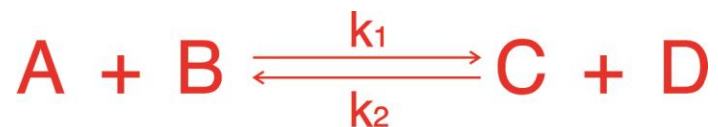


3. Sinteza adenozin-trifosfata (ATP) kao univerzalne energetske "monete"



Glavni mehanizmi kuplovanja

REVERZIBILNE (POVRATNE) REAKCIJE I DINAMIČKA RAVNOTEŽA



Standardno stanje:

- temperatura 25°C
- pritisak 1 atmosfera
- koncentracija svih reaktanata 1 mol
- pH 7

$$\Delta G = \Delta G^{\circ}$$

Standardna
slobodna
energija

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

Slobodna
energija

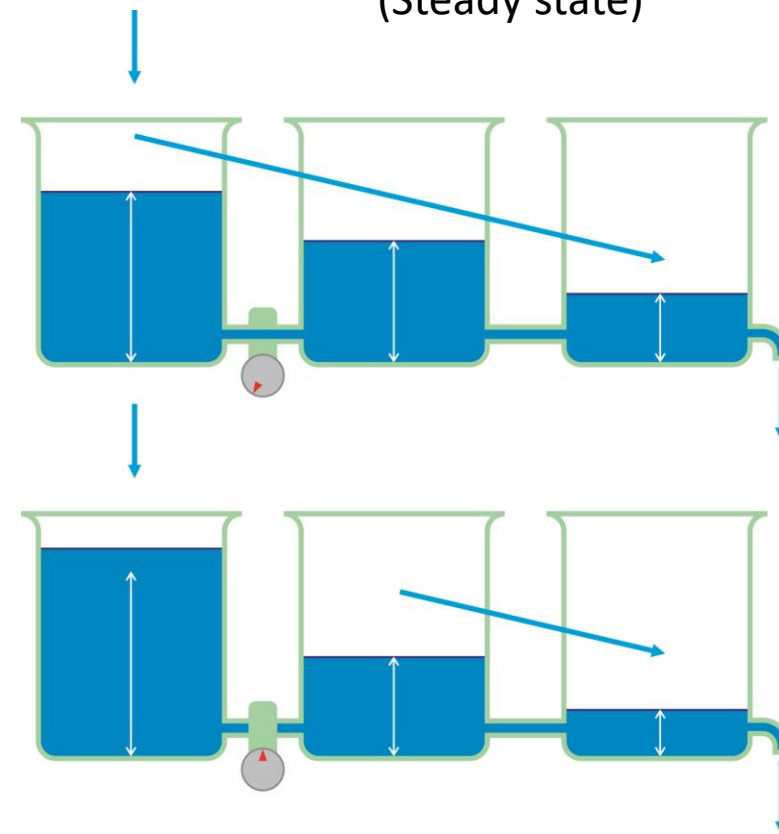
U ravnotežnom stanju ($\Delta G = 0$) pa je:

$$\Delta G^{\circ} = - RT \ln \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

