

Prof. dr. Dragan Gajić

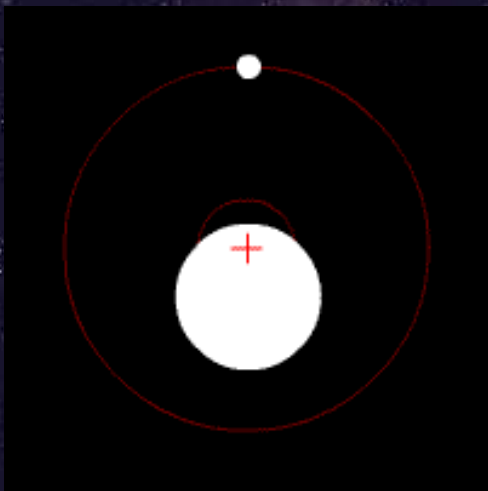
Kurs astrofizike





Dvojne i višestruke zvezde.
Određivanje zvezdanih masa, prečnika
i temperatura.

Oko polovina svih zvezda su u dvojnim ili višestrukim sistemima. **Dvojne zvezde** – fizički vezan sistem dve zvezde. Ovakve sisteme treba razlikovati od **optičkih dvojnih zvezda**, koje mogu biti međusobno vrlo udaljene i koje se slučajno nalaze na istoj vizuri. Komponente ovakvih sistema kreću se međusobno nezavisno i posle izvesnog vremena sistem prestaje da bude dvojni.

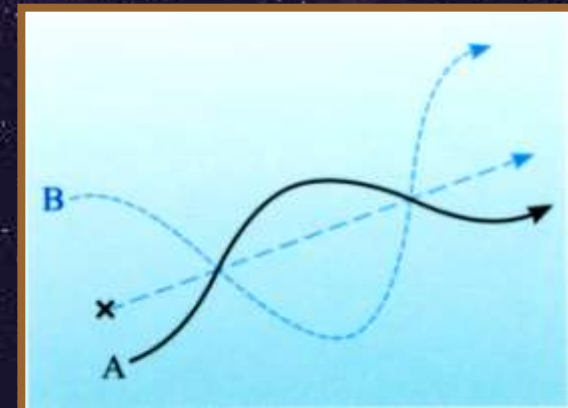
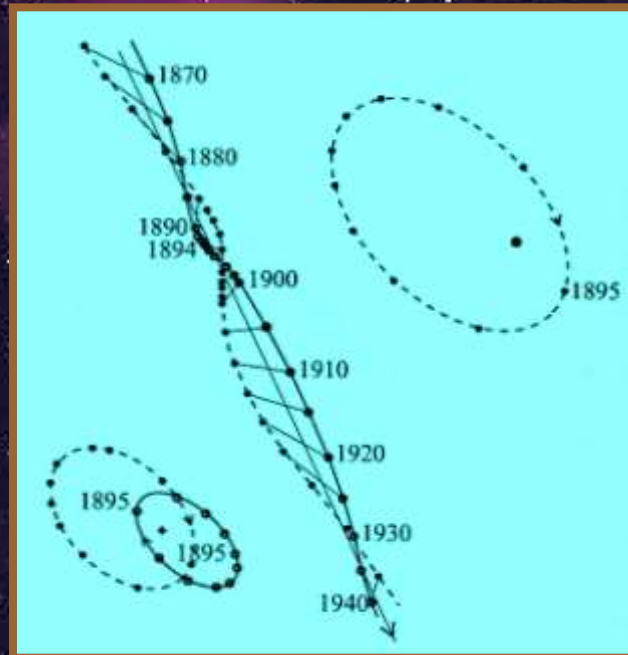


Kod fizički dvojnih sistema obe zvezde se po eliptičkim putanjama kreću oko zajedničkog baricentra. Zvezda veće mase je bliže ovom centru masa i ona je glavna komponenta sistema. Što su zvezde međusobno bliže, to brže obilaze oko baricentra. Za njihovo kretanje važe Keplerovi zakoni. Golim okom se takav par vidi kao jedna zvezda i tek se kroz teleskop vide odvojeno.

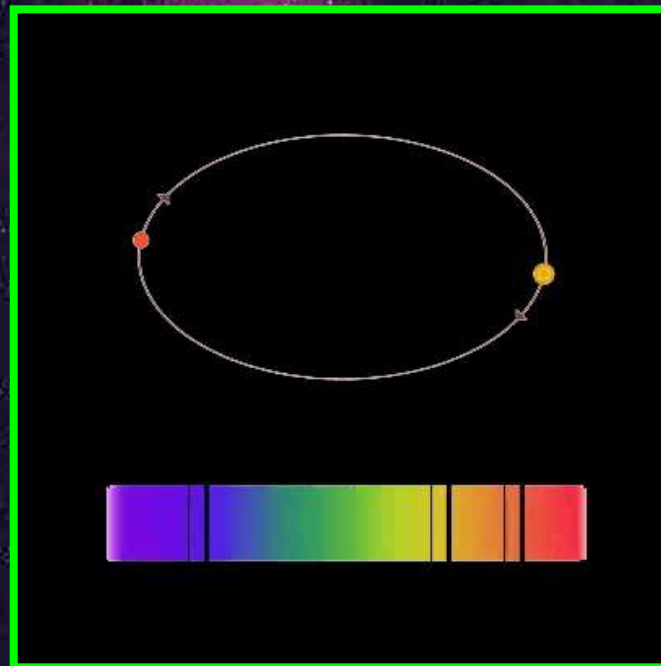
Fizički dvojne zvezde mogu biti vizuelno dvojne, kada se pomoću teleskopa ili na fotografijama komponente mogu videti odvojeno. Astrometrijske dvojne zvezde – samo glavna zvezda se neposredno uočava i na osnovu periodične promene njenog kretanja može da se ustanovi postojanje njenog para.



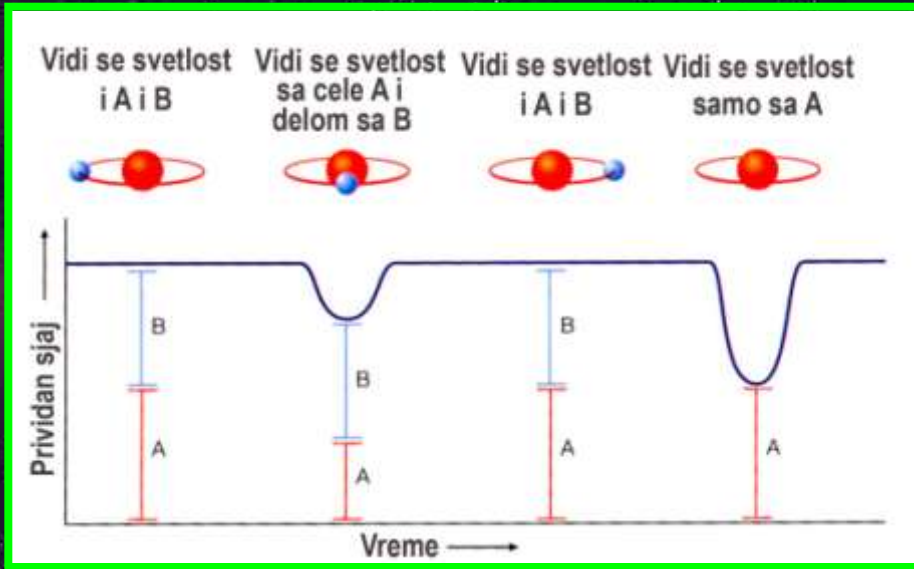
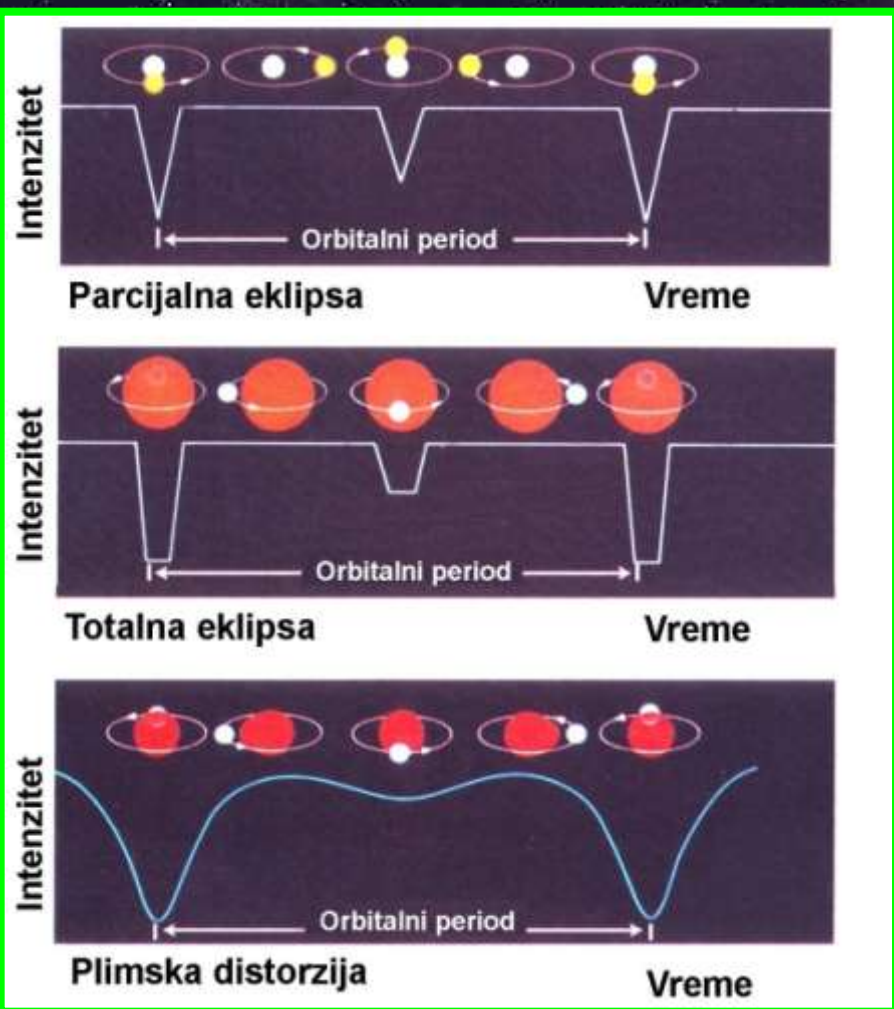
Primer: Sirijus A i B.



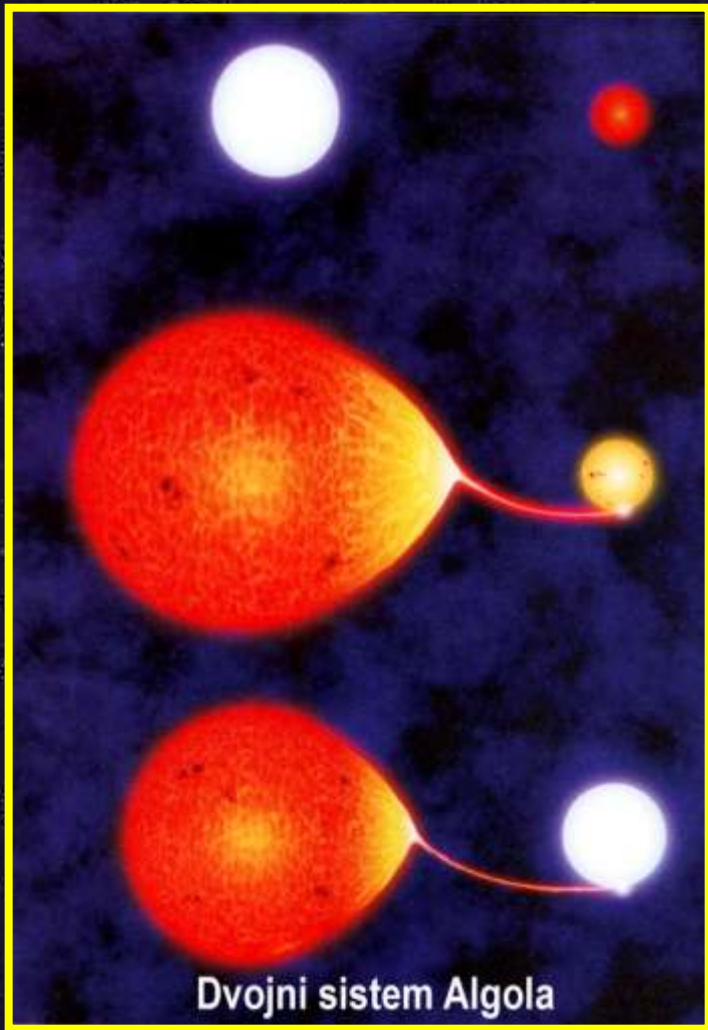
Spektroskopske dvojne zvezde – ne vide se odvojeno, već se ustanovljavaju na osnovu Doplerovih pomaka spektralnih linija u spektrima komponenata. Zbog kretanja zvezda oko baricentra, uočene spektralne linije periodično se udvajaju, pokazujući najveći razmak kada se jedna zvezda kreće ka nama, a druga od nas. Ako je jedno telo premalog sjaja zapaža se samo periodična promena talasnih dužina u spektru vidljive zvezde. Ovom metodom utvrđuju se i ekstrasolarne planete.



Fotometrijske (zaklanjajuće ili eklipsne) dvojne zvezde – kada dolazi do promene ukupnog sjaja zbog uzajamne eklipse.



Takve zvezde su one kod kojih ravan zajedničkih putanja leži u vizuri. Takve zvezde prepoznaju se po karakterističnoj krivoj promene sjaja.

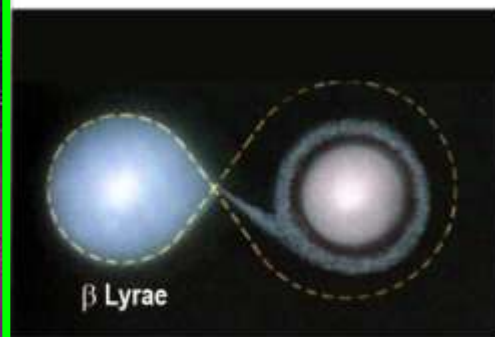


Tipična eklipsna zvezda je β Perseja – Algol (arapski El-Gul, “đavolska zvezda” – Meduzino oko čiji pogled pretvara u kamen i koje stalno “namiguje”). Tu periodičnu promenu uočili su još drevni kineski astronomi, ali je u Evropi to ustanovio Montanari, 1669. g., a zakonitost u promeni sjaja utvrdio je gluvonemi astronom Džon Gudrajk 1782–83. g.

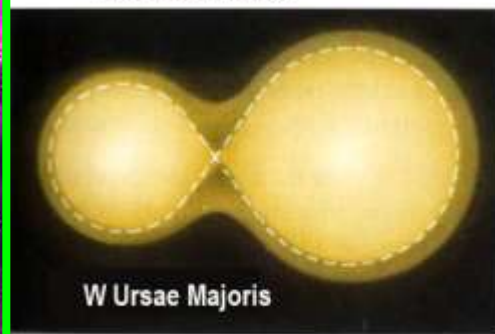
Tesni dvojni sistemi mogu biti odvojene, kada su zvezde toliko udaljene da među njima nema transfera supstance (ili je on okončan), poluodvojene, kada je jedna zvezda vrlo deformisan crveni džin, koji izbacuje gasove prema drugoj zvezdi i kontaktne, kada obe zvezde izbacuju gasove u svoju okolinu.



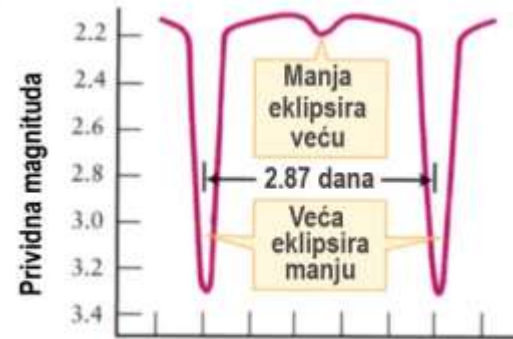
a) Poluodvojen bliski par



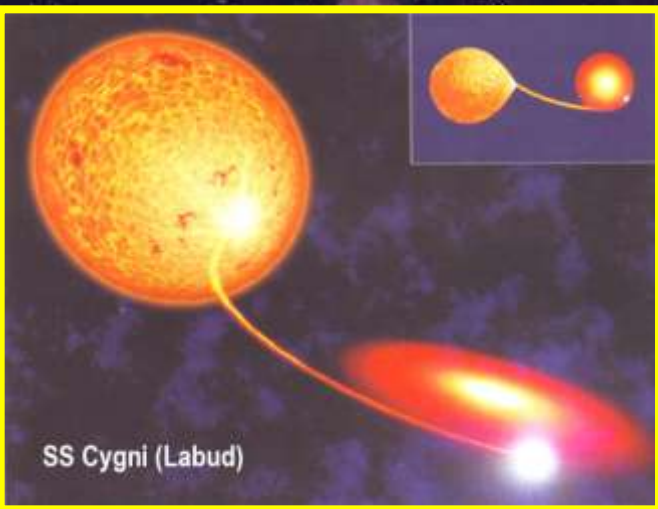
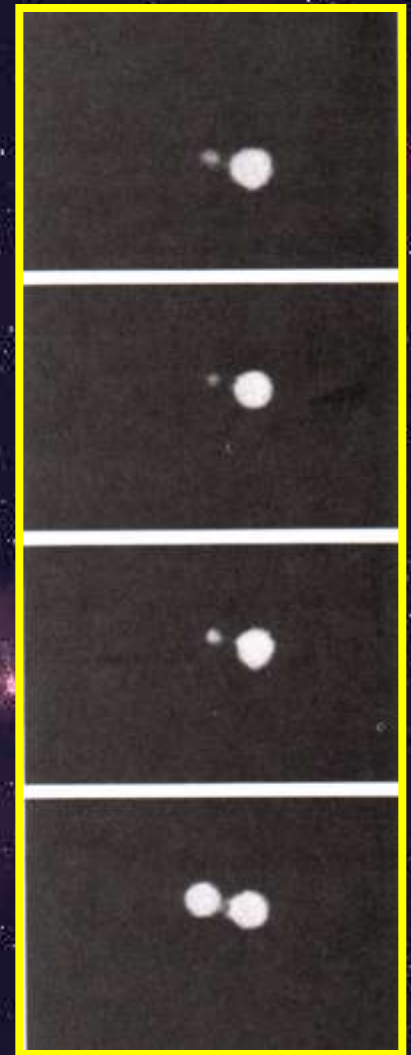
b) Poluodvojen bliski par sa transferom mase



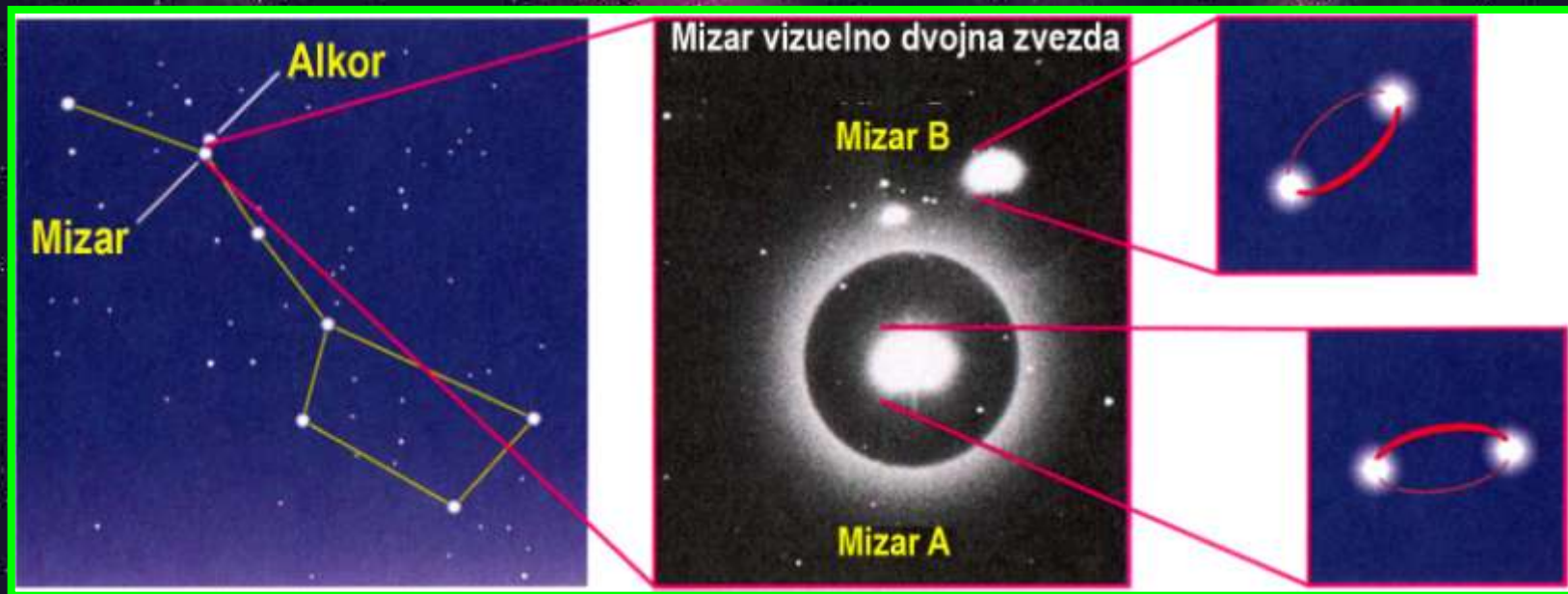
c) Kontaktni bliski par



Kod kontaktnih i poluodvojenih zvezda “pretače” se supstanaca sa jedne na drugu zvezdu, što je vrlo bitno za evoluciju zvezda.



Prva otkrivena dvojna zvezda je ζ UMa – Mizar. Otkrio je Ričoli 1650. g. Njen pratilac je Alkor, ali je njihovo međusobno rastojanje 17 000 AU, tako da mnogi smatraju da se radi o vizuelnim dvojnim zvezdama. Na arapskom njihova imena znče “konj” i “jahač”. Kasnije je utvrđeno da je Mizar u stvari dvojni sistem (A i B), pri čemu je svaka komponenta dvojna zvezda.



Nama najbliža zvezda Proxima Centauri je deo trojnog sistema Alfa Centauri. Ona pripada širokim (razdvojenim) parovima.



Kod širokih parova periodi obilazaka mogu da iznose više desetina hiljada, pa i miliona godina.

Određivanje zvezdanih masa, prečnika i temperatura

Temperature zvezda mogu se odrediti na osnovu Vinovog zakona: $T = b / \lambda_{max}$, $b = 0.00289 \text{ mK}$.

Kod dvojnih zvezda mase se mogu odrediti primenom Keplerovih zakona: $M_1 + M_2 = 4\pi^2 a^3 / G \tau^2$. Da bi se odredila masa svake komponente treba uzeti u obzir i jednačinu baricentra: $M_1 r_1 + M_2 r_2 = 0$.

Kod bliskih zvezda prečnik se može odrediti paralaksom. Kod udaljenih zvezda to je moguće uraditi na osnovu merenja udaljenosti (r) i njenog sjaja (osvetljenosti E izražene preko magnituda m). Luminoznost (L) zvezde određena je njenom površinom $4\pi R^2$ i energijom σT^4 , koju zvezda izrači sa jedinice površine.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Onda je $E=L/4\pi r^2=10^{-0.4m-5.67}$. Ako je određena temperatura zvezde, njen radijus se određuje na osnovu formule

$$\log R = -0.2M - 2\log T + 8.46,$$

gde je M apsolutna zvezdana veličina.



Prečnik Betelgejza, zvezde u Orionovom ramenu je 850 puta veći od Sunčevog.



Postoje zvezde čiji je prečnik preko hiljadu puta veći od Sunčevog.



Tako zvezde mogu biti velike kao čitav planetarni deo Sunčevog sistema, ali mogu imati i dimenzije od svega desetak kilometara.

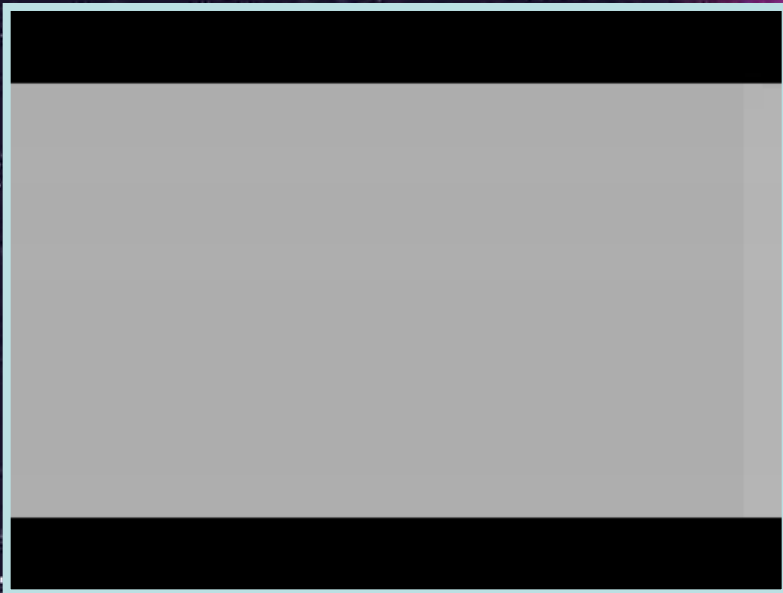


Neutronska zvezda

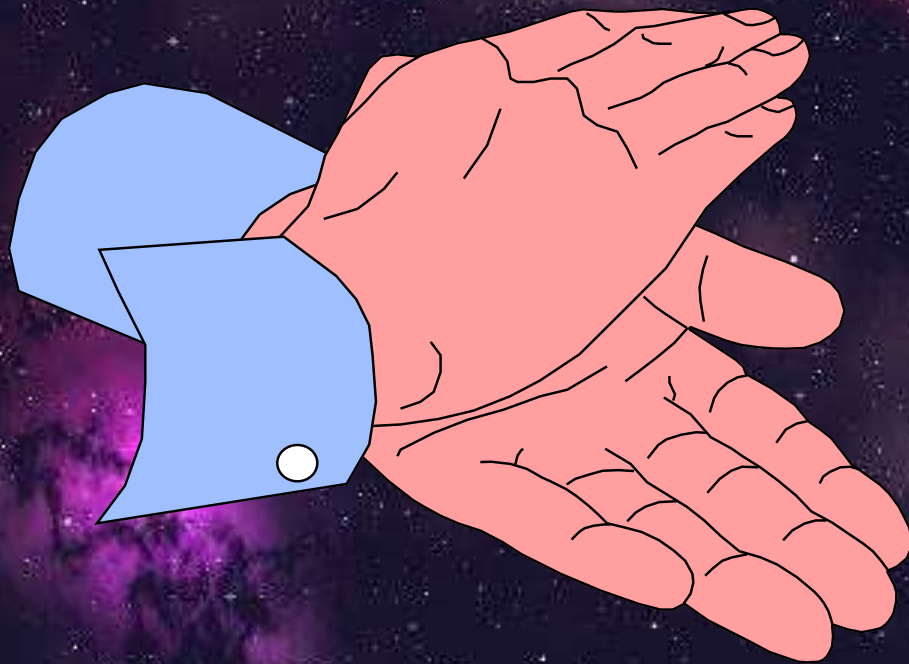


μ Cefei i Sunce

Najveća i najsajnija zvezda za koju se danas zna je VY Canis Majoris. To je promenljivi i usamljeni crveni superdžin, čiji je poluprečnik 1800–2100 puta veći od poluprečnika Sunca (oko 2.7 milijardi km). Kada bi se nalazila na mestu Sunca zahvatila bi sve planete uključujući i Saturn. Oko 500 000 puta je sjajnija i oko 30–40 puta masivnija od Sunca. Ipak slabo je uočljiva jer je “ekranira” prašina koju izbacuje.



Hvala na pažnji!



To be continued...