

Prof. dr. Dragan Gajić

Kurs astrofizike

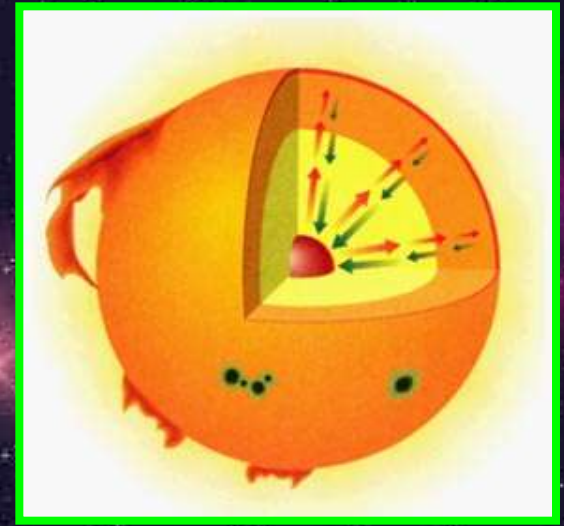
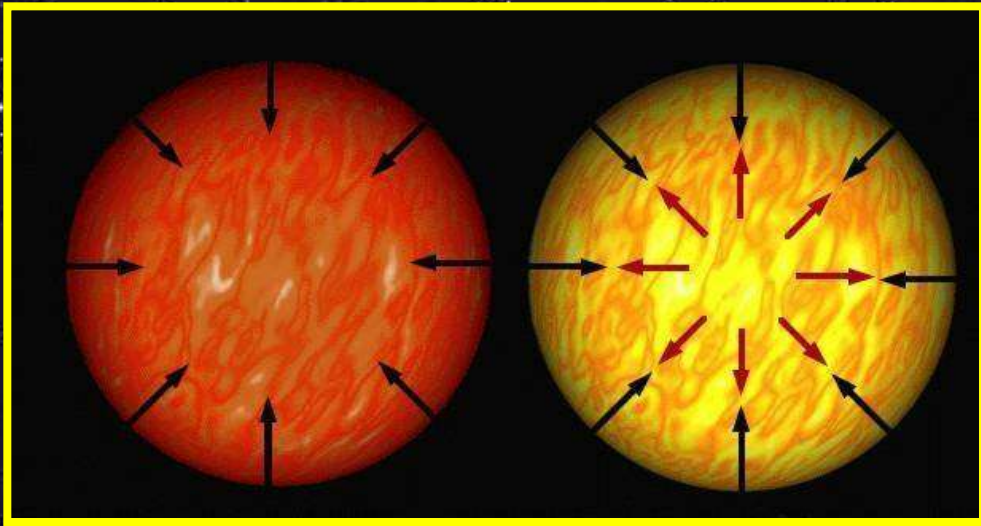




Unutrašnja građa zvezda.
Atmosfera zvezda.



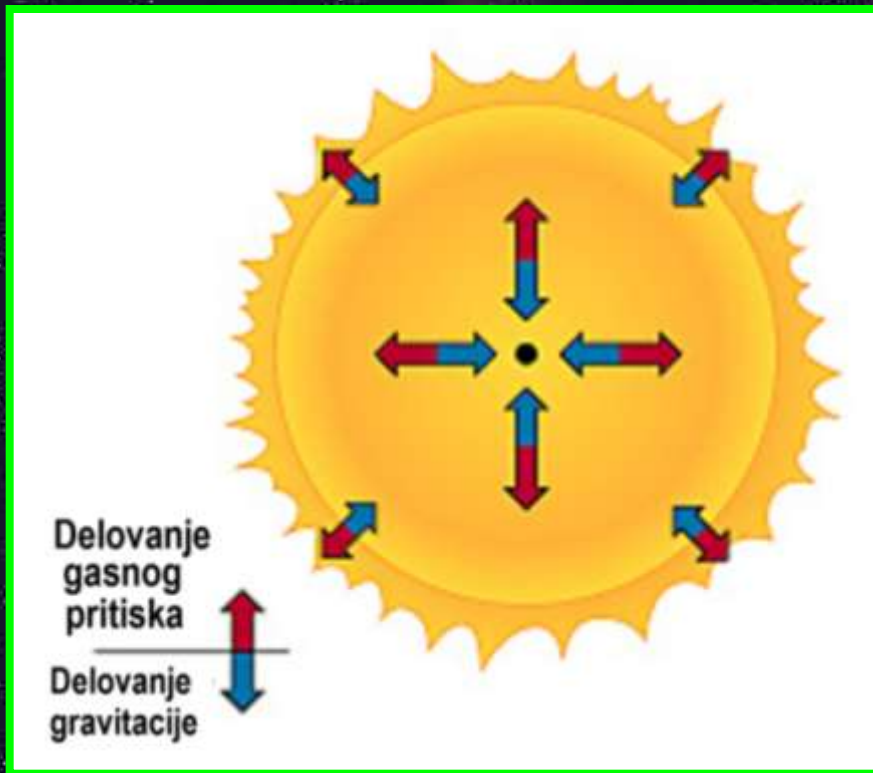
Karakteristike zračenja emitovanog sa zvezda određene su fizičkim uslovima (temperaturom, hemijskim sastavom, gravitacionim ubrzanjem, itd.) u površinskim slojevima zvezda. Analizom zračenja nemoguće je dobiti informacije o unutrašnjoj građi i fizičkim procesima unutar zvezda. Proučavanje unutrašnje građe zvezda svodi se na modelovanje na osnovu poznatih fizičkih zakona. Vrednost modela ocenjuje se na osnovu empirijskih činjenica o parametrima zvezde.