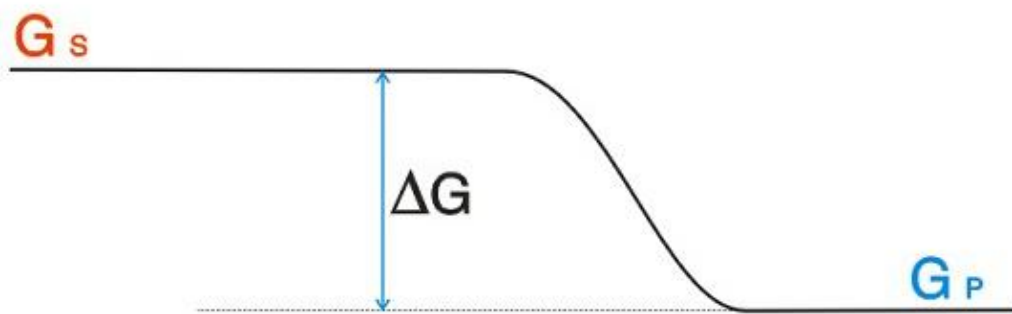
$$\Delta G^{\circ} = - RT \ln K_r$$

Konstanta
ravnoteže

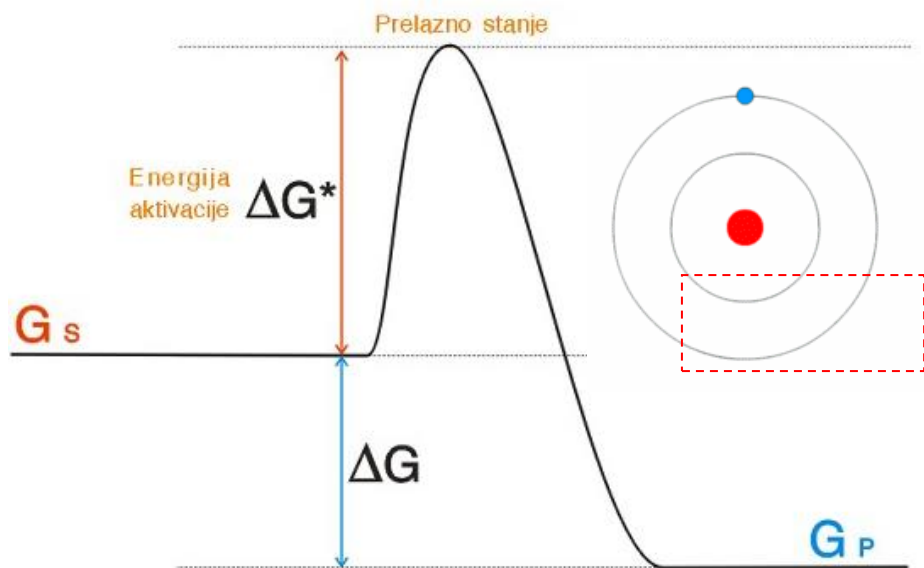
Dinamička ravnoteža
(Steady state)



PRELAZNO STANJE I ENERGIJA AKTIVACIJE

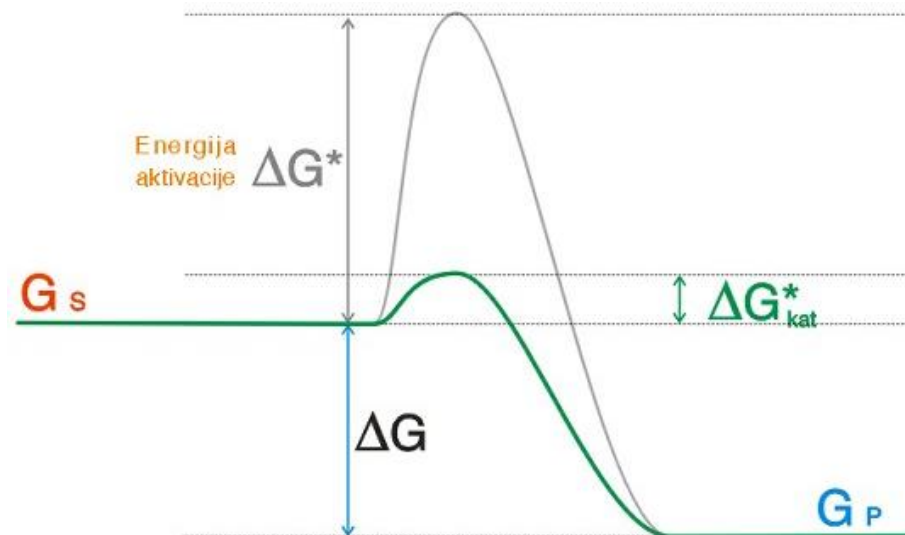


Energija aktivacije je energija koju je potrebno dovesti sistemu da bi došao u **prelazno stanje**, što je neophodni preduslov da bi uopšte stupio u reakciju, bilo egzergonu, bilo endergonu.



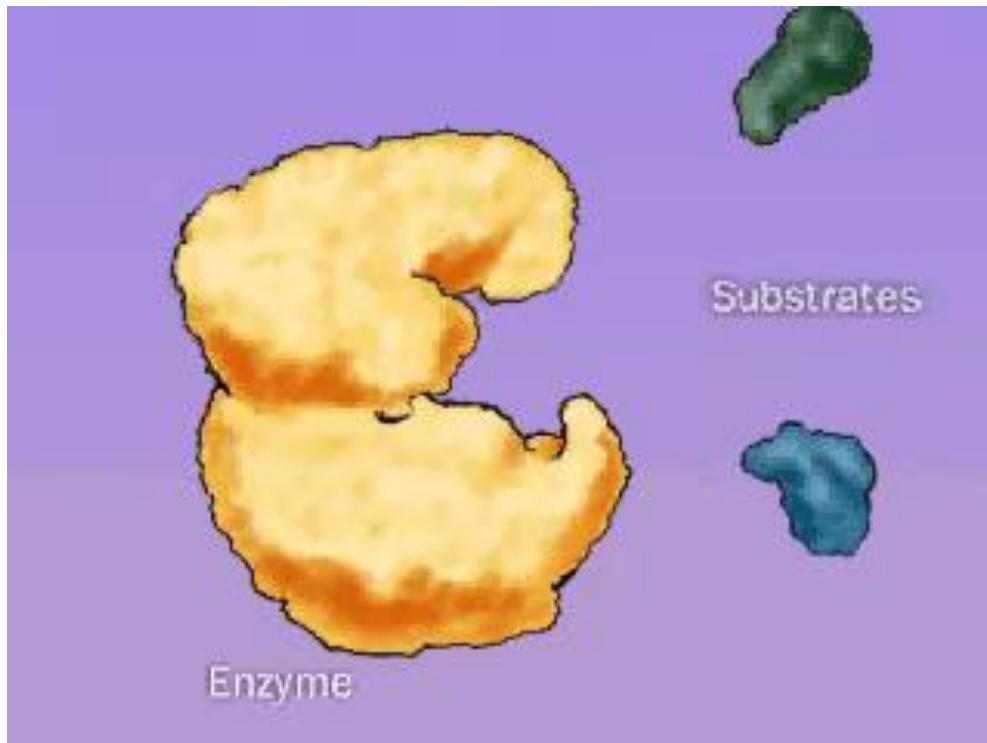
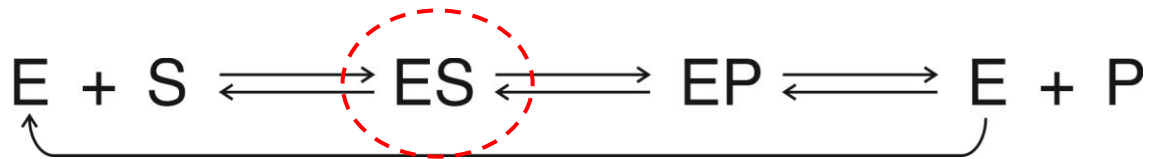
Valentnim elektronima treba saopštiti izvesnu energiju – **energiju aktivacije** da bi „skočili“ na više orbitale (pobudili se) i omogućili odigravanje reakcije.

Enzimi iskazuju svoje katalitičko svojstvo (ubrzavaju biohemijsku reakciju) tako što značajno **snižavaju energiju aktivacije**, povećavajući verovatnoću da će se reakcija odigrati. U slučaju enzimske katalize **prelazno stanje je stvaranje enzim-supstrat kompleksa**.



ENZIMI – BIOLOŠKI KATALIZATORI

Opšti tok enzim-katalizovane reakcije
sa stvaranjem enzim-supstrat (ES) kompleksa



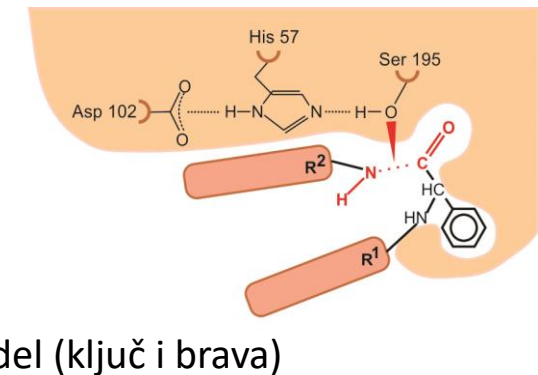
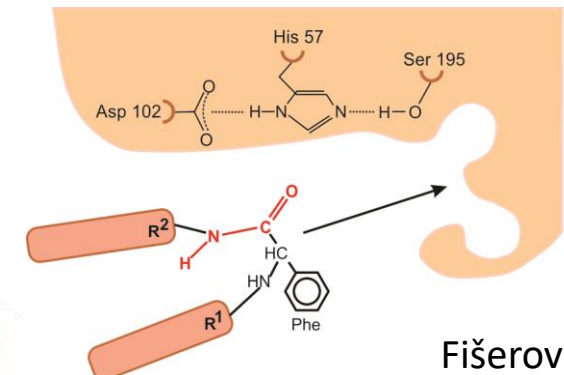
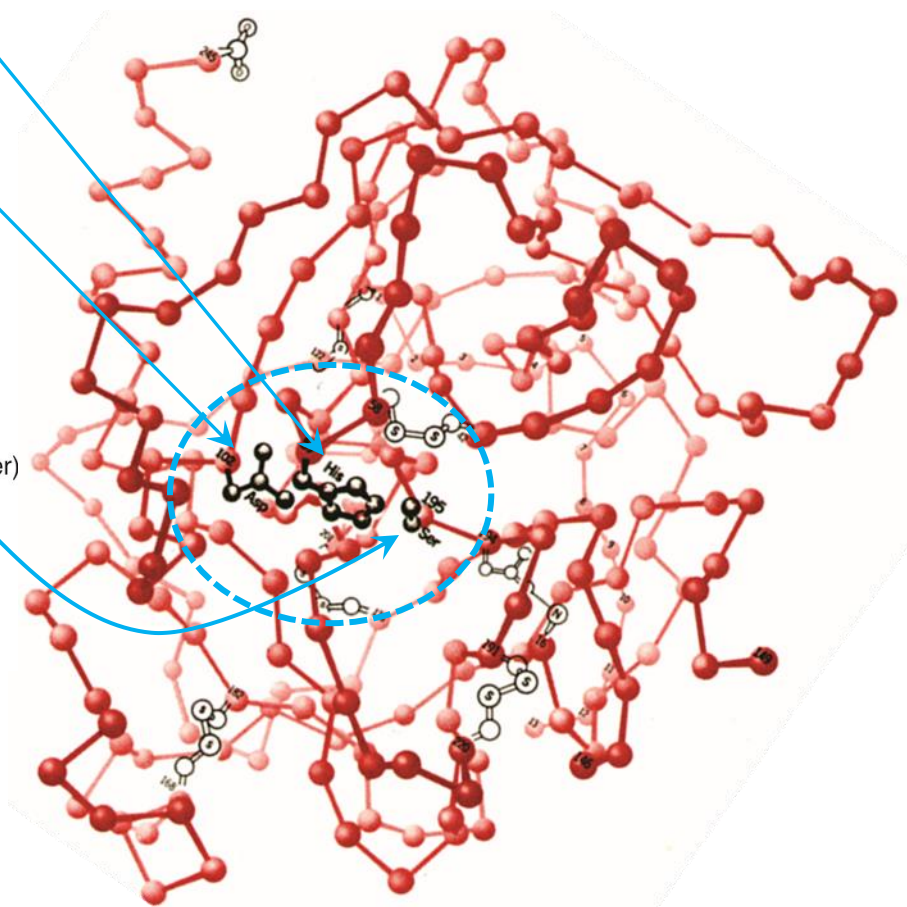
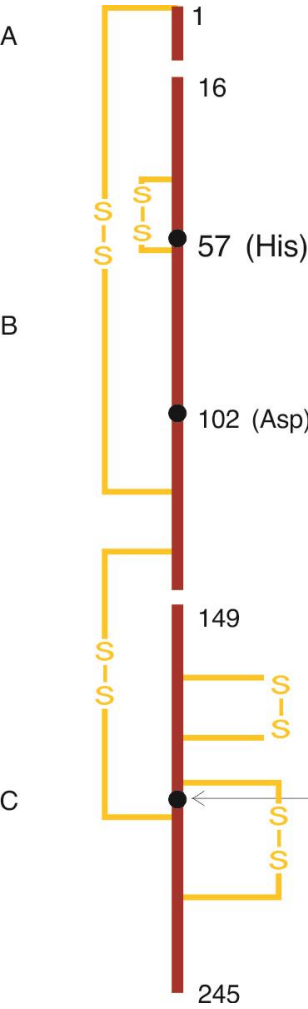
Opšte osobine enzima

- Enzimi su biološki makromolekuli proteinske prirode i povinuju se svim zakonitostima građe koje važe za sve ostale proteine.
- Mogu biti sastavljeni iz jednog ili više polipeptida.
- Mogu sadržati kofaktore (npr. jone metala).
- Koenzimi su prostetičke grupe enzima, neproteinski organski molekuli koji zajedno sa enzimom učestvuju u katalitičkoj reakciji.
- Enzimi se sintetišu na ribozomima na osnovu genetičke informacije potekle iz gena na DNK.
- Brzina njihove sinteze (i razgradnje) zavisi od metaboličkih potreba organizma.
- Raspodela enzima u ćeliji ili tkivu nije slučajna već svrsishodna – naziva se enzimski profil.

KATALITIČKI CENTAR ENZIMA SREDIŠTE KATALITIČKE AKTIVNOSTI

Himotripsin

Himotripsin



Fišerov model (ključ i brava)

Košlandov model
(indukovano prilagođavanje)

Formiranje katalitičkog centra; savijanjem polipeptidnog lanca ključne aminokiseline se postavljaju u odgovarajući položaj.