Najpoznatiji je **standardni model**, u čijoj osnovi je model koji je 1926. g. predložio Artur Eddington. Po njemu, da bi zvezda bila stabilna (što obezbeđuje njeno ravnomerno i dugotrajno zračenje), neophodno je da kod zvezde postoji **mehanička i radijaciona ravnoteža**.

Mehanička ravnoteža – ujednačeno delovanje sopstvene gravitacije (koja teži da uruši, sažme zvezdu) i gasnog pritiska (koji teži da “razveje” zvezdu).

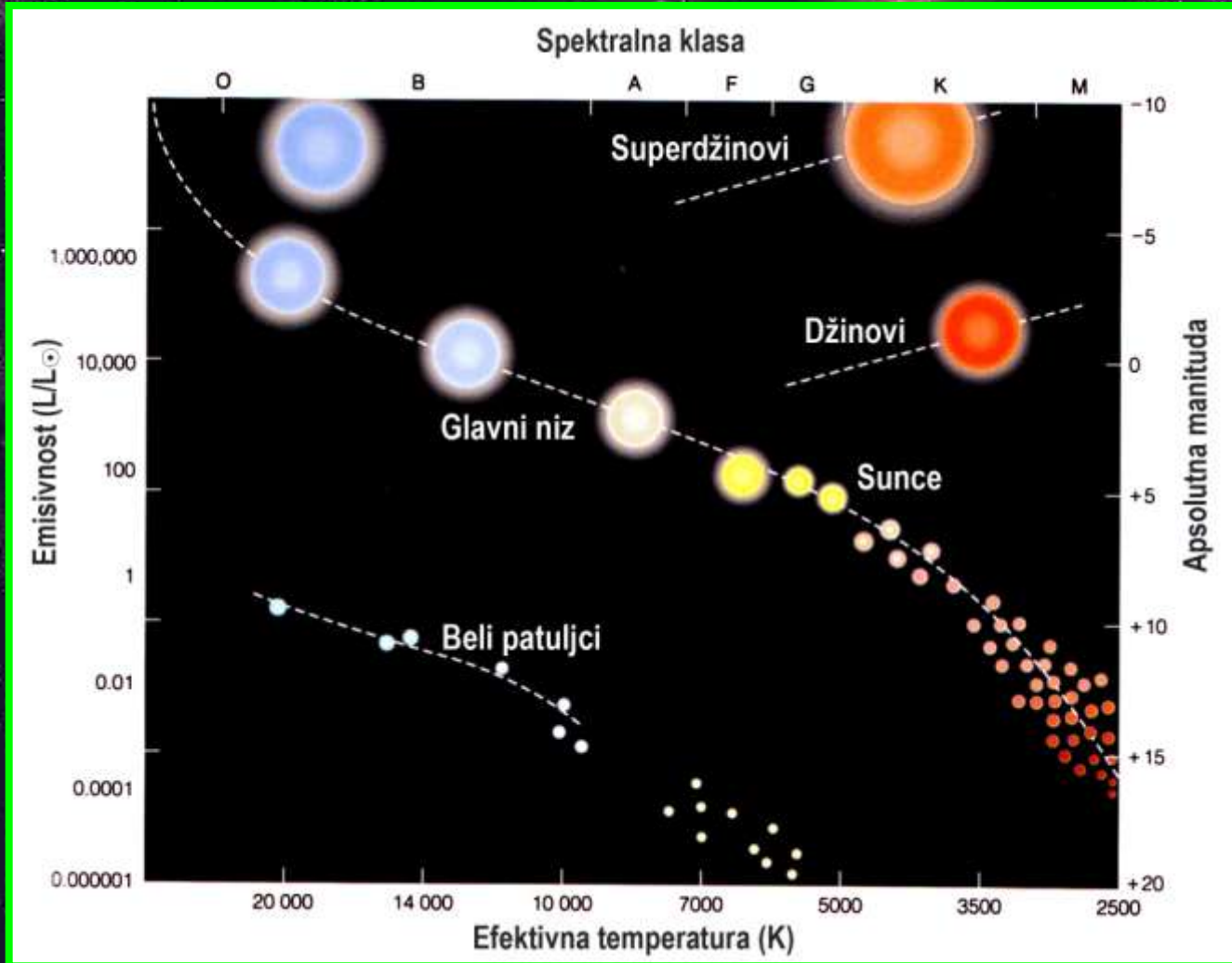
Radijaciona ravnoteža – izražava činjenicu da je energija koja se u određenoj zapremini zvezde proizvede jednaka energiji koja se iz te zapremini emituje.



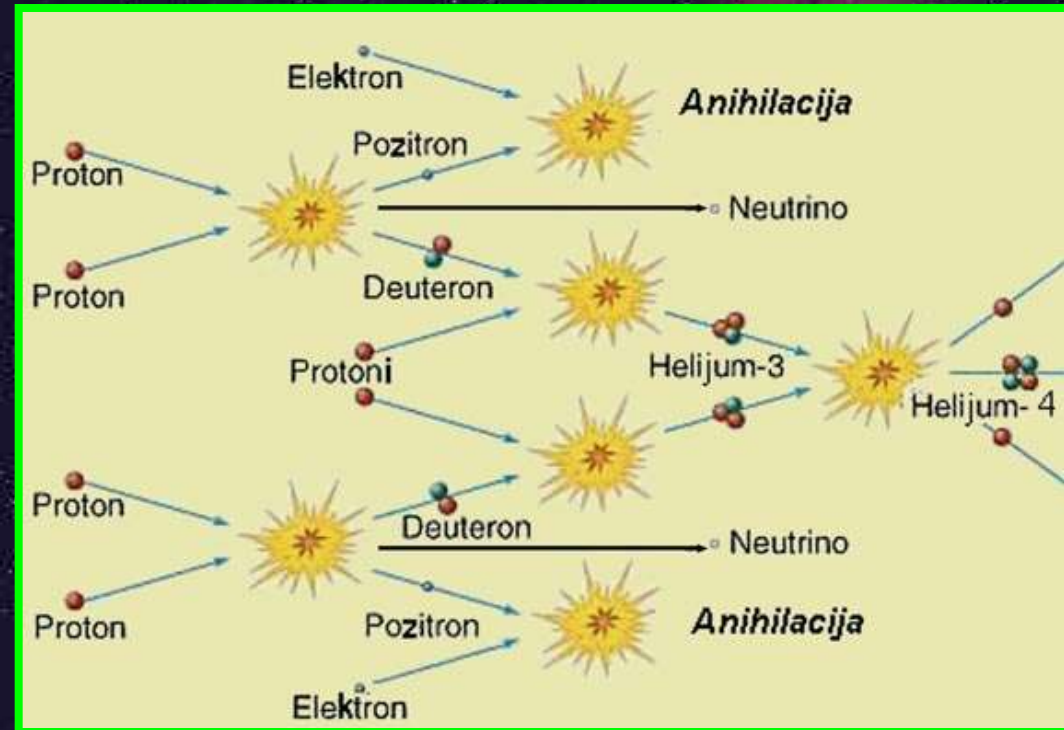
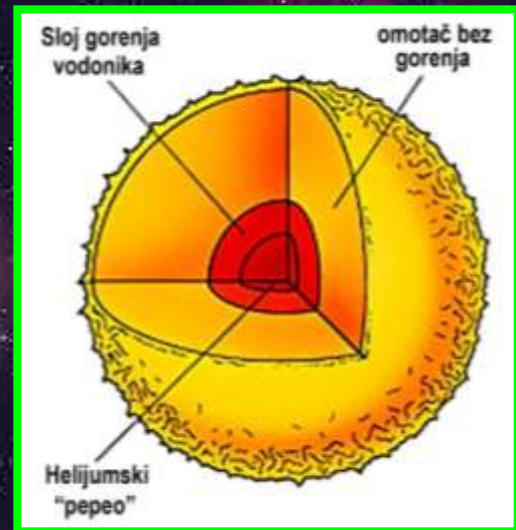
Edington je utvrdio da je gornja granica mase zvezda $50M_{\odot}$ (iznad nje se ne može postići ravnoteža između gravitacionog pritiska i pritiska zračenja). Neke od zvezda, na granici nestabilnosti pulsiraju. To su tzv. cefeidne promenljive zvezde.

Proračuni unutrašnje strukture zvezda, na osnovu Edingtonovog modela, izvedeni su za veliki broj zvezda različitih tipova. Na taj način dobijeni su modeli za zvezde različitih masa i radijusa, koje se nalaze na različitim mestima u HR dijagramu.

Polazeći od glavne grane HR dijagrama utvrđeno je da je struktura zvezda gornjeg dela glavne grane (klase O, B, ...) bitno različita od strukture crvenih patuljaka (klase K, M).



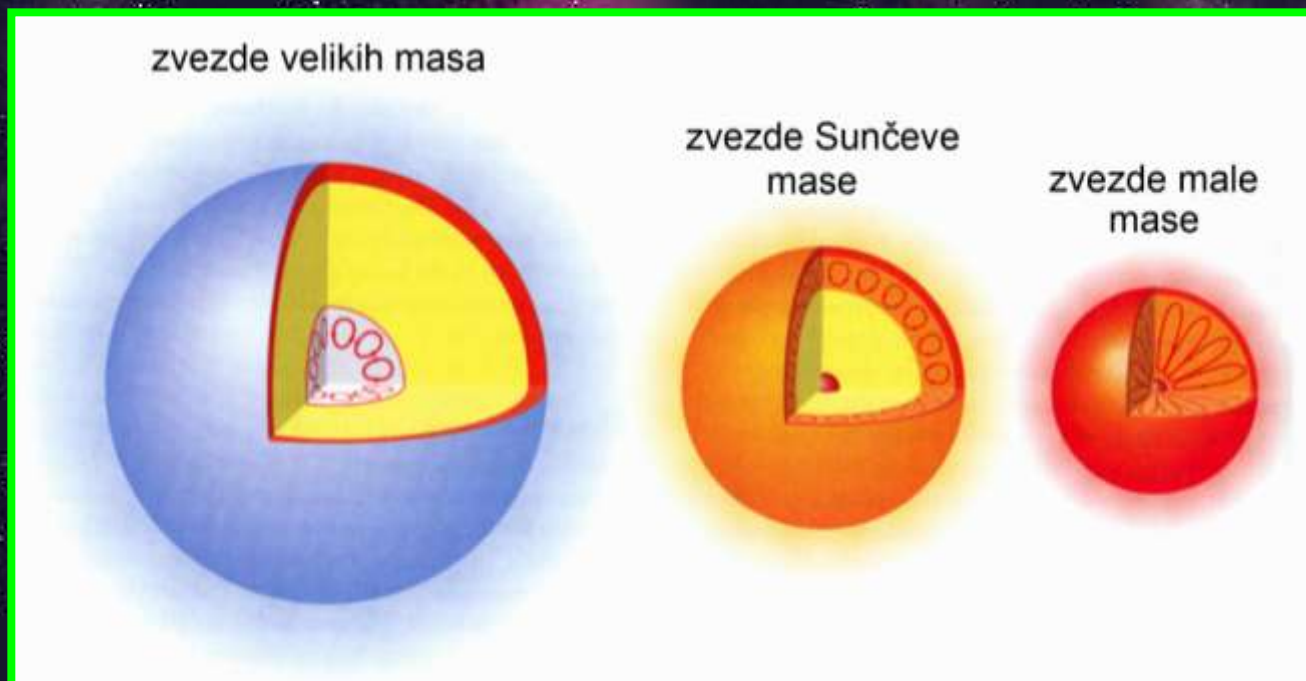
Kod svih zvezda na glavnom nizu u centralnom delu njihove unutrašnjosti nalazi se jezgro. U njemu se vodonik pretvara u helijum, uz oslobađanje energije.



Temperatura u jezgru i njegove fizičke karakteristike zavise od mase zvezde (masivnija zvezda podrazumeva višu temperaturu u jezgru, zbog većeg gravitacionog pritiska).

Kod zvezda čija je masa manja od 0.8 masa Sunca, čitava unutrašnjost je konvektivna. U konvektivnoj zoni produkovana energija prenosi se konvekcijom – mešanjem supstance različite gustine, što omogućuje vertikalni prenos energije, ali i drugih fizičkih veličina.

Kod zvezda malih masa temperatura u središtu je relativno niska i snižava se ka periferiji, tako da neprozračnost supstance raste.



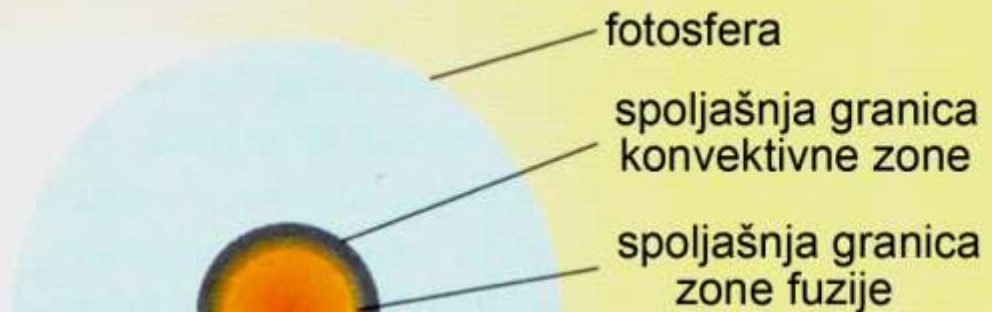
Kod zvezda nešto većih masa, kao što je slučaj sa Suncem, u jezgru se javlja prenos energije zračenjem (radijaciona zona), na koju se u višim slojevima nadovezuje konvektivna zona. Masa konvektivne zone brzo se smanjuje kod zvezda koje su ka gornjem delu glavnog niza. Kod zvezda, čija je masa mnogo veća od Sunčeve, javlja se konvektivno jezgro, čija je masa veća što je zvezda masivnija.



*Kod takvih zvezda temperatura u središtu je preko 20 miliona stepeni (kod Sunca je oko 14 miliona) i kod njih se u jezgru odvijaju fuzione reakcije sa efikasnijim oslobađanjem energije. Kod njih radijacija nije u stanju odvodi produkovanu toplotu ka **fotosferi**, “površini” zvezde, koja je, ujedno i najniži sloj atmosfere zvezde.*



$M = M_{\odot}$



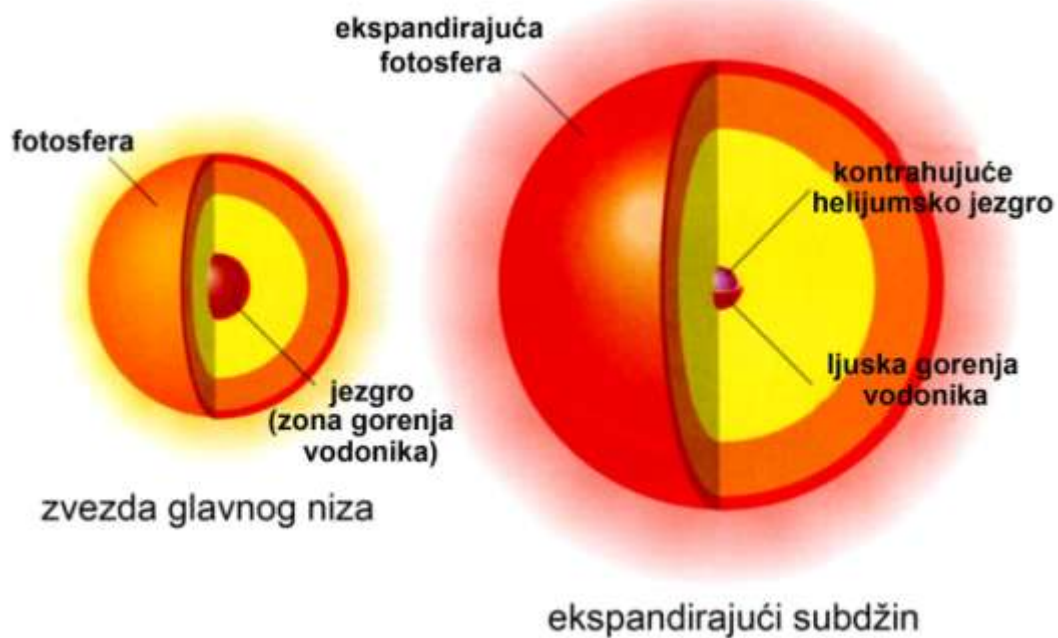
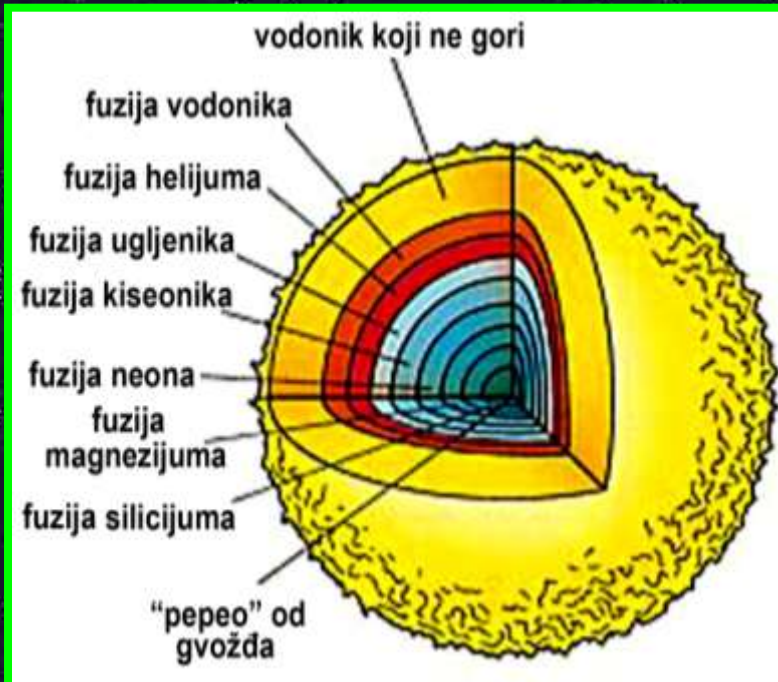
$M = 5M_{\odot}$

Kod zvezda velikih masa, u završnim fazama njihove evolucije, u jezgru se ne odvijaju fuzione reakcije, ali su one prisutne u slojevima, ljuskama.

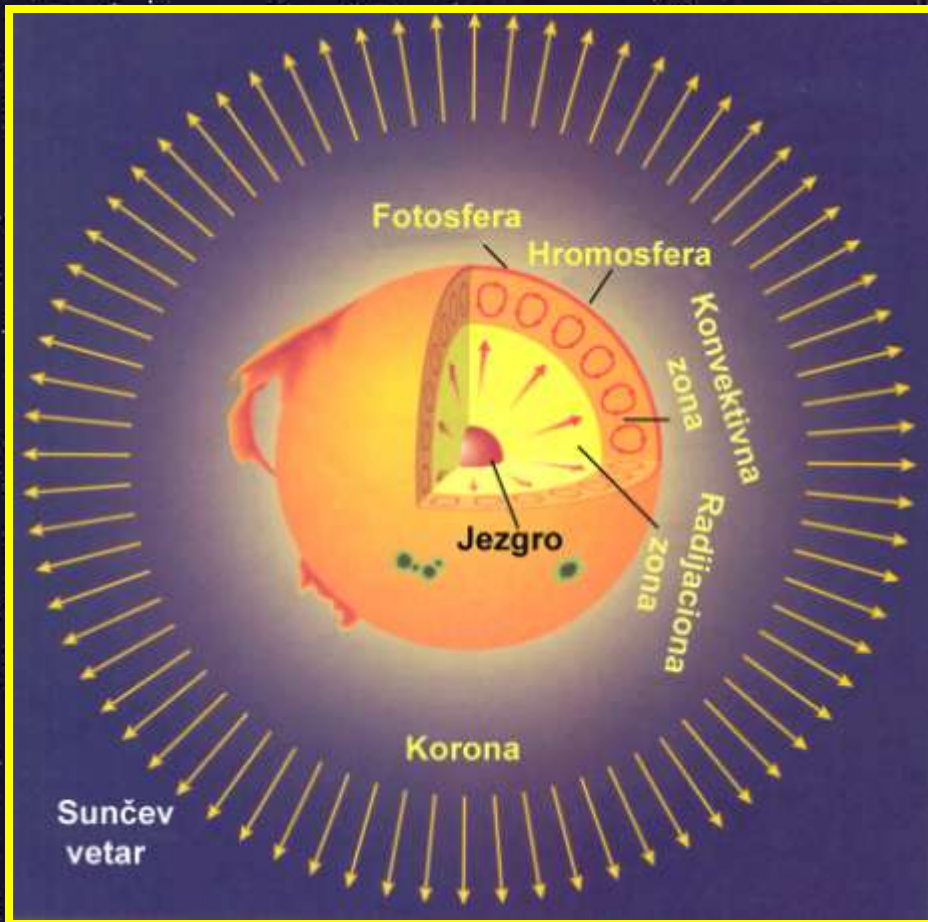


Slojevi u jezgru zvezde velike mase
u završnoj fazi njenog života

Kod njih se jezgro sabija, a omotači jezgra i atmosfera se “nadvavaju”.



*Atmosfere zvezda su nedovoljno proučene. Najviše se zna o prvom sloju – **fotosferi**. Ona je pri svom dnu neprozračna za zračenje iz unutrašnjosti, da bi pri vrhu postala prozirna.*



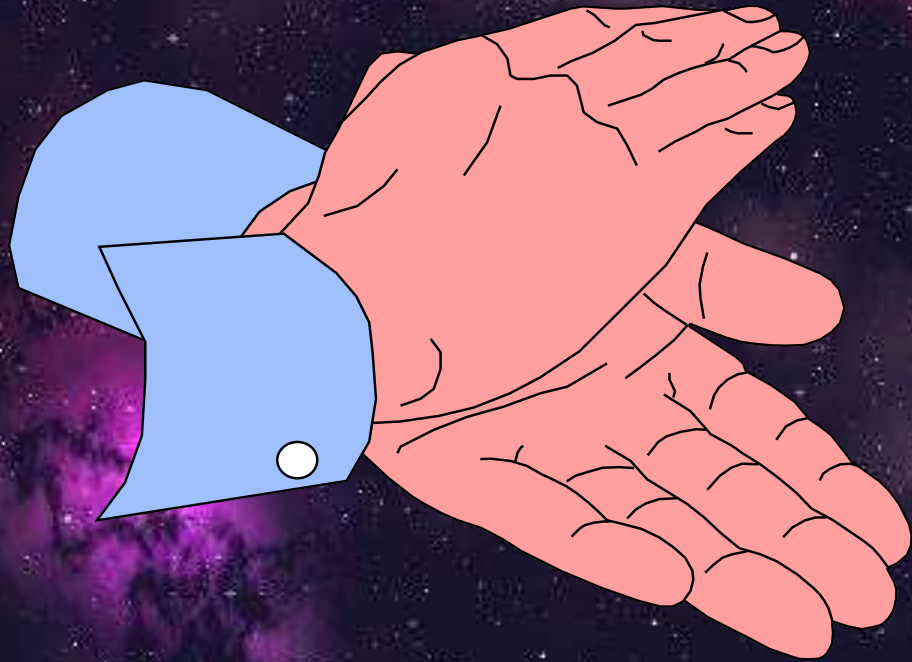
Vrednosti temperature i gustine fotosferne plazme polazni su parametri za modeliranje unutrašnjosti zvezde.

*Iznad toplije fotosfere i ispod hladnije korone nalazi se **hromosfera**. Kod hladnih crvenih patuljaka, ponekad i kod džinova, hromosfere mogu biti vrlo prostrane i guste, tako da se zračenje linija u njima javlja u spektru čitave zvezde.*

***Korona** je najviši sloj atmosfere zvezda. Vrlo je razređena, a u pojedinim njenim delovima javljaju se vrlo visoke temperature. Razlog ovakvog režima temperature nedovoljno je proučen.*



Hvala na pažnji!



To be continued